

PROSIDING

STT ADISUTJIPTO YOGYAKARTA

SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN KEDIRGANTARAAN



SENATIK 2019

**PERAN TEKNOLOGI UNTUK REVITALISASI
BANDARA DAN TRANSPORTASI UDARA**

Yogyakarta, 10 Desember 2019
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI ADISUTJIPTO
senatik.stta.ac.id



**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI INFORMASI
DAN KEDIRGANTARAAN**

**TEMA
“PERAN TEKNOLOGI UNTUK REVITALISASI
BANDARA DAN TRANSPORTASI UDARA”**

Yogyakarta, 10 Desember 2019



**Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto
2019**

Prosiding

Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan

“Peran Teknologi untuk Revitalisasi Bandara dan Transportasi Udara”

Penanggung Jawab :

Dedet Hermawan S., S. T., M. T.

Tim Reviewer :

M. K. Herliansyah, S.T, M.T. Ph. D. (UGM)

Dr.techn. Ahmad Ashari, M.Kom. (UGM)

Dr. Ir. Risanuri Hidayat, M.Sc. (UGM)

Dr. M.R.E. Nasution, S.T., M.T., Ph.D.Eng. (STTA)

Dr. Okto Dinaryanto, S.T., M.M., M.Eng. (STTA)

Tim Editor :

Sumarsono, S.T., M. Kom. (UIN Sunan Kalijaga)

Akhmad Zidni Huda, S.T., M.Eng. (Universitas Muria Kudus)

Hero Wintolo, S.T., M.Kom. (STTA)

Freddy Kurniawan, S.T., M.T. (STTA)

Eli Kumolosari, S.T., M.Eng. (STTA)

Bangga Dirgantara, S.T., M.T. (STTA)

Bagus Wahyu Utomo, S.Si., M.Sc. (STTA)

Agung Prakoso, S.T., M.Eng. (STTA)

Cetakan 1, 10 Desember 2019

ISBN : 978-602-52742-1-3

Penerbit :



Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto

Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta

Telp : (0274) 451262, Fax : (0274) 451265

Website : <https://stta.ac.id>

**PANITIA PENYELENGGARA
SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN
KEDIRGANTARAAN
(SENATIK)
2019**

Steering Committee

Penanggung Jawab:

Dr. Ir. Drs. T. Ken Darmastono, M. Sc. (Ketua STTA)
Dedet Hermawan S., S.T., M.T. (Wakil Ketua I)
Wahyudi Sumarwoto, S.E., M.Si. (Wakil Ketua II)
Drs. Suhanto, M.T. (Wakil Ketua III)

Pengarah:

Agus Munandar, S.E. (Ketua BPH)
Dr. Okto Dinaryanto, S.T., M.M., M.Eng. (Kepala LP3M)
Prof. Ir. Siti Malkhamah, M.Cs., Ph.D. (Universitas Gadjah Mada)
Ir. Wardhani Sartono, M. Sc. (Pakar Airport Engineering)

Organizing Committee

Penanggung Jawab:

Dedet Hermawan S., S.T., M.T. (Wakil ketua I)
Fajar Nugroho, S.T., M.Eng. (Kaprod Teknik Mesin)
Riani Nurdin, S.T., M.Sc. (Kaprod Teknik Industri)
C. Sukoco Budiono, S.T., M.T. (Kaprod Aeronautika)
Anggraini Kusumaningrum, S.T., M.Cs. (Kaprod Teknik Informatika)
Freddy Kurniawan, S.T., M.T. (Kaprod Teknik Elektro)
Sri Mulyani, S. T., M. Eng. (Kaprod Teknik Penerbangan)

Ketua :

Fajar Nugroho, S.T., M.Eng.

Wakil :

Haruno Sajati, S.T., M.Eng.

Sekretaris :

Harliyus Agustian, S.Kom., M.Cs.
Maria Asumpta Deny, S.Pd., M.Hum

Bendahara :

Marni Astuti, S.T., M.T.

Bidang acara :

Koordinator : Riani Nurdin, S.T., M.Sc.

Anggota :

C. Sukoco Budiono, S.T., M.T.
R. Nur Akhmad Triwibowo, S.T., M.Eng.
Anggraini Kusumaningrum, S.T., M.Cs.
Deny Dermawan, S.T., M.T.
Dewanti Ratna P., S.Pd., M.Hum.
Astika Ayuningtyas, S.Kom., M.Cs.
B. Mardwianta, S.T., M.T.
Uyuunul Maudzoh, S.T., M.T.

Bidang Kosumsi :

Koordinator : Nur Asih, A.Md.

Anggota :

Dwianita Kartika Rini, S.E.

Bidang Publikasi dan Dokumentasi

Koordinator : Salam Aryanto, S.Kom., M. Kom.

Anggota :

Wawan Qurniawan, S.Kom.

Bidang Sekretariat :

Koordinator : Ulfatun Nikmah, S.H.I.

Anggota :

Melati Dyan Utami, S.Pd.

Bidang Perlengkapan :

Koordinator : A. Ardik Cahyo Windarto

Anggota :

Surata
Eko Sektiarto

Bidang Keamanan :

Suryono

Kata Pengantar

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa yang terus mencurahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua, serta dengan ijinNya Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan (SENATIK) tahun 2019 dengan tema “Peran Teknologi untuk Revitalisasi Bandara dan Transportasi Udara” telah dilaksanakan dengan menghadirkan pembicara utama dan artikel yang dikirimkan oleh para dosen dan *author* dari dalam negeri.

Prosiding ini disusun berdasarkan hasil SENATIK 2019 dilaksanakan Tanggal 10 Desember 2019 di kampus Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto (STTA) Yogyakarta. Penyelenggaraan seminar tersebut dimaksudkan untuk menjaring teknologi yang dihasilkan oleh para dosen dan peneliti dalam rangka mendukung Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Ucapan terima kasih kami disampaikan kepada Ketua STTA yang telah memberikan arahan dan pandangan terkait dengan tema tahun ini. Juga penghargaan dan terima kasih kepada para narasumber teristimewa kepada Prof. Ir. Siti Malkhamah, M.Cs., Ph.D. dan Ir. Wardhani Sartono, M. Sc. selaku pembicara dalam acara ini.

Selanjutnya kepada para presenter dan editor serta pelaksana seminar Nasional ini disampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih atas jerih payahnya sehingga seminar dapat berlangsung dengan baik sampai tersusunnya prosiding ini.

Akhir kata, semoga prosiding ini bermanfaat khususnya dalam mendukung Transportasi Udara.

Yogyakarta, 10 Desember 2019

Ketua Panitia



Fajar Nugrono, S. T., M. Eng.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENERBIT.....	ii
STEERING COMMITTEE	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
Peran Teknologi Untuk Revitalisasi Bandara Dan Transportasi Udara Siti Malkhamah, Wardhani Sartono	1-2
Propulsi Pesawat Terbang	
Conceptual Design of Electrical Ducted Fan (EDF) Buyung Junaidin, M. Ardi Cahyono	3-8
Perawatan Pesawat Terbang	
Analysis Turn Around Time C03-Check Package on Airbus A320-200 Fajar Khanif Rahmawati, Suyudi Imam Prakoso	9-16
Sistem Transportasi Udara	
The Analysis of Implementing Safety Management System (SMS) to Improve The Flight Safety Eko Poerwanto.....	17-26
Material dan Manufaktur	
Effects of Calsium Carbonat on Hardness and Wear Behaviour of Brass-Epoxy Brake Lining Pad. Fajar Nugroho	27-32
Effect of Welding Current on Mechanical Properties of Aluminum Alloys in Dissimilar Joint by GTAW Process Riswanda Riswanda, Sugianto Sugianto.....	33-40
Tensile Strength Of Round Bar A 6061 Friction Weld Joint Influenced By Changes Room Temperature Muhammad Ikram Kido, Sugiarto Sugiarto, Djarot B Darmad	41-48
Deformation And Energy Absorption Of Fiber Metal Laminates (Fmls) After Ballistic Impact Load Muhammad Syaiful Fadly, Anindito Purnowidodo, Putu Hadi Setyarini.....	49-58
Effects of Electrode Movements on Smaw Welding to The Quality of ST-37 Steel Welds Nur Akhmad Triwibowo, Eka Supriatna.....	59-66

External Corrosion Of Pipe Riser API 5L X52 On Tidal Zone Of Offshore Production Platform Wakhid Yani Khoirudin, Suyitno.....	67-76
Amine Based Corrosion Inhibition Analysis On Suram West Area – Petapahan And Kotabatak – Petapahan API 5L Grade B Pipeline Darma Reza Syahputra, Suyitno	77-86
Konversi Energi	
Prototype Corn Drying Hybrid of Solar Energy and Turbine Ventilator Isman Harianda, Moch. Agus Zaenuri.....	87-96
Design of Electrical Energy Power System Based on Wind Turbine and Solar Panel Frengi Maulana, Siti Mutmainah.....	97-104
Analysis of Pressure and Flow Patterns on Two-Phase (Air-Water) Flow in Horizontal Pipes With Scaloped Groove Gufon Saiful Bachri, Rudy Soenoko, Denny Widhiyanuriyawa	1 05-112
Influence of Deflector Using on The Performance of Modified Savonius Water Turbine Vertical Axes Franciskus Delaphius Sunarya	113-122
Load Control for Energy Optimalization in Unstabil Electric Power Plant Iswanjono Iswanjono	123-128
Sistem Informasi Penerbangan	
The Scheduling System of Civil Aviation Based on Web-Based Aviation Safety Regulation Anton Setiawan Honggowibowo, Nurcahyani Dewi Retnowati, Koko Wiyono...	129-138
Artificial Intelligence	
Implementation of Mel Frequency Cepstral Coefficient and Dynamic Time Warping For Bird Sound Classification Hari Prapcoyo, Bertha Pratama Adhita Putra, Rifki Indra Perwira	139-148
Region of Interest (ROI) Determination System on SO-40F Pias Card's Type for Measurement of Sunshine Duration (Case Study: St. Barongan) Asih Pujiastuti	149-158
Application of Case Based Reasoning for Student Recommendations Drop Out (Case Study: Adisutjipto College of Technology) Harliyus Agustian	159-166
Keywords Search Correction Using Damerau Levenshtein Distance Algorithm Enny Dwi Oktaviyani, Sherly Christina, Deddy Ronald.....	167-176

Sistem Cerdas

Integration of Smart Class Control System Using Amazon Echo Dot with Artificial Neural Networks Teddy Januar, Abd. Rabi, Dwi Arman Prasetya.....	177-184
---	---------

Musical Instrument Tone Recognition Using DCT Based Feature Extraction And Gaussian Windowing Linggo Sumarno.....	185-194
--	---------

Keamanan Jaringan Komputer

Implementation of Steganography on Voice Over Internet Protocol (VOIP) Budi Santosa, Fandi Ahmad Juni Haryanto, Rifki Indra Perwira, Dessyanto Boedi Prasetyo.....	195-204
---	---------

Cryptography of Java Language Using Basa Walikan Methods in Yogyakarta Hero Wintolo, Asih Pujiastuti, Ellyana Mega Dewantri Astuti.....	205-214
--	---------

Monitoring Interfaces Fastethernet on Cisco Catalyst 3750 to Ensure Use of The Security Computer Network In STTA Computing Laboratories Sudaryanto Sudaryanto, Dwi Nurhayati	215-222
---	---------

Manufacturing System

Optimize Production Based on Goods Using Supply Chain Management Murti Retnowo, Anita Fira Waluyo	223-230
--	---------

Improving The Quality Of Manufacturing Products With The Application Of Lean Six-Sigma H Harisupriyanto, Yudha Prasetiawan, M Ferdian Rahma Supri.....	231-240
---	---------

Performance Measurement

Key Performance Indicator (KPI) Design of Bamboo Creative Industry in Godean Sleman District Area Yasrin Zabidi.....	241-246
---	---------

Energi

Turbine Generator efficiency analysis in Geothermal Power Plant PT Geodipa Energi Unit Dieng. Alfian Hardi Qurrahman, Wahyu Wilopo, Himawan Tri Bayu.....	247-254
--	---------

Kontrol dan Instrumentasi

Scada for Prototype of Double Track Railroad Gate Arm Automation Based on PLC M221 Theresia Prima Ari Setiyani, Dede Kurniawan Salim	255-262
---	---------

Elektronika

Three-Phase Power Data Logger Using IEM 3255 Schneider Module Based On Internet Of Things(IOT) Muhammad Khosyi'in, Agus Adhi Nugroho, Andry Yulistiyanto.....	263-274
--	---------

Sistem Pendukung Keputusan

Decision Support System Assessing Feasibility Taekwondo Athlete (UPN “VETERAN” Yogyakarta) Nur Heri Cahyana, Fachrizal Herdiansyah, Rifki Indra Perwira.....	275-282
Improving The Use of Frans Kaisiepo Airport Through Alternative Election Development of Regional Potentials of Biak Numfor Regency (Case Study: Biak Numfor District, Papua) Muhammad Nur Roviq, Uyuunul Maudzoh, Eko Poerwanto.....	283-294
Decision Support System for Determining Website-Based Fruit Quality in Pagar Alam Fruit Farmers Group Buhori Muslim, Alfis Arif.....	295-302

Lainnya Informatika

Web-Based Culture Information System of Literature Besemah City of Pagar Alam Desi Puspita, Yogi Isro' Mukti.....	303-308
Web Based Disaster Early Warning System on Pagar Alam City Yogi Isro Mukti, Desi Puspita.....	309-316
Factors Influencing Purchase Intention Using Peer-to-Peer Social Media Platform Online Shopping Detha Eliza, Wing Wahyu Winarno, Hendrik Hendrik.....	317-326
Development Textbooks E-Commerce for Growing Entrepreneurship Skills Rito Cipta Sigitta, Rizki Noor Prasetyono.....	327-334
Rest and Soap Comparison on Web Service Technology for Android Based Data Services Anggraini Kusumaningrum, Haruno Sajati, Donny Anarianto.....	335-344
Design Of E-Document System With Digital Signature Using User Centered Design Method Irawan Afrianto, Andri Heryandi, Alif Finadhita, Sufa Atin.....	345-356
Application of Web-Based Plant Disease Diagnosis (Case Study: Farmers in Pagaralam City) Siti Aminah.....	357-364
Speech Recognition for Cleft Lip and Palate Voice and Standard Voice for Consonant Words /B/ Akhmad Anggoro, Samiadji Herdjunto, Risanuri Hidayat.....	365-372
Analysis and Design Information System of Recapitulation Jam Minus P5M Eko Abdul Goffar, Radix Rascaliala, Rida Indah Fariani.....	373-382
Development of Finger Scanner Integrated Absention Web Application in Astra Manufacturing Polytechnic Sisia Dika Ariyanto, Rida Indah Fariani, Eko Abdul Goffar.....	383-392

Development of Good Procurement Information System Web Based at PT. XYZ Kristina Hutajulu, Sisia Dika Ariyanto, Radix Rascalina.....	393-400
Implementation of QR Code on E-Certificate for Events at Maranatha Christian University Bernard Renaldy Suteja, Radiant Imbar, Meliana Johan.....	401-410
Development An Android Based Pemeriksaan 5 Menit (P5M) Information System Candra Bagus Kristanto, Eko Abdul Goffar, Radix Rascalina.....	411-416
Analysist Web-Based of Laundry Information System Indah Cyithia Devi, Farah Hana Zhafirah, Rida Indah Farian	417-426
Data Mining	
Information System of Blood Needs Stock on The Indonesian Red Cross Using Weighted Moving Average Method Arif Rakhman, Yerry Febrian Sabanise.....	427-434
Application of CT-Pro Algorithm For Crime Analysis Eduardus Hardika Sandy Atmaja, Risky Simaremare, Paulina Heruningsih Prima Rosa	435-444
Multivariate Time Series Forecasting Using Recurrent Neural Networks for Meteorological Data Victor Hariadi, Ahmad Saikhu, Nurotuz Zakiya, Arya Yudhi Wijaya, Fajar Baskoro	445-456
Lainnya Teknik Elektro	
Scada as a Smarthome for Light Control Home Fence Door Control and Curtain Control Based on Schneider PLC M221 Kevin Sanjaya, Theresia Prima Ari Setiyani.....	457-464
Scada for Prototype of Multi Area Parking System Based on PLC M221 Agustinus VD Bruin Yudarmawan, Theresia Prima Ari Setiyani	465-472
Ergonomi	
Thesis Completion Analysis Using Optimistic Bias Possibility Bagus Wahyu Utomo	473-480
Analysis of Work Posture Based on Quick Exposure Check & Manual Task Risk Assessment Method Stefani Prima Dias Kristiana, Fransisca Tania	481-488
Lainnya Teknik Industri	
Analysis of A Business Feasibility Study Using A Business Model Canvas For The Establishment of A Subsidiary in the Training Provider Field Ahmad Mukhibbin, Marni Astuti, Eko Poerwanto	489-500

Application of Discrete-Event Simulation in Health Care : A Preliminary Studies
Intan Berlianty, Yuli Dwi Astanti, Irwan Soejanto 501-506

Mechanical Properties Of Tensile And Bending Strength Analysis In Biocomposite
[SAGOO/PMMA] Material
Ibnu Abdul Rosid, Ikbali Rizki Putra, Alva Edy Tontowi 507-514

Lainnya Teknik Mesin

Performance of The 3 Blades Horizontal Savonius Water Wheel With Variation
of Angle Deflector
Daniel Wibowo, Dwiseno Wihadi, Martanto Martanto, Tjendro, Ronny A 515-522

PERAN TEKNOLOGI UNTUK REVITALISASI BANDARA DAN TRANSPORTASI UDARA

Siti Malkhamah¹⁾, Wardhani Sartono²⁾

Universitas Gadjah Mada

Email : ¹malkhamah@ugm.ac.id, ²wsartono@ugm.ac.id

Abstrak

Sebagian Bandara di Indonesia dibangun untuk kepentingan Pertahanan dan Keamanan. Bandara tersebut dibangun dengan sistem pelapisan berorientasi lapis permukaan (bukan lapis pondasi/*base*). Saat bandara didesign, traffic-nya sangat berbeda dengan traffic pada saat digunakan dari sisi ukuran maupun frekuensi. Sebagian besar bandara di Indonesia dibangun secara bertahap dengan segmentasi perkerasan yang berbeda. Sebagian dibangun diatas tanah lunak, dengan kapasitas daya dukung yang sangat rendah. Sebagai contoh APT Pranoto Samarinda, H. Asam Sampit, Juanda Surabaya, dll. Sebagian dibangun di pegunungan, dengan luas bidang/medan datar (*flat*) yang sangat terbatas, contoh wilayah pedalaman papua). Bandara di Indonesia yang telah dibangun juga dapat mengalami kerusakan. Secara Umum ada 5 Tipe kerusakan :retak (*Cracking*), kerusakan pada sambungan (*joint seal damage*), kerontokan (disintegration), perubahan permukaan konstruksi (*distortion*), hilangnya kekesatan permukaan konstruksi (*loss of skid resistance*). Bandara yang mengalami kerusakan dapat mengganggu operasi penerbangan: delay, cancel, diverted, RTB. Kerusakan yang sering terjadi adalah: *delamination*, *depression*, dan *pothole*. Kerusakan tersebut dapat menimbulkan *Foreign Object Damage* (FOD) yang sangat membahayakan pesawat karena adanya benda asing yang dapat merusak *body* dan mesin pesawat. Penyebab kerusakan struktur perkerasan *movement area* (*runway*, *taxiway* dan *apron*) ada 4 faktor, yaitu : air yang meresap melalui permukaan perkerasan yang retak, misal air hujan. air yang berasal dari bawah perkerasan dan membasahi subgrade maupun *subbase*, misal air tanah, air yang berasal dari kawasan di sekitar bandara dan dapat menggenangi perkerasan, *overload* atau beban lebih *pavement bearing capacity* atau *max allowable gross weight* dari perkerasan lebih rendah dari pada bobot pesawat yang dilayani (RTOW atau MTOW).

Kata kunci : Teknologi, Revitalisasi Bandara, Transportasi Udara

CONCEPTUAL DESIGN OF ELECTRICAL DUCTED FAN (EDF)

Buyung Junaidin¹⁾, M. Ardi Cahyono²⁾

Departemen Teknik Dirgantaraan, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto
Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
Email : ¹buyung112011@gmail.com

Abstract

Electric Ducted Fan (EDF) is an electric propulsion consist of duct, fan and electric motor with main power source is from battery which generates compression air for thrust. EDF is used as an alternative propulsion for high speed UAV especially for target UAV or "bomb" controlled UAV. It's design is very simple and no need extra maintenance compared to jet engine. Design process of an EDF is more simple than a jet engine, nevertheless it could obtain enough thrust for high speed flying. The aim of this research is to design an EDF as an alternative propulsion for high speed UAV and performance analyzing of EDF using analitical approach. Design of EDF produce an EDF with inlet and outlet diameter are 70mm and 60mm. Total length of EDF is 116,1mm. Performance analysis of EDF shows that by 700W of motor power could reach 16N of thrust which is accepted performace for 70mm EDF.

Keywords: Design, Electric Ducted Fan (EDF).

1. Pendahuluan

Perkembangan pesawat udara tanpa awak atau *unmanned aerial vehicle* (UAV) yang sangat pesat menghasilkan berbagai macam jenis, ukuran maupun karakter UAV. Salah satu yang berkembang adalah *high-speed* UAV. Jenis ini memiliki kecepatan tinggi di atas rata-rata UAV biasanya dan biasa digunakan sebagai target udara dalam latihan militer atau digunakan sebagai alternatif "bom" kendali jarak jauh. *High-speed* UAV mengharuskan penggunaan propulsi dengan gaya dorong besar sehingga pesawat mampu mencapai kecepatan tinggi. Untuk memenuhi kebutuhan itu, maka propulsi jet sangat cocok diaplikasikan untuk *high-speed* UAV. Akan tetapi, penggunaan jet engine membutuhkan biaya yang cukup besar, baik dalam hal produksi dan pengembangan maupun operasionalnya. Selain itu, sistem jet engine yang kompleks membutuhkan perawatan ekstra sehingga akan menambah biaya yang dibutuhkan. Sebagai alternatifnya, penggunaan propulsi elektrik sangat membantu dalam mengurangi biaya produksi dan operasional. Bentuk propulsi elektrik yang dimaksud adalah *electric ducted fan* (EDF). *Electric Ducted Fan* (EDF) merupakan propulsi elektrik yang terdiri dari *duct*, *fan* dan motor elektrik dengan sumber tenaga motor berasal dari baterai sehingga dapat menghasilkan udara terkompresi yang menghasilkan gaya dorong.

Perancangan dan konfigurasi EDF lebih sederhana dibandingkan dengan jet engine, namun dapat menghasilkan gaya dorong yang cukup untuk kebutuhan terbang cepat seperti pada *high-speed* UAV. Perbedaan utama antara EDF dengan motor-propeler biasa adalah terletak pada penggunaan *duct* sebagai penambah kecepatan aliran dan *fan* yang menghasilkan kompresi udara lebih besar, sehingga dapat menghasilkan gaya dorong yang lebih besar dibandingkan dengan motor-propeler biasanya dengan spesifikasi motor dan ukuran diameter rotor yang sama. Penelitian tentang perancangan EDF sebagai alternatif sistem propulsi untuk UAV masih sangat sedikit dipublikasikan sehingga informasi dan referensi dalam melakukan penelitian yang sama masih sangat minim. Hal ini dikarenakan EDF telah menjadi benda komersil yang memiliki paten bagi perancangannya sehingga tidak

semua informasi mengenai proses perancangan EDF dipublikasikan. Alternatif yang bisa digunakan sebagai informasi adalah artikel tentang *ducted fan* dan penelitian tentang perancangan *duct* sebagai pengarah aliran udara. Pada tahun 2013, Sharman R.A. dan Cheng menulis artikel dengan judul *Electric Ducted Fan – theory and practice* yang menjelaskan bagaimana proses perancangan dan analisis EDF dengan prinsip konservasi massa. Dalam artikel tersebut tidak dijelaskan bagaimana cara merancang bentuk difuser dan fan dari EDF. Pada tahun 2005, Pereira dan Chopra melakukan penelitian pengaruh bentuk *diffuser duct* terhadap nilai *thrust* yang dihasilkan. Dari hasil penelitian mereka diperoleh konfigurasi *diffuser duct* yang optimal.

Penelitian tentang *duct* lebih banyak fokus pada perancangan *duct* sebagai pengarah aliran dari putaran propeler, sangat sedikit yang melakukan penelitian khusus tentang EDF sebagai alternatif sistem propulsi UAV. Fokus dari penelitian ini adalah melakukan perancangan EDF sebagai alternatif propulsi pesawat UAV dan melakukan analisis performa EDF dengan pendekatan analitik.

2. Metodologi Penelitian

Metode perancangan *duct* dari EDF dalam penelitian ini menggunakan prinsip konservasi massa [1] dengan asumsi – asumsi yang dilibatkan antara lain: aliran udara dianggap tidak terkompresi (*incompressible flow*) karena perubahan temperatur udara tidak signifikan, gesekan pada permukaan *duct* dianggap tidak ada (*frictionless duct*), bentuk penampang potong *duct* adalah lingkaran mengikuti bentuk *fan* serta ukuran efektif EDF berdasarkan luas sapuan *fan* dari EDF.

Analisis performa EDF menggunakan prinsip konservasi massa dengan asumsi – asumsi yang melibatkan antara lain: aliran udara dianggap tidak terkompresi (*incompressible flow*), gesekan pada permukaan *duct* dianggap tidak ada (*frictionless duct*), bentuk penampang potong *duct* adalah lingkaran serta ukuran efektif EDF berdasarkan luas sapuan *fan* dari EDF.

Prinsip konservasi massa menyatakan bahwa laju aliran massa udara yang melewati *duct* adalah konstan sesuai persamaan 2.1.

$$(\dot{Q}_i = \rho A_i v_i) = (\dot{Q}_o = \rho A_o v_o), \text{dimana } \rho = \text{constant} \quad (2.1)$$

Kecepatan aliran udara di *outlet* dapat dihitung dengan persamaan 2.2.

$$v_o = \frac{A_i}{A_o} v_i \quad (2.2)$$

Thrust yang dihasilkan oleh *duct* dikarenakan adanya perubahan momentum dari massa udara yang bergerak, dapat dihitung dengan persamaan 2.3.

$$T = M \Delta v, \text{dimana } \Delta v = v_o - v_i \quad (2.3)$$

Daya yang dibutuhkan dari EDF untuk terbang dapat dihitung dengan persamaan 2.4.

$$P_{flight} = T v_i \quad (2.4)$$

Daya yang dihasilkan EDF karena adanya aliran masuk merupakan energi kinetik dari massa udara yang masuk, dihitung dengan persamaan 2.5.

$$P_{gain} = \frac{1}{2} M v_i^2 \quad (2.5)$$

Sedangkan daya yang hilang akibat aliran udara yang meninggalkan EDF, dapat dihitung dengan persamaan 2.6.

$$P_{loss} = \frac{1}{2} M v_o^2 \quad (2.6)$$

Daya yang dihasilkan *fan* dari EDF dapat dihitung dengan persamaan 2.7.

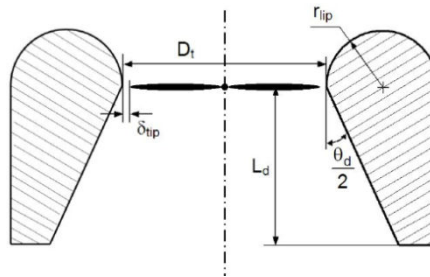
$$P_{fan} = P_{loss} - P_{gain} \quad (2.7)$$

Nilai efisiensi fan dan motor EDF dapat dihitung dengan persamaan 2.8a dan 2.8b.

$$\eta_{fan} = \frac{P_{flight}}{P_{fan}} \quad (\text{biasanya sekitar } 80\%) \quad (2.8a)$$

$$\eta_{motor} = \frac{P_{fan}}{P_{motor}} \quad (\text{biasanya sekitar } 85\%) \quad (2.8b)$$

Analisis performa EDF meliputi analisis *thrust* statis dan dinamik dari EDF serta perbandingan daya yang dibutuhkan dengan daya yang dihasilkan EDF. Selain itu, rujukan penelitian sebelumnya [2] digunakan untuk menentukan konfigurasi diffuser dari *duct* sesuai gambar 1. Menurut Pereira & Chopra konfigurasi optimal untuk *duct* adalah *blade tip clearance* (δ_{tip}) = 0,1%D_t, radius *inlet lip* (r_{lip}) = 13% D_t, sudut difuser (θ_d) = 10° dan panjang difuser (L_d) = 50%-72%D_t. Konfigurasi ini menghasilkan *thrust* 90% lebih tinggi untuk propeler dibandingkan tanpa menggunakan duct.

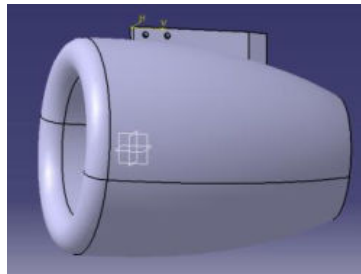


Gambar 1. Parameter difuser.

(Sumber Pereira & Chopra, 2005)

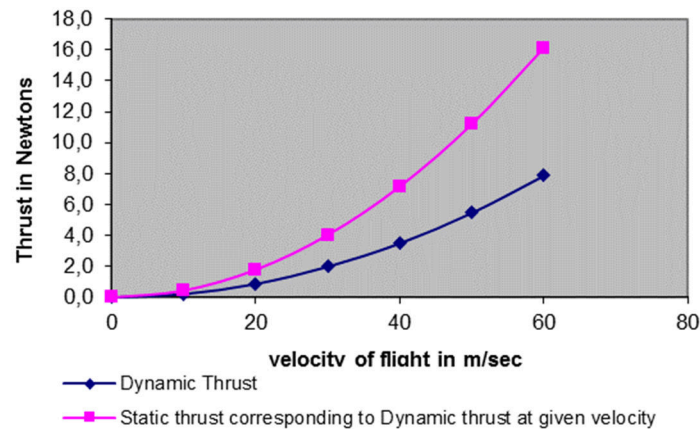
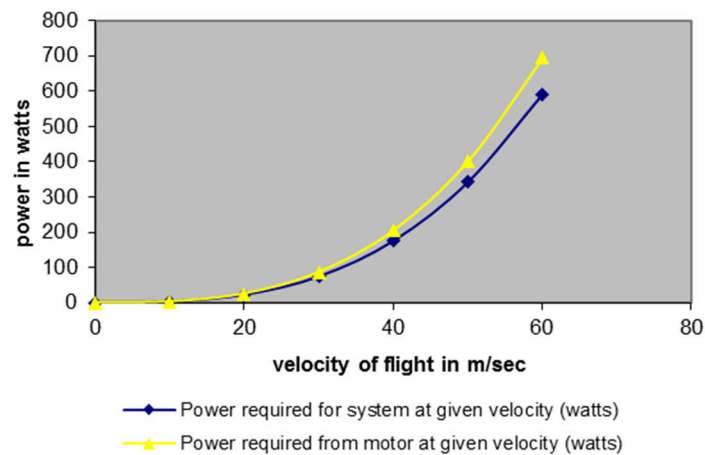
3. Hasil dan Pembahasan

Proses perancangan EDF dimulai dengan penentuan diameter *inlet duct* yang ditetapkan 70mm sama dengan diameter *duct* pabrikan yang telah ada sebelumnya dengan kategori mini EDF berdasarkan klasifikasi ukuran salah satu pabrikan EDF (Wemotec), sedangkan diameter *outlet duct* adalah 60mm [3,4]. Diameter dalam dan panjang tempat motor masing-masing 35mm dan 60mm. Geometri difuser EDF diperoleh berdasarkan referensi [2] antara lain: *blade tip clearance* (δ_{tip}) = 1mm (pembulatan darai 0,7mm untuk keperluan manufaktur), radius *inlet lip* (r_{lip}) = 9,1mm, sudut difuser (θ_d) = 10° dan panjang difuser (L_d) = 27mm. Dari hasil perhitungan panjang EDF tanpa fan *cone* dan motor *cone* adalah 96,1mm, dengan asumsi panjang fan *cone* dan motor *cone* masing-masing 10cm, sehingga total panjang EDF 116,1mm. Geometri EDF yang telah diperoleh selanjutnya dibuat model tiga dimensi menggunakan bantuan *software* CAD. Model tiga dimensi EDF hasil perancangan sesuai gambar 2.



Gambar 2. Model 3D EDF hasil perancangan

Performa EDF dianalisis dengan pendekatan analitik dan prinsip konservasi massa. Hasil perhitungan performa EDF meliputi *thrust* pada kondisi statis dan dinamik serta daya yang dihasilkan.

Gambar 3. Hasil perhitungan nilai *thrust* EDF

Gambar 4. Hasil perhitungan daya EDF

Pada gambar 3, *thrust* statis diperoleh dari perhitungan dengan asumsi bahwa EDF pada kondisi diam, sedangkan *thrust* dinamik dihitung dengan asumsi EDF bergerak bersama pesawat UAV. Hasil perhitungan menunjukkan nilai *thrust* statis lebih besar dari *thrust* dinamik, hal ini dikarenakan *thrust* dihitung berdasarkan perubahan momentum dari aliran udara yang dipengaruhi perubahan kecepatan aliran udara. Pada kondisi statis, pertambahan kecepatan aliran udara lebih besar dibandingkan kondisi dinamik, sehingga menghasilkan *thrust* lebih besar. Untuk ukuran mini EDF, nilai *thrust* yang dihasilkan sudah di dalam batas antara 2-17N atau biasanya sekitar 6,8N [3]. Rekomendasi daya untuk motor EDF berdiameter 70mm adalah 700-1000W. Pada gambar 4 dan gambar 3, dengan daya motor 700W mampu menghasilkan *thrust* statis sebesar 16N.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian diperoleh rancangan EDF dan performa hasil analisis. Dari hasil perancangan dihasilkan konfigurasi EDF dengan diameter inlet 70mm dan diameter outlet 60mm serta total panjang EDF adalah 116,1mm. EDF menggunakan *fan* dan motor elektrik dengan diameter maksimal masing-masing 68mm dan 35mm. Hasil analisis performa EDF

menunjukkan bahwa EDF memenuhi syarat performa untuk EDF 70mm, sehingga dapat disimpulkan perancangan EDF dinyatakan berhasil dan memenuhi syarat secara performa.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto yang telah membiayai penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Sharman R.A. & Cheng (2013). *Electric Ducted Fan – theory and practice*
- [2] Pereira & Chopra. (2005, January). *Effects of shroud design variables on hover performance of a shrouded-rotor for micro air vehicle applications*, AHS International Specialists' Meeting on Unmanned Rotorcraft, Chandle, AZ.
- [3] Understanding Ducted Fans
<http://www.rcflyg.se/forum/attachment.php?attachmentid=47384&d=1409248095>
Diakses 4 Juli 2015.
- [4] Basics of Electric Ducted Fans
<https://www.wattflyer.com/forums/attachment.php?attachmentid=47263&d=1195410990>
Diakses 4 Juli 2015.

ANALYSIS TURN AROUND TIME C03-CHECK PACKAGE ON AIRBUS A320-200

Fajar Khanif Rahmawati¹⁾, Suyudi Imam Prakoso²⁾

Program Studi Teknik Dirgantara
Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto
Jl.Janti Blok.R, Lanud Adisutjipto Yogyakarta
Email: ¹fajar.khanif@gmail.com

Abstract

Aircraft maintenance is one of the consequences due to aircraft utilization. C03-check package on an Airbus A320-200 aircraft is one of the scheduled maintenance with interval every 22,500 flight hours, or 15000 flight cycles, or 72 months whichever comes first. As one of scheduled maintenance, the planning of maintenance activities must be planned as well as possible to make activities carried out efficiently and effectively in terms of time and resources. Preliminary data to make the planning is sourced from the MPD (maintenance planning document). The data included of the scope of work, manhours, and man power. The data obtained is processed using the CPM (Critical Path Method). The results of data processing, it is obtained that the C03-check package on the Airbus A320-200 aircraft takes 4 (four) days, with the critical path on the AD-D1-D2-D3-D4-D4-D5-D6-D7-G aircraft, in the area empennage access panel with the number of hours needed is 41.3 hours.

Keywords: Maintenance, Planning, Manpower, Manhours.

1. Pendahuluan

Untuk mewujudkan keamanan, keselamatan maupun kelaikan dari penggunaan pesawat udara tersebut maka perlu dilakukannya perawatan yang teratur agar pesawat dapat laik terbang (*airworthiness*). Perawatan untuk pesawat udara dibagi menjadi 2 (dua) yaitu *preventive* dan *corrective*. Perawatan *preventive* adalah perawatan yang bertujuan untuk mencegah kerusakan dari komponen pada pesawat udara, sedangkan *corrective* bertujuan untuk memperbaiki pesawat udara setelah terjadi kerusakan[2].

Salah satu perawatan yang termasuk dalam perawatan *preventive* adalah *C-check*. Perawatan pesawat ini termasuk dalam perawatan *hard time* yaitu perawatan yang sudah ditentukan waktunya oleh manufaktur pesawat. *C-check* dilakukan pada setiap 24 bulan atau 7.500 *flight hours* atau 5000 *flight cycle* untuk pesawat Airbus A320-200[1]. Sebelum melakukan kegiatan perawatan, dilakukan perencanaan dengan baik oleh pihak *product planning and control* maupun dari pihak *engineering*.

C03-check adalah salah satu paket *C-check* yang ketiga yang merupakan *major maintenance*. Interval pelaksanaannya setiap 22.500 *flight hours*, atau 15000 *flight cycle*, atau 72 *months*, tergantung waktu yang lebih dahulu tercapai. Pekerjaan tersebut meliputi *Operational Check, Inspection, Repair, Cleaning, Lubrication, Remove and Install*,[1]. Dalam perencanaan perawatan bagian produksi mendapatkan TAT (*turn around time*) dari *engineering*

yang telah disepakati dengan pihak *operator*. Untuk mengetahui lebih pasti TAT (*turn around time*) yang dibutuhkan maka bagian produksi perlu melakukan perencanaan agar TAT (*turn around time*) yang ditentukan dapat berjalan dengan efektif dan efisien.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Metode kuantitatif yang digunakan dalam penelitian ini merupakan proses menemukan pengetahuan dengan data berupa angka sebagai alat untuk menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui[3]. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data waktu pelaksanaan dari setiap pekerjaan yang dilakukan pada perawatan *C03-check* yang diperoleh dari data MPD (*maintenance planning document*) dari pesawat Airbus A320-300. Data tersebut sudah disusun dalam bentuk *manhours* untuk setiap pekerjaan pada perawatan *C03-check*, selain itu data yang diperoleh adalah jumlah *man power* yang tersedia pada saat perawatan tersebut, serta jumlah *man hours* dalam sehari. Adapun data pekerjaan pada paket *C03-check* terdapat 350 *item taskcard* sebagaimana dalam tabel 1.

Tabel 1. Data Pekerjaan *C03-check*
(Sumber: MPD Airbus A320-200)

No.	Jenis Pekerjaan	Jumlah Pekerjaan
1.	<i>Cleaning</i>	4
2.	<i>Inspection</i>	150
3.	<i>Lubrication</i>	37
4.	<i>Operational Check</i>	115
5.	<i>Remove/Install</i>	23
6.	<i>Open/Close Panel</i>	10
7.	<i>Preparation + Post Maintenance</i>	11

3. Hasil dan Pembahasan

Perencanaan meliputi penetapan keputusan mengenai apa (*what*) yang diharapkan untuk dikerjakan, kapan (*when*) hal tersebut akan dikerjakan, siapa (*who*) yang akan melaksanakannya, dan bagaimana (*how*) sasaran tujuan akan dicapai[5]. Metode CPM (*critical path method*) digunakan untuk menentukan TAT (*turn around time*) yang akan dilaksanakan untuk perawatan *C03-check*. CPM (*Critical Path Method*) merupakan metode analisis jalur yang menggunakan jaringan kerja. Pengolahannya dilakukan dengan menyusun jaringan kerja yang diidentifikasi ke arah aktivitas – aktivitas dan menggunakan *simple time estimates* pada setiap aktivitas yang menunjukkan jangka waktu pelaksanaan[8]. Dari jaringan CPM (*Critical Path Method*) yang telah tersusun akan diketahui jalur kritis dari pekerjaan *C03-check*. Jalur kritis merupakan jalur yang menunjukan adanya pekerjaan dengan waktu yang paling lama, jika jalur kritis mengalami keterlambatan maka proyek yang dilakukan akan selesai tidak tepat waktu[4].

Melalui data yang telah diperoleh, untuk menentukan TAT (*turn around time*) adalah dengan menghitung waktu kerja efektif dalam sehari, Jam kerja efektif adalah jumlah jam kerja normal dikurangi dengan waktu kerja yang hilang karena tidak bekerja (*allowance*) seperti buang air, melepas lelah, istirahat makan,dan sebagainya [6].

<i>Shift Pagi</i>	= 07:30 - 11:30	= 4:00 jam bekerja
	= 13:00 - 15:00	= 2:00 jam bekerja
Total <i>shift pagi</i>	= 04:00 + 2:00	= 6:00 jam bekerja
<i>Shift Siang</i>	= 14:30 - 17:30	= 3:00 jam bekerja
	= 19:00 - 21:30	= 2:30 jam bekerja
Total <i>shift siang</i>	= 03:00 + 2:30	= 5:30 jam bekerja

Total jam kerja dalam sehari = 6:00 + 5:30 = 11 jam30 menit atau 11,5 *Hours*

Untuk memudahkan dalam perencanaan dan pelaksanaan kegiatan perawatan, maka paket pekerjaan dalam *C03-check* dikelompokkan menjadi kelompok pekerjaan berdasarkan zona *access panel* sebagai berikut :

1. *Maintenance Preparation*
2. *Access Door Panel*
3. *Engine Access Panel*
4. *Empenage Access Panel*
5. *Fuselage Access Panel*
6. *Wing Access Panel*
7. *Post Maintenance*

Dalam pembuatan rencana penjadwalan diperlukan diagram *network* untuk menentukan urutan keseluruhan kegiatan. Untuk menyusun diagram *network* perlu diketahui kegiatan apa yang menjadi *predecessor*, *successor*, dan *concurrent*[7]. Berikut urutan keseluruhan kegiatan setiap jalur pada *C03-check*:

1. *Maintenance Preparation*
2. *Cleaning*
3. *Open Panel*
4. *Operational/Functional Check*
5. *General Visual Inspection*
6. *Detailed Visual Inspection*
7. *Special Detailed Visual Inspection*
8. *Remove/Install*
9. *Lubrication*
10. *Close Access Panel*
11. *Post Maintenance*

Setelah dikelompokkan kemudian setiap pekerjaan ditentukan jumlah *manhours* yang dibutuhkan untuk setiap pekerjaan tersebut dengan rumus (1).

$$TAT = \frac{\text{Man Hours Manufacture}}{\text{Man Power Required}}[4].....(1)$$

Setelah dikelompokkan dan diketahui *manhours* dari setiap pekerjaan maka dilakukan perhitungan maju untuk menentukan waktu paling awal kegiatan dapat diselesaikan atau EF (*early finish*) dan perhitungan mundur untuk menentukan waktu paling lambat kegiatan boleh untuk dimulai atau

LS (*latest start*) dari setiap pengelompokan pekerjaan yang akan dilakukan. Penentuan tersebut menggunakan rumus (2) dan (3) untuk perhitungan maju dan mundur :

$$\text{waktu paling awal (EF)} = ES + D \text{ [4](2)}$$

$$\text{waktu paling lambat (LS)} = LF - D \text{ [4](3)}$$

ES (*early start*) = waktu mulai paling awal kegiatan

LF (*latest finish*) = waktu paling akhir kegiatan selesai

D = waktu yang diperlukan untuk mengerjakan pekerjaan tersebut

Sedangkan untuk mengetahui jalur kritis dari suatu proyek maka dibutuhkan perhitungan *slack*. *Slack* merupakan waktu kelonggaran atau waktu diperbolehkannya suatu pekerjaan mengalami keterlambatan, jika *slack* berjumlah 0 maka pekerjaan tersebut berada di dalam jalur kritis yang artinya tidak boleh mengalami keterlambatan[4], selain itu pada jalur tersebut merupakan jalur yang memerlukan waktu penyelesaian paling lama. Perhitungan *slack* sebagaimana pada rumus (4):

$$\text{slack} = LF - EF = LS - ES \text{ [4](4)}$$

Hasil dari perhitungan dan pengolahan data pekerjaan C03-check dengan CPM (*Critical Path Method*) terdapat pada tabel 4.

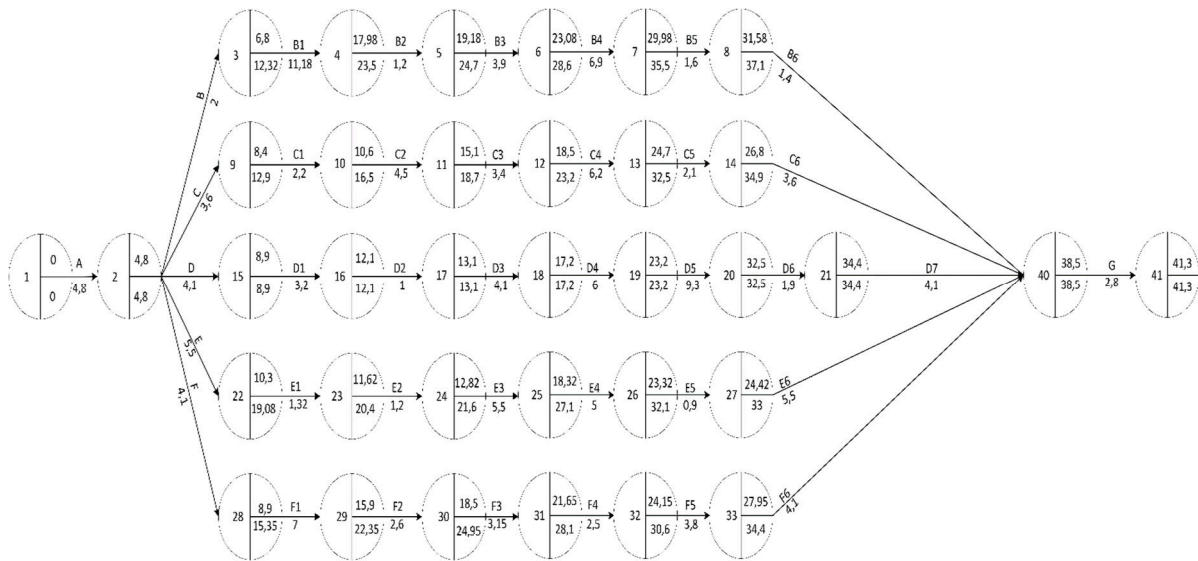
Tabel 4. Tabel *Critical Path Method C03-check Package*
(Sumber: Data Diolah)

NO	TASK CODE	DESC	PRE	D	ES	EF	LS	LF	SLACK
1	A	MAINTENANCE PREPARATION	-	4,8	0	4,8	5,52	10,3	5,52
2	B	OPEN ACCESS DOOR PANEL	A	2	4,8	6,8	10,32	12,3	5,52
3	B1	OPC/FUC ACCESS DOOR PANEL	B	11,18	6,8	17,98	12,32	23,5	5,52
4	B2	CLEANING ACCESS DOOR PANEL	B1	1,2	17,98	19,18	23,5	24,7	5,52
5	B3	DVI ACCESS DOOR PANEL	B2	3,9	19,18	23,08	24,7	28,6	5,52
6	B4	REM/INS ACCESS DOOR PANEL	B3	6,9	23,08	29,98	28,6	35,5	5,52
7	B5	LUB ACCESS DOOR PANEL	B4	1,6	29,98	31,58	35,5	37,1	5,52
8	B6	CLOSE ACCESS DOOR PANEL	B5	1,4	31,58	32,78	37,1	38,5	5,52
NO	TASK CODE	DESC	PRE	D	ES	EF	LS	LF	SLACK
1	A	MAINTENANCE PREPARATION	-	4,8	0	4,8	8,1	12,9	8,1
9	C	OPEN ENGINE ACCESS PANEL	A	3,6	4,8	8,4	12,9	16,5	8,1
10	C1	OPC/FUC ENGINE ACCESS PANEL	C	2,2	7	10,6	16,5	18,7	8,1
11	C2	GVI ENGINE ACCESS PANEL	C1	4,5	11,5	15,1	18,7	23,2	8,1
12	C3	DVI ENGINE ACCESS PANEL	C2	3,4	14,9	18,5	23,2	26,6	8,1
13	C4	SDI ENGINE ACCESS PANEL	C3	6,2	21,1	24,7	26,6	32,8	8,1
14	C5	REM/INS ENGINE ACCESS PANEL	C4	2,1	23,2	26,8	32,8	34,9	8,1
15	C6	CLOSE ENGINE ACCESS PANEL	C5	3,6	26,8	30,4	34,9	38,5	8,1

Analysis Turn Around Time C03-Check Package On Airbus A320-200

NO	TASK CODE	DESC	PRE	D	ES	EF	LS	LF	SLACK
1	A	MAINTENANCE PREPARATION	-	4,8	0	4,8	0	4,8	0
16	D	OPEN EMPENAGE ACCESS PANEL	A	4,1	4,8	8,9	4,8	8,9	0
17	D1	OPC/FUC EMPENAGE ACCESS PANEL	D	3,2	8,9	12,1	8,9	12,1	0
18	D2	GVI EMPENAGE ACCESS PANEL	D1	1	12,1	13,1	12,1	13,1	0
19	D3	DVI EMPENAGE ACCESS PANEL	D2	4,1	13,1	17,2	13,1	17,2	0
20	D4	SDI EMPENAGE ACCESS PANEL	D3	6	17,2	23,2	17,2	23,2	0
21	D5	REM/INS EMPENAGE ACCESS PANEL	D4	9,3	23,2	32,5	23,2	32,5	0
22	D6	LUB EMPENAGE ACCESS PANEL	D5	1,9	32,5	34,4	32,5	34,4	0
23	D7	CLOSE EMPENAGE ACCESS PANEL	D6	4,1	34,4	38,5	34,4	38,5	0
NO	TASK CODE	DESC	PRE	D	ES	EF	LS	LF	SLACK
1	A	MAINTENANCE PREPARATION	-	4,8	0	4,8	8,78	13,6	8,78
24	E	OPEN FUSELAGE ACCESS PANEL	A	5,5	4,8	10,3	13,58	19,1	8,78
25	E1	OPC/FUC FUSELAGE ACCESS PANNEL	E	1,32	10,3	11,62	19,08	20,4	8,78
26	E2	GVI FUSELAGE ACCESS PANEL	E1	1,2	11,62	12,82	20,4	21,6	8,78
27	E3	DVI FUSELAGE ACCESS PANEL	E2	5,5	12,82	18,32	21,6	27,1	8,78
28	E4	REM/INS FUSELAGE ACCESS PANEL	E3	5	18,32	23,32	27,1	32,1	8,78
29	E5	LUB FUSELAGE ACCESS PANEL	E4	0,9	23,32	24,22	32,1	33	8,78
30	E6	CLOSE FUSELAGE ACCESS PANEL	E5	5,5	24,22	29,72	33	38,5	8,78
NO	TASK CODE	DESC	PRE	D	ES	EF	LS	LF	SLACK
1	A	MAINTENANCE PREPARATION	-	4,8	0	4,8	6,45	11,3	6,45
31	F	OPEN WING ACCESS PANEL	A	4,1	4,8	8,9	11,25	15,4	6,45
32	F1	OPC/FUC WING ACCESS PANEL	F	7	8,9	15,9	15,35	22,4	6,45
33	F2	GVI WING ACCESS PANEL	F1	2,6	15,9	18,5	22,35	25	6,45
34	F3	DVI WING ACCESS PANEL	F2	3,15	18,5	21,65	24,95	28,1	6,45
35	F4	REM/INS WING ACCESS PANEL	F3	2,5	21,65	24,15	28,1	30,6	6,45
36	F5	LUB WING ACCESS PANEL	F4	3,8	24,15	27,95	30,6	34,4	6,45
37	F6	CLOSE WING ACCESS PANEL	F5	4,1	27,95	32,05	34,4	38,5	6,45
NO	TASK CODE	DESC	PRE	D	ES	EF	LS	LF	SLACK
38	G	POST MAINTENANCE	2,8	B6, C6, D6, E4, F5	38,5	41,3	38,5	41,3	0

Diagram dari *CPM (Critical Path Method)* dapat dilihat pada Gambar 1, beserta dengan urutan pekerjaan yang dilakukan.



Gambar 1. Diagram *Critical Path Method* C03-check
(Sumber: Data Diolah)

Merujuk pada Tabel 4 dan Gambar 1, hasil perhitungan *slack* menunjukkan bahwa pada jalur D diperoleh nilai *slack* = 0 yang artinya pada jalur D tidak memiliki waktu kelonggaran untuk penundaan pekerjaan, sehingga dapat dikatakan bahwasannya pada jalur D yaitu A-D-D1-D2-D3-D4-D5-D6-D7-G merupakan jalur kritis dalam paket perawatan C03-check yang tidak boleh mengalami keterlambatan. Jika pada jalur D mengalami keterlambatan maka akan mempengaruhi total TAT (*turn around time*) dari paket perawatan C03-check. Hasil ini memiliki korelasi dengan hasil perhitungan maju, yang mana diperoleh TAT untuk jalur D adalah 38,5 *manhours* yang merupakan TAT paling lama jika dibandingkan jalur – jalur yang lain.

Dari hasil perhitungan *slack* juga diperoleh bahwa jalur E memiliki *slack* paling banyak yaitu 8,78 *manhours*, dan memerlukan waktu paling sedikit dalam penyelesaiannya yaitu 29,72 *manhours*. Hal ini dapat menjadi bahan pertimbangan dan strategi dalam pelaksanaan kegiatan paket perawatan C03-check dilapangan. Karena jalur E memiliki banyak kelonggaran tenggang waktu maka alokasi *manpower* dan pelaksanaan bisa terlebih dahulu dialokasikan untuk jalur D yang merupakan jalur kritis. Hal yang sama juga bisa diterapkan pada jalur – jalur yang lain yang masih memiliki tenggang kelonggaran waktu akan tetapi tidak boleh melebihi batas LS (*latest start*) dari hasil perhitungan mundur. Sedangkan apabila semua pekerjaan pada setiap jalur dimulai pada waktu yang sama yaitu ketika proyek dimulai, maka setiap jalur pekerjaan yang telah selesai terlebih dahulu, dapat kemudian dialokasikan untuk jalur pekerjaan lain yang masih belum selesai.

Dari hasil perhitungan setiap jalur, telah diperoleh hasil waktu penyelesaian paling lama adalah pada jalur D yaitu 38,5 *manhours* yang apabila ditambah dengan kegiatan post maintenance akan menjadi 41,3 *manhours*. Maka dari hasil perhitungan ini diperoleh total TAT (*turn around time*) untuk paket C03-check adalah :

$$\begin{aligned}\text{Total TAT} &= \frac{\text{Total waktu yang dibutuhkan (Hrs)}}{\text{Jam kerja efektif per hari } \left(\frac{\text{hrs}}{\text{day}}\right)} \\ \text{Total TAT} &= \frac{41,3}{11,5} \\ \text{Total TAT} &= 3,59 \text{ days, dibulatkan menjadi 4 days}\end{aligned}$$

Maka dari hasil pengolahan seluruh data paket perawatan *C03-check* diperoleh TAT (*turn around time*) yang direncanakan untuk menyelesaikan paket perawatan *C03-check* adalah 4 hari kerja.

4. Kesimpulan

Hasil perencanaan dengan metode CPM (*critical path method*) untuk paket perawatan *C03-check* pada pesawat Airbus A320-200, maka disimpulkan bahwa untuk menyelesaikan paket perawatan *C03-check* memerlukan waktu 4 hari kerja, dengan jalur kritis berada pada jalur D yaitu pada *empenage access panel* dengan urutan pekerjaan A-D-D1-D2-D3-D4-D5-D6-D7-G.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada P3M STT Adisutjipto yang telah berperan dalam memberikan bantuan dana dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Airbus, 2018, Maintenance Planning Document A320-200, Airbus S.A.S., Prancis.
- [2] Kinnison H.A., Siddiqui T., Aviation Maintenance Management, McGrawHill, New York
- [3] Kasiram, Moh, 2008, Metodologi Penelitian, Malang, UIN-Malang Pers.
- [4] Soeharto, I., 1999, Manajemen Proyek, Erlangga, Jakarta.
- [5] Wibowo, A., & Utomo, J. (2010). *Eksplorasi Metode Bar Chart, Cpm, Pdm, Pert, Line Of Balance Dan Time Chainage Diagram Dalam Penjadwalan Proyek Konstruksi* (Doctoral dissertation, magister teknik sipil).
- [6] Sudaryanto, D. H., & Kom, S. (2013). Perhitungan Kebutuhan Pegawai Berbasis Beban Kerja. In *PPSDM MIGAS Cepu Forum Manajemen* (Vol. 3, No. 3).
- [7] Agustiar, I., & Handrianto, R. (2018). Evaluasi Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode Cpm Dan Kurva S. *Wahana Teknik*, 7(2).
- [8] Dimiyati, D. H., & Nurjaman, K., 2014. Manajemen Proyek, Pustaka Setia, Yogyakarta.

THE ANALYSIS OF IMPLEMENTING SAFETY MANAGEMENT SYSTEM (SMS) TO IMPROVE THE FLIGHT SAFETY

Eko Poerwanto

Departemen Teknik Industri

Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto

Jl. Janti Blok-R Lanud Adisutjipto, Yogyakarta 55198

Email: ekoeltas@gmail.com

Abstract

Flight safety can be created only by good cooperation from all stakeholders in aviation. In other words, each flight stakeholder has the responsibility and contribution to the flight safety. This condition shows the importance of analyzing the implementation of Safety Management System (SMS) in the aviation industry, because it is a part of the State Safety Program (SSP) in accordance with ICAO standard. The research method is presented descriptively related to the aviation safety regulations with the current conditions of implementing flight safety. The results showed the implementation of the Safety Management System (SMS) by each flight stakeholder was running, but the "Flight Safety Promotion" activity had not been able to run properly, because there were no periodic reports issued by regulators on the Aviation Safety Program. Another thing is the violation of the implementation of Safety Management System (SMS) has not been through the "Aviation Professional Assembly", so that the personnel who committed the violations will get objective punishment.

Keywords: *Flight Safety, Safety Management System*

1. Pendahuluan

Keselamatan penerbangan dapat tercipta hanya oleh kerjasama yang baik dari seluruh *stakeholder* dalam penerbangan. Artinya, setiap *stakeholder* penerbangan memiliki tanggung jawab dan kontribusi terhadap terciptanya keselamatan penerbangan. Sebagai bagian dari suatu sistem, apabila salah satu institusi tidak memainkan peranannya dengan baik, walaupun institusi-institusi yang lain telah menunjukkan kinerja yang baik, tetap saja keselamatan penerbangan akan sulit terwujud. Selain permasalahan keselamatan pada penerbangan di Indonesia, permasalahan yang lain adalah tentang pelayanan penerbangan berkaitan dengan *delay* atau kinerja *airline* yaitu *on time performance* yang saat ini sering dipermasalahan konsumen. Hal ini menunjukkan adanya banyak permasalahan di industri penerbangan di Indonesia yang cukup kompleks dan sistemik. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya analisis pelaksanaan *Safety Management System* (SMS) pada industri penerbangan, karena walaupun SMS wajib dilaksanakan oleh seluruh *stakeholder* yang ada, tetapi insiden dan kecelakaan dalam penerbangan masih ada.

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor PM 93 tahun 2016, tentang Program Keselamatan Penerbangan Nasional, dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 20 tahun 2009 tentang Sistem Manajemen Keselamatan (*Safety Management System*). Regulasi tersebut ditetapkan untuk menciptakan ergonomi makro pada industri penerbangan di Indonesia yaitu sesuai dengan Undang-Undang Nomor 1 tahun 2009 tentang Penerbangan dalam Pasal 1, Butir 48 menyatakan bahwa "Keselamatan Penerbangan adalah suatu keadaan terpenuhinya persyaratan keselamatan dalam pemanfaatan wilayah udara, pesawat udara, fasilitas umum lainnya". Untuk penyedia jasa penerbangan di Indonesia bahwa tingkat

keselamatan penerbangan dapat dicapai dengan berfungsinya semua unsur terkait antara satu dengan lainnya terhadap penyedia jasa penerbangan.

2. Program Keselamatan Penerbangan Nasional

Keselamatan Penerbangan adalah suatu keadaan terpenuhinya persyaratan keselamatan dalam pemanfaatan wilayah udara, pesawat udara, bandar udara, angkutan udara, navigasi penerbangan, serta fasilitas penunjang dan fasilitas umum lainnya. *Safety Management Sistem* (SMS) adalah pendekatan sistematis untuk mengelola keselamatan, meliputi struktur organisasi, pertanggungjawaban, kebijakan dan prosedur. Setiap penyedia jasa penerbangan adalah badan usaha angkutan udara, badan usaha bandar udara, unit penyelenggara bandar udara, penyelenggara pelayanan navigasi penerbangan, badan usaha pemeliharaan pesawat udara, penyelenggara pendidikan dan pelatihan penerbangan, dan badan usaha rancang bangun dan pabrik pesawat udara, mesin pesawat udara, baling-baling pesawat terbang dan komponen pesawat udara (wajib menjalankan SMS).

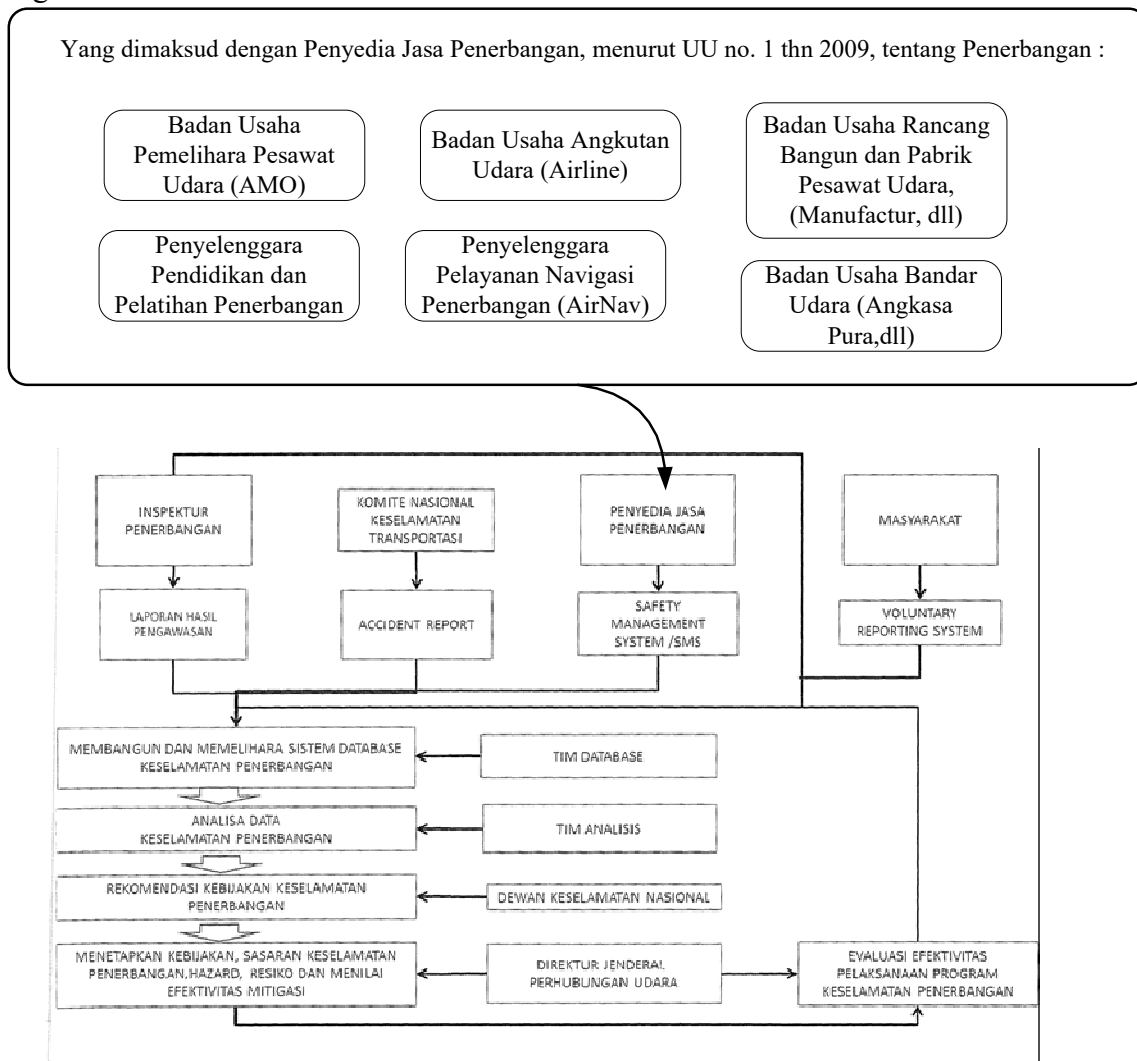
Menurut UU no. 1 thn 2009, tentang Penerbangan, bagian keempat “**Sistem Manajemen Keselamatan Penyedia Jasa Penerbangan**”, pasal 314 :

1. Setiap penyedia jasa penerbangan wajib membuat, melaksanakan, mengevaluasi, dan menyempurnakan secara berkelanjutan sistem manajemen keselamatan (*safety management system*) dengan berpedoman pada program keselamatan penerbangan nasional.
2. Sistem manajemen keselamatan penyedia jasa penerbangan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus mendapat pengesahan dari Menteri.
3. Setiap penyedia jasa penerbangan yang melanggar ketentuan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dikenakan sanksi administratif berupa :
 - a. peringatan;
 - b. pembekuan izin; dan/atau
 - c. pencabutan izin.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor PM 93 tahun 2016, tentang Program Keselamatan Penerbangan Nasional, Tim Database Program Keselamatan Penerbangan Nasional (*State Safety Programme Database Group*) mempunyai tugas dan tanggung jawab sebagai berikut:

- a. menghimpun dan memutakhirkan data Laporan Hasil Pengawasan Inspektur Penerbangan, Laporan Kecelakaan atau Kejadian Serius, Laporan *Safety Management System* (SMS) dan Laporan Sukarela;
- b. memberikan informasi atas keselamatan penerbangan kepada Ketua Pelaksana Program Keselamatan Penerbangan Nasional;
- c. melakukan verifikasi atas kebenaran laporan keselamatan penerbangan serta melakukan pertukaran/perbandingan data laporan keselamatan penerbangan;
- d. memastikan sistem database selalu dalam keadaan dapat dipergunakan;
- e. memastikan kerahasiaan data (sebagai *data keeper*) agar tidak dapat diakses oleh pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab langsung maupun pihak ketiga;
- f. mengkoordinasikan kepada unit-unit yang bertanggungjawab di lingkungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, Kantor Otoritas Bandar Udara, KNKT dan penyedia jasa penerbangan, agar memutakhirkan data keselamatan penerbangan tepat pada waktunya;
- g. melakukan evaluasi atas data-data dan laporan keselamatan penerbangan.

Berkaitan dengan Struktur Pengelolaan Database Keselamatan Penerbangan Nasional adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Seluruh *Stakeholder* Industri Penerbangan Wajib Menjalankan dan Melaporkan ke Regulator Pengelolaan Database Keselamatan Penerbangan Nasional
(Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan nomor PM 93 tahun 2016)

3. Metodologi Penelitian

3.1. Identifikasi Masalah (*Problem Identification*)

Keselamatan Penerbangan sebagai visi dan misi yang utama dari Industri Penerbangan Global dapat dimulai dari seluruh aspek operasional sistem yang dilaksanakan. Sesuai dengan studi literatur, masalah penerapan SMS dalam meningkatkan keselamatan penerbangan di Indonesia diidentifikasi berdasarkan terbitnya regulasi yang dipraktekkan dalam operasional penerbangan, kemudian diterjemahkan ke dalam rumusan masalah yang akan menjadi tujuan dan penyempurnaan pelaksanaan Program Keselamatan Penerbangan Nasional.

3.2. Pengumpulan Data

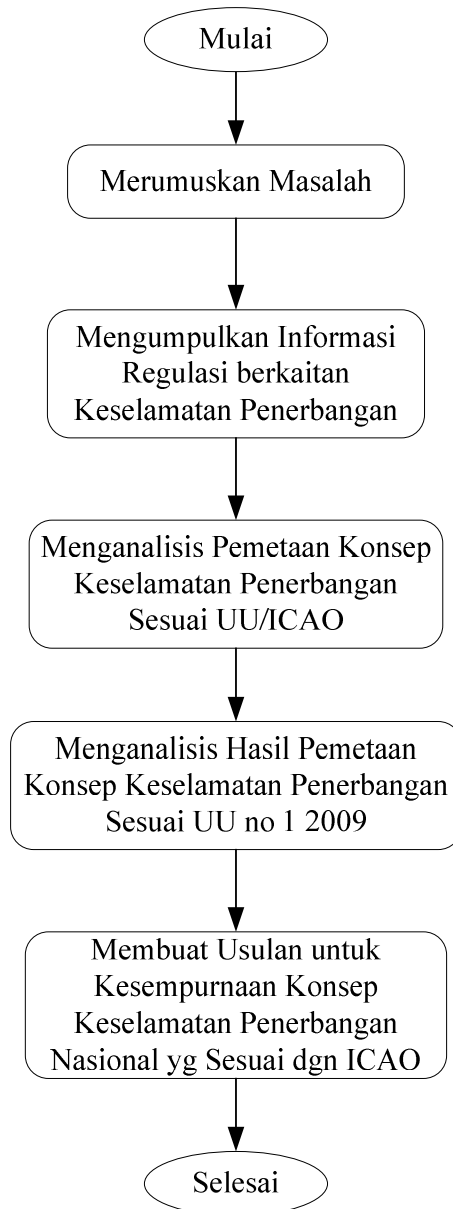
Untuk melakukan studi ini diperlukan data-data terkait dengan layanan informasi pada penerbangan di Indonesia antara lain sebagai berikut :

1. Informasi tentang Pelaksanaan *State Safety Programme* (SSP)

2. Informasi dan regulasi pelaksanaan SMS.
3. Membandingkan antara amanah Undang-Undang nomor 1 tahun 2009 tentang Penerbangan.

Data / Informasi tentang Pelaksanaan *State Safety Programme* (SSP) dapat diakses melalui <http://ssp.hubud.dephub.go.id/id/>, yang dikelola oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, sehingga informasi yang dikeluarkan secara resmi oleh regulator dalam hal ini wakil dari pemerintah RI.

3.3. Diagram Alur Penelitian



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Undang-Undang Nomor 1 tahun 2009 tentang Penerbangan dalam Pasal 1, Butir 48 menyatakan bahwa “Keselamatan Penerbangan adalah suatu keadaan terpenuhinya persyaratan keselamatan dalam pemanfaatan wilayah udara, pesawat udara, fasilitas umum lainnya”. Untuk penyedia jasa penerbangan di Indonesia bahwa tingkat keselamatan

penerbangan dapat dicapai dengan berfungsinya semua unsure terkait antara satu dengan lainnya terhadap penyedia jasa penerbangan.

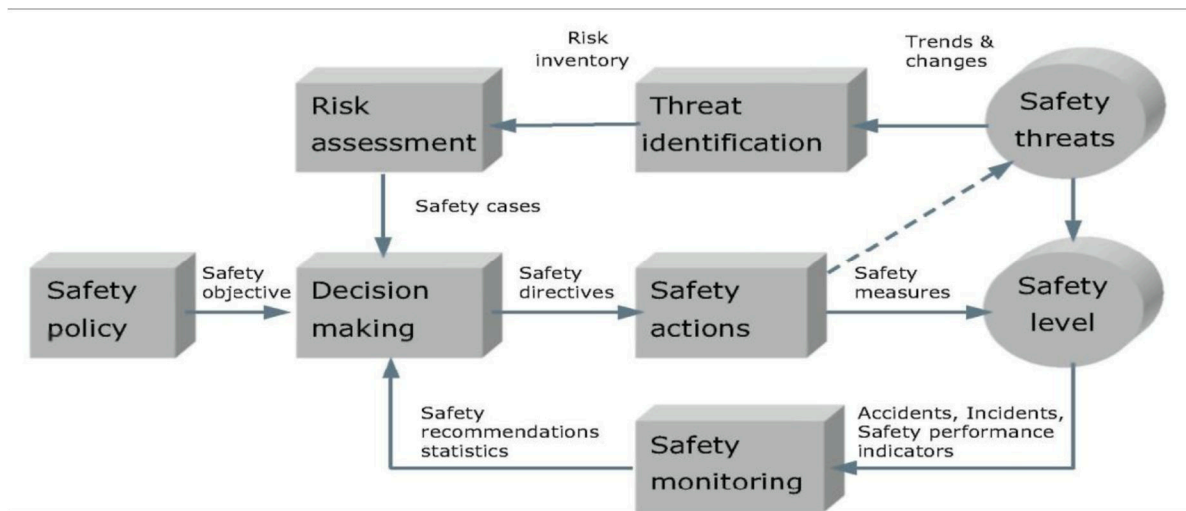
Mempertimbangkan kemajuan dan ketangguhan teknologi tinggi dalam penerbangan, analisa kecenderungan (*trend analysis*) atas kecelakaan penerbangan dan penyedia jasa penerbangan, menyimpulkan sebagian besar dari kecelakaan yang terjadi diakibatkan oleh kesalahan manusia (*human error*). Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, selain faktor teknis operasional dan cuaca, penyebab utama kecelakaan diakibatkan ketidakdisiplinan atau kurang terpenuhinya kompetensi personel penerbangan dan organisasi. Penggantian personel penerbangan tidak akan mencegah kecelakaan melainkan yang paling penting dilakukan untuk mencegah kecelakaan adalah mengidentifikasi, memahami serta mengendalikan faktor-faktor inti dari penyebab kecelakaan-kecelakaan yang terjadi sebelumnya.

Dalam Undang-Undang No.1 tahun 2009 tentang Penerbangan, bahasan tentang keselamatan penerbangan ini tercantum dalam Bab XIII *Keselamatan Penerbangan*, yang terdiri dari bahasan tentang Program Keselamatan Penerbangan Nasional (Pasal 308 sampai Pasal 311); Pengawasan Keselamatan Penerbangan (Pasal 312); Penegakan Hukum Keselamatan Penerbangan (Pasal 313); Sistem Manajemen Keselamatan Penyedia Jasa Penerbangan (Pasal 314 sampai Pasal 317); dan Budaya Keselamatan (Pasal 318 sampai Pasal 322). Tanggung jawab terhadap pengawasan keselamatan penerbangan ini dipegang oleh Kementerian Perhubungan, di mana pengawasan keselamatan penerbangan ini merupakan kegiatan pengawasan berkelanjutan untuk melihat pemenuhan peraturan keselamatan penerbangan yang dilaksanakan oleh penyedia jasa penerbangan dan pemangku kepentingan lainnya yang meliputi: audit; inspeksi; pengamatan (*surveillance*); dan pemantauan (*monitoring*).

Ada 3 (tiga) metode strategi yang digunakan dalam pengelolaan keselamatan, yaitu: metode reaktif (*reactive method*), menanggapi kejadian ketika hal tersebut sudah terjadi; metode proaktif (*proactive method*), melihat secara aktif untuk mengidentifikasi setiap risiko keselamatan melalui analisis aktivitas-aktivitas yang dilakukan organisasi; dan metode prediktif (*predictive method*), memetakan kinerja sistem dalam kondisi operasional normal saat ini untuk mengidentifikasi permasalahan potensial yang dapat terjadi di masa datang (*ICAO Doc.9859 Safety Management Manual*).

Pengelolaan keselamatan (*safety management*) mempunyai dua dimensi, yaitu ***safety management process***, merujuk pada berbagai proses yang memuat berbagai kegiatan di mana tingkat keselamatannya (*level of safety*) harus dikontrol, dan ***safety management organization***, melibatkan tanggung jawab (responsibilities), kompetensi, komitmen, dan komunikasi yang baik antar organisasi atau perseorangan yang terlibat dalam proses pengelolaan keselamatan tersebut (*National Aerospace Laboratory, 2003*).

Elemen-elemen kunci dari *safety management process* adalah: ***safety policy***, pernyataan tentang pengaturan tujuan keselamatan dari manajemen tertinggi yang bertanggung jawab; ***decision making***, berdasarkan *safety policy* yang diadaptasi menjadi keputusan organisasi; ***safety monitoring***, proses penilaian tentang *level of safety* yang sekarang ada di sistem penerbangan; ***threat identification***, proses untuk mengidentifikasi kondisi-kondisi yang mungkin memiliki pengaruh yang serius terhadap tingkat keselamatan yang ada; ***risk assessment***, proses untuk menilai risiko yang berhubungan dengan *potential safety threats*; dan ***safety actions***, kegiatan yang harus dilakukan dalam upaya untuk memperbaiki defisiensi keselamatan ataupun mitigasi risiko. Proses ini sesuai dengan siklus kegiatan sistematis untuk mencapai tujuan keselamatan, yaitu merencanakan → lakukan → periksa → tindakan.



Gambar 3. The general safety management process

Berdasarkan gambar Struktur Pengelolaan Database Keselamatan Penerbangan Nasional, Setiap *stakeholder* penerbangan harus menjalankan SMS dan membuat laporan pelaksanaannya tiap periodik ke regulator untuk menjadi masukkan dalam menyusun laporan kinerja keselamatan penerbangan nasional. Keselamatan penerbangan merupakan tanggung jawab seluruh pemangku kegiatan di bidang penerbangan, dorongan untuk mematuhi dan mengikuti standar tingkat keselamatan harus dimulai dari tingkat tertinggi manajemen di setiap organisasi.

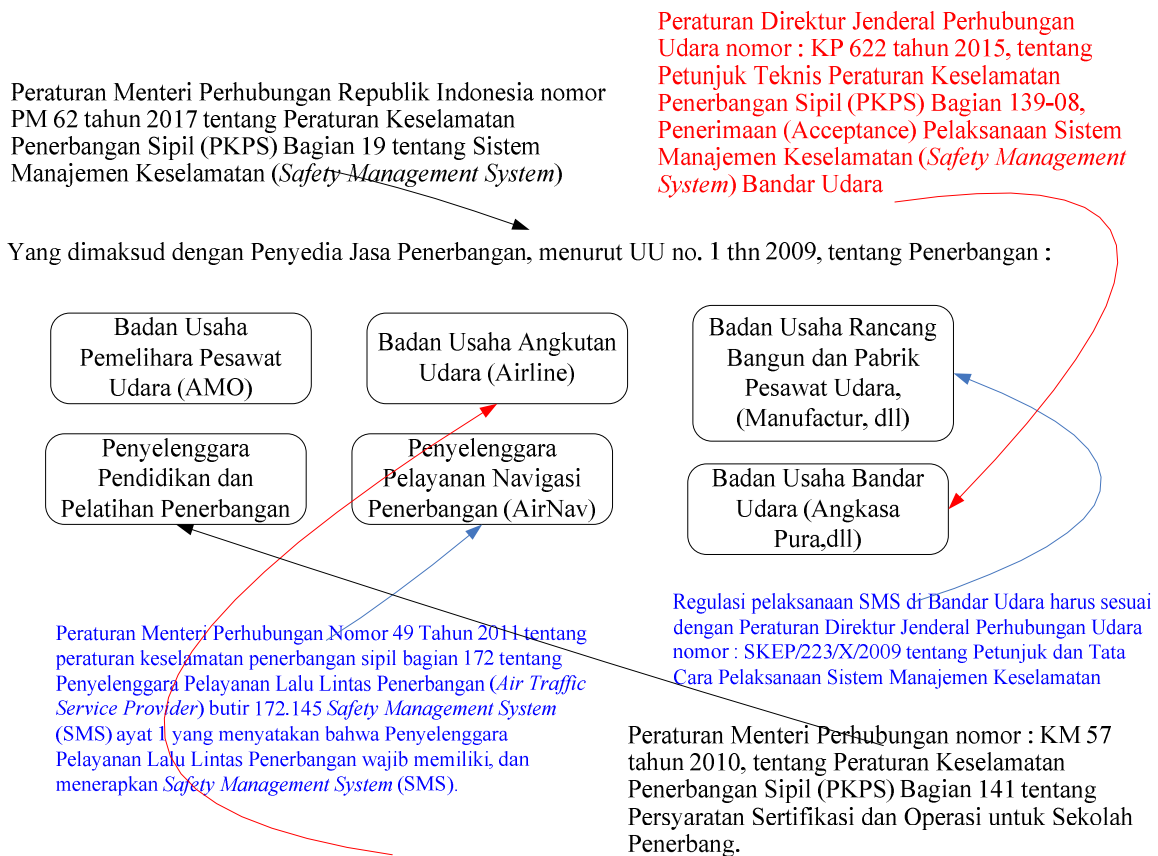
Keselamatan penerbangan adalah kunci bagi penyedia jasa penerbangan agar dapat berkontribusi dalam memenuhi kepentingan negara. Standar ICAO menyatakan prioritas utama dalam penerbangan adalah tercapainya sebuah sistem yang selamat (*safe*). Tindakan untuk mewujudkan keselamatan penerbangan harus didukung oleh fakta, data dan persepsi masyarakat mengenai unsur- unsur yang dibutuhkan untuk mencapai keselamatan.

Tingkat risiko keselamatan yang dapat diterima berpengaruh terhadap sistem keselamatan penerbangan, yang akan menurun jika terjadi kecelakaan. Kejadian serius dan kecelakaan dapat merusak nama baik penyedia jasa penerbangan, Pemerintah dan negara. Dalam kejadian serius dan kecelakaan, faktor kesalahan manusia berkontribusi terbesar. Kelemahan fungsi-fungsi manajemen sangat terkait dengan banyaknya kesalahan tersebut.

Pelaksanaan *Safety Management System* di Penyedia Jasa Penerbangan

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor PM 62 tahun 2017 tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil (PKPS) Bagian 19 tentang Sistem Manajemen Keselamatan (*Safety Management System*) yang telah dikeluarkan mewajibkan seluruh *stakeholder* Penerbangan (Mandatory dan Voluntary Reporting) untuk berpartisipasi meningkatkan keselamatan penerbangan. Gambaran pelaksanaan *Safety Management System* dapat dipetakan dari aspek regulasi adalah sebagai berikut :

The Analysis Of Implementing Safety Management System (SMS) To Improve The Flight Safety



UU no 1 tahun 2009, Bagian Kedua : Operasi Pesawat Udara, Pasal 42 : Untuk mendapatkan sertifikat operator pesawat udara sebagaimana dimaksud dalam Pasal 41 ayat (2) huruf a operator harus: m. memiliki pedoman sistem manajemen keselamatan (*safety management system manual*).

Gambar 4 Pemetaan Pelaksanaan *Safety Management System* Penyedia Jasa Penerbangan

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa program keselamatan yang wajib dilaksanakan oleh seluruh penyedia jasa penerbangan sudah terlaksana atau dijalankan oleh seluruh *stakeholder*, secara persyaratan minimal sesuai dengan PM 62 tahun 2017 tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil (PKPS) Bagian 19 tentang Sistem Manajemen Keselamatan (*Safety Management System*). Selanjutnya seluruh *stakeholder* menyusun laporan pelaksanaan *Safety Management System* (SMS) disampaikan kepada Direktorat Jenderal Perhubungan Udara sebagai bahan rujukan pengembangan keselamatan penerbangan berkelanjutan bagi pelaksanaan Program Keselamatan Penerbangan Nasional. Selain pelaporan yang bersifat wajib (*mandatory*) seperti pelaksanaan wajib SMS ada juga yang bersifat sukarela (*voluntary*). Laporan Sukarela adalah penyampaian informasi yang dilakukan secara sukarela oleh masyarakat kepada Direktorat Jenderal Perhubungan Udara tanpa diharuskan oleh peraturan yang berlaku atau pengungkapan informasi melebihi yang diwajibkan terhadap setiap kejadian yang secara nyata teridentifikasi dapat mengancam keselamatan penerbangan.

UU nomor 1 tahun 2009 tentang Penerbangan, Bagian Keempat : Sistem Manajemen Keselamatan Penyedia Jasa Penerbangan, Pasal 315 : Sistem manajemen keselamatan penyedia jasa penerbangan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 314 ayat (1) **paling sedikit** memuat:

- kebijakan dan sasaran keselamatan;
- manajemen risiko keselamatan;

- c. jaminan keselamatan; dan
- d. promosi keselamatan.

Berdasarkan regulasi ini, maka pelaksanaan *Safety Management System* seharusnya tuntas sampai statement **promosi keselamatan** dilakukan. Promosi dapat dijalankan jika kegiatan pengukuran kinerja keselamatan dilakukan secara periodik dijalankan oleh regulator dalam hal ini perhubungan udara, sehingga tiap periodik perhubungan udara menyampaikan hasil kinerja seluruh *stakeholder* terhadap program keselamatan penerbangan yang sudah dijalankan kemudian **dipublikasikan kepada masyarakat**. Hal ini sesuai dengan ketentuan dalam UU no. 1 tahun 2009, Pasal 316, ayat (2) Penetapan target kinerja keselamatan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf d yang akan dicapai harus minimal sama atau lebih baik daripada target kinerja keselamatan nasional. Dan ayat (3) Target dan hasil pencapaian **kinerja keselamatan harus dipublikasikan kepada masyarakat**.

Berdasarkan uraian di atas, maka dipastikan pelaksanaan SMS yang wajib dilaksanakan selama ini oleh seluruh *stakeholder* penerbangan belum dijalankan sepenuhnya sesuai dengan *State Safety Programme* (SPP) yang sudah diamanatkan oleh ICAO, karena harusnya secara periodik Perhubungan Udara membuat laporan kinerja keselamatan penerbangan di Indonesia yang disampaikan ke Publik/Masyarakat. Hal inilah yang perlu diperbaiki sehingga point terakhir “**Promosi Keselamatan**” sebagai hal minimal terakhir dari SMS dapat dijalankan secara sempurna.

Penegakan hukum.

Penegakan hukum merupakan cara untuk mengambil tindakan kepada personel penerbangan berlisensi dan penyedia jasa penerbangan bersertifikat yang tidak memenuhi persyaratan minimum yang ditentukan dalam Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil (PKPS). Menteri berwenang menetapkan program penegakan hukum dan mengambil tindakan hukum di bidang keselamatan penerbangan. Penegakan hukum dilakukan dalam bentuk sanksi administratif dan sanksi pidana. Sanksi administratif diberlakukan terhadap pelanggaran peraturan perundang-undangan bidang keselamatan penerbangan dalam bentuk peringatan, pembekuan, pencabutan, dan sanksi denda administratif.

Sanksi administratif terhadap pelanggaran peraturan perundang-undangan bidang keselamatan penerbangan ditetapkan oleh Direktur Jenderal berdasarkan hasil pemeriksaan Inspektur Penerbangan. Terhadap pelanggaran peraturan perundang-undangan bidang keselamatan penerbangan yang terbukti terdapat unsur pidana maka akan dilakukan penyidikan oleh Penyidik Pegawai Negeri Sipil (PPNS).

Berdasarkan UU nomor 1 tahun 2009 tentang Penerbangan, Bagian Ketiga : Penyelidikan Lanjutan Kecelakaan Pesawat Udara, pasal 364 menyatakan “Untuk melaksanakan penyelidikan lanjutan, penegakan etika profesi, pelaksanaan mediasi dan penafsiran penerapan regulasi, komite nasional membentuk **majelis profesi penerbangan**”. Dilanjutkan pasal 365, menyatakan : Majelis profesi penerbangan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 364 mempunyai tugas: (a) menegakkan etika profesi dan kompetensi personel di bidang penerbangan; (b) melaksanakan mediasi antara penyedia jasa penerbangan, personel dan pengguna jasa penerbangan; dan (c) menafsirkan penerapan regulasi di bidang penerbangan. Berkaitan dengan wewenang sesuai dengan pasal 368, UU nomor 1 tahun 2009, Majelis profesi penerbangan berwenang: (a) memberi rekomendasi kepada Menteri untuk pengenaan sanksi administratif atau penyidikan lanjut oleh PPNS; (b) menetapkan keputusan

dalam sengketa para pihak dampak dari kecelakaan atau kejadian serius terhadap pesawat udara; dan (c) memberikan rekomendasi terhadap penerapan regulasi penerbangan.

Untuk menyelesaikan permasalahan personil yang melanggar tugas dan wewenangnya dalam menjalankan profesi di industri penerbangan sehingga yang bersangkutan diberikan sanksi, seharusnya pemerintah dalam hal ini melalui perhubungan udara harus membentuk “**Majelis Profesi Penerbangan**”, sehingga pelanggaran yang telah dilakukan akan mendapatkan sanksi sesuai dan obyektif menurut UU yang berlaku. Pelaksanaan *Safety Management System* (SMS) harus dijalankan secara utuh oleh seluruh *stakeholder* dalam hal ini Pemerintah (Perhubungan Udara) sebagai regulator-pun harus patuh melaksanakan sesuai dengan Undang-Undang yang berlaku.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat dibuat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Setiap *stakeholder* industri penerbangan telah menjalankan kewajiban melaksanakan SMS secara syarat minimal, tetapi belum sempurna karena kegiatan promosi keselamatan harus dilakukan menunggu penilaian akhir dari pemerintah dalam hal ini perhubungan udara yang harus menganalisis dan menilai laporan pelaksanaan SMS *stakeholder* dan mempublikasikan kepada masyarakat secara periodik , belum terlaksana sepenuhnya sesuai dengan target menurut regulasi yang berlaku.
2. Untuk menyelesaikan permasalahan personil yang melanggar tugas dan wewenangnya dalam menjalankan profesi di industri penerbangan sehingga yang bersangkutan diberikan sanksi, seharusnya pemerintah dalam hal ini melalui perhubungan udara harus membentuk “**Majelis Profesi Penerbangan**”, sehingga pelanggaran yang telah dilakukan akan mendapatkan sanksi sesuai dan obyektif menurut UU yang berlaku.
3. Pelaksanaan SMS sebagai bagian dari *State Safety Programme* (SSP) sesuai dengan amanah ICAO belum dapat dijalankan sepenuhnya oleh Pemerintah sebagai regulator yang menjalankan Program Keselamatan Penerbangan Nasional.

Berdasarkan kesimpulan yang disampaikan di atas, maka untuk menyempurnakan pelaksanaan SMS oleh *stakeholder* industri penerbangan, ada beberapa saran yang diberikan kepada pemerintah untuk segera membenahi regulasi penerbangan, dalam hal :

1. Perhubungan udara harus secara periodik melakukan analisis dan penilaian pelaksanaan SMS yang telah diberikan *stakeholder*, sehingga “Promosi Keselamatan” Penerbangan dapat dijalankan sebagai bagian dari Program Keselamatan Penerbangan Nasional.
2. Pemerintah segera membentuk “**Majelis Profesi Penerbangan**”, sehingga personil-personil yang melakukan pelanggaran akan mendapatkan sanksi yang obyektif.

Daftar Pustaka

- [1] Kementerian Perhubungan (2012), “UU No.1 Tahun 2009 Tentang Penerbangan”.
- [2] ICAO (2009), *Safety Management Manual (SMM)*, Doc 9859, AN 474, Second edition, International Civil Aviation Organization, Montreal.
- [3] Poerwanto, E., Sajati, H., & Andaruwati, R. (2018, November). The Ergonomic Analysis of the Airline Passengers Message Service to Improve the Flight Safety. In *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta* (Vol. 4, pp. 201-210).
- [4] Poerwanto, E., & Mauidzoh, U. (2016). Analisis Kecelakaan Penerbangan Di Indonesia Untuk Peningkatan Keselamatan Penerbangan. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 8(2), 9-26.

- [5] Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2017) Nomor PM 62 tahun 2017 tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil (PKPS) Bagian 19 tentang Sistem Manajemen Keselamatan (*Safety Management System*).
- [6] Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2016) Nomor : PM 93 tahun 2016, tentang Program Keselamatan Penerbangan Nasional.
- [7] ICAO (2010), “Annex 13 Aircraft Accident and Incident Investigation”, Tenth Edition, International Civil Aviation Organization, Montreal
- [8] Undang-Undang Nomor 1 tahun 2009 tentang Penerbangan.
- [9] Wastuadhi, A. P. (2012). *Penyelenggaraan Penyelidikan Dalam Mencari Penyebab Kecelakaan Pesawat Udara Sipil Yang Terjadi Di Wilayah Indonesia* (Doctoral dissertation, Tesis Fakultas Hukum, Program Pascasarjana, Kekhususan Sistem Peradilan Pidana, Universitas Indonesia, Jakarta).

EFFECTS OF CALSIUM CARBONAT ON HARDNESS AND WEAR BEHAVIOUR OF BRASS-EPOXY BRAKE LINING PAD

Fajar Nugroho

Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto
Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta.55198
Email : mas_noeg@yahoo.com

Abstract

Brake lining pad is important in driving safety. It must be able to stop the vehicle as quickly as possible. Calcium carbonate is The purpose of this study was to identify the effect of calcium carbonate to the brake brass-epoxy lining pad. Calcium carbonate meet have good physical properties, such as having low porosity and fine particles while brass has a good heat conductor and is corrosion resistant so it is resistant to heat. The tests carried out on brake pads include wear and hardness tests. The results showed that the optimal wear rate in a dry state (40% calcium carbonate-20% brass-40% epoxy) was 0.0352 mm²/kg. While the wear rate in wet conditions (20% calcium carbonate-40% brass-40% epoxy) was 0.0396 mm²/kg. The hardness brake lining pad (20% calcium carbonate - 40% brass -40% epoxy) was 176.44 kg/mm².

Keywords: brake pads, composite variation, wearing and hardness

1. Pendahuluan

Seiring dengan semakin berkembangnya industri otomotif maka perlu dikembangkan juga material yang mendukung keamanan berkendara. Salah satu keamanan dalam kendaraan adalah sistem pengereman. Untuk dapat berfungsi dengan baik sistem pengereman ini memiliki beberapa bagian salah satunya adalah kampas rem. Bahan kampas rem dapat dibuat dari berbagai material baik yang konvensional maupun material baru yang memiliki tingkat kehandalan baik, tidak berisik dan tidak beracun [1,2,3].

Pengembangan material kampas rem terus dilakukan untuk bisa menggantikan jumlah rem jenis asbestos yang menghasilkan debu yang sangat merugikan kesehatan [2,3]. Berbagai inovasi terus dilakukan untuk mendapatkan jenis material baru yang memenuhi persyaratan baik dari sifat mekanis, sifat fisis maupun persyaratan lainnya [4,5]. Material kampas rem merupakan material yang akan habis karena pemakaian yang diakibatkan adanya gesekan. Gesekan pada kampas rem dengan disk akan menyebabkan debu-debu halus. Kampas rem yang secara umum bahannya terbuat dari asbes tetapi ada juga yang terbuat dari non-asbes. Bahan kampas rem yang terbuat dari asbes sangat membahayakan kesehatan karena dapat mengganggu pencernaan dan banyak negara-negara maju telah menghentikan produksi bahan gesek asbes, karena bahan asbes dapat menyebabkan penyakit kanker pada paru-paru [5,6,7].

Kampas rem yang beredar dipasaran secara umum terbuat dari bahan *asbestos*. Kampas rem berbahan asbestos mampu bertahan pada suhu 200°C dan debu dari kampas rem ini sangat beracun yang dapat menyebabkan fibrosis (penebalan dan luka gores pada paru-paru), apabila kampas rem ini terkena air maka daya pengeremannya akan terganggu. Kampas rem non asbestos yang mampu bertahan pada temperatur yang lebih tinggi dan tidak menghasilkan debu yang beracun sehingga ramah lingkungan dan apabila terkena air daya pengeremannya masih optimal [5,6,7,8].

Komposit merupakan salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan untuk pembuatan kampas rem. Balam perkembangan teknologi komposit mengalami kemajuan

yang sangat pesat ini dikarenakan keistimewaan sifat yang *renewable* atau terbarukan dan juga rasio terhadap berat yang tinggi kekuatan, ketahanan terhadap korosi dan lain-lain, sehingga mengurangi konsumsi bahan kimia maupun gangguan lingkaran hidup. Dalam pengembangan material alternatif kampas rem bisa dilakukan dengan menggunakan berbagai bahan alternatif dengan komposisi tertentu seperti serbuk kuning, serbuk aluminium, serbuk kalsium karbonat, resin pengikat dan sebagainya [9,10,11].

2. Metodologi Penelitian

Bahan alternatif kampas rem dibuat dari material serbuk kalsium karbonat, serbuk kuning dan resin epoksi sebagai pengikat. Komposisi kalsium karbonat yang digunakan bervariasi mulai dari 20%, 30% dan 40% fraksi volume. Sedangkan komposisi dari resin pengikat epoksi tetap sebesar 40% fraksi volume, sisanya adalah serbuk kuning. Semua bahan dicampur hingga merata kemudian dicetak dan selanjutnya dilakukan proses kompaksi hingga kering. Setelah diperoleh spesimen uji maka selanjutnya dilakukan pengujian keausan dan pengujian kekerasan untuk melihat kualitas material komposit untuk kampas rem.

Uji Kekerasan

Uji kekerasan merupakan jenis pengujian yang efektif mengetahui gambaran tentang ketahanan terhadap deformasi atau goresan suatu material. Dalam penelitian ini jenis pengujian yang digunakan adalah uji kekerasan Brinell.

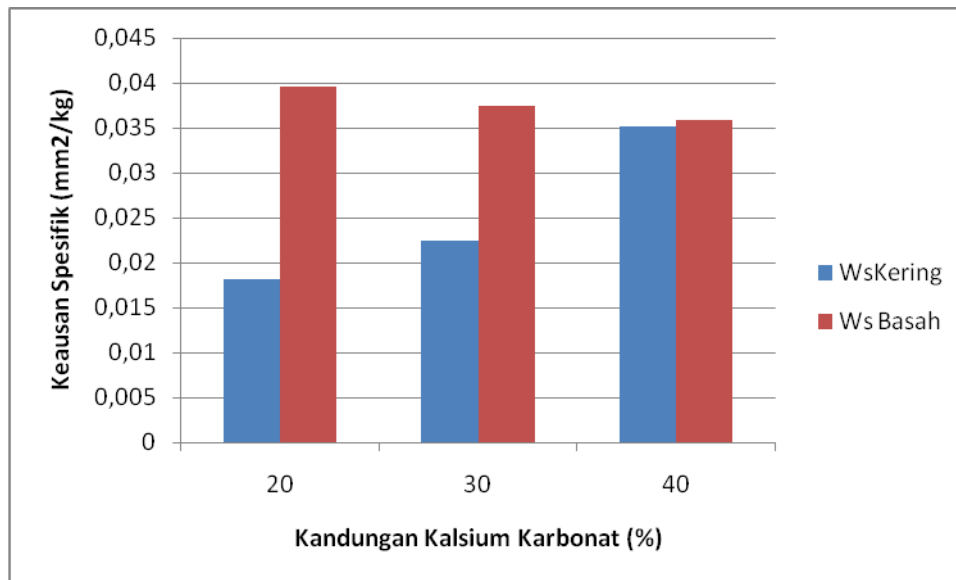
Uji Keausan

Keausan dapat didefinisikan sebagai rusaknya permukaan padatan, umumnya melibatkan kehilangan material yang progresif akibat adanya gesekan (friksi) antar permukaan padatan. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah metode Ogoshi dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*revolving disc*). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka semakin tinggi volume material yang terkelupas dari benda uji. Uji keausan dilakukan dengan menggunakan metode uji Ogoshi dengan standar benda uji ASTM G 99-95 untuk pengujian keausan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Uji Keausan

Hasil uji keausan dengan metode Ogoshi disajikan pada Gambar 1. Pengujian keausan dilakukan dalam keadaan kering dan basah.



Gambar 1. Hasil Uji Keausan Spesifik

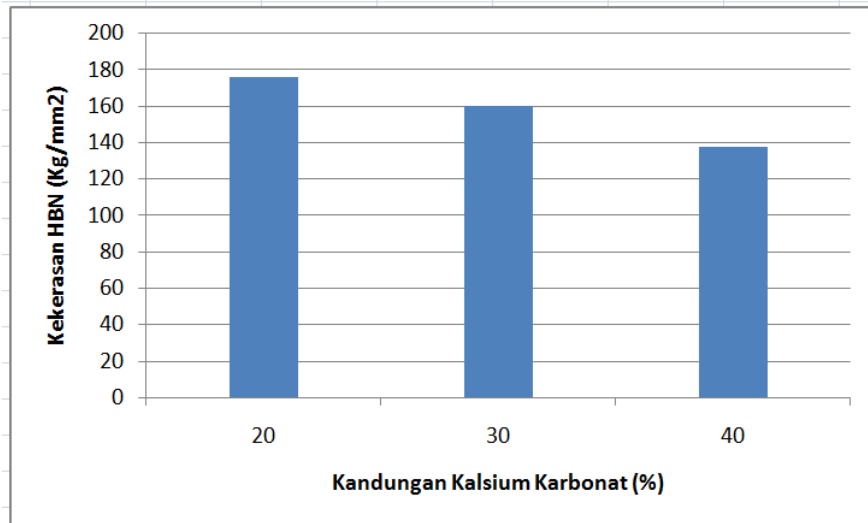
Dari Gambar 1 terlihat bahwa bahan kampas rem yang dibuat dari bahan serbuk kalsium karbonat, serbuk kuningan dan resin epoksi memiliki tingkat keausan spesifik yang berbeda untuk kondisi kering dan basah. Pada pengujian keausan spesifik kering kadar kalsium karbonat mempengaruhi tingkat keausan bahan kampas rem. Semakin besar kandungan kalsium karbonat pada kampas rem maka menyebabkan tingkat keausan spesifiknya akan semakin besar. Pada kandungan kalsium karbonat sebesar 20% memiliki laju keausan terkecil yaitu sebesar $0,0181 \text{ mm}^2/\text{kg}$. Laju keausan spesifik pada kondisi kering akan semakin besar seiring dengan meningkatnya kalsium karbonat. Pada komposisi 40% kalsium karbonat memiliki laju keausan terbesar yaitu $0,0352 \text{ mm}^2/\text{kg}$. Namun hasil pengujian keausan *ogoshi* untuk pengujian basah menunjukkan kecenderungan yang berbeda dengan hasil pada pengujian keausan metode kering. Pada pengujian keausan basah tidak terjadi perubahan nilai keausan spesifik yang signifikan. Nilai keausan spesifik basah terendah pada bahan rem dengan kandungan kalsium karbonat sebesar $0,0359 \text{ mm}^2/\text{kg}$ sedangkan nilai tertinggi sebesar $0,0396 \text{ mm}^2/\text{kg}$.

Spesimen bahan kampas rem dengan kandungan 40% kalsium karbonat memiliki nilai keseimbangan antara keausan basah maupun keausan kering. Keseimbangan nilai keausan spesifik dalam keadaan basah dan kering ini mirip dengan nilai keausan spesifik pada bahan kampas rem pabrikan yang ada dipasaran.

3.2 Hasil Uji Kekerasan

Gambar 2, merupakan hasil pengujian kekerasan menggunakan Brinell dengan komposisi komposisi kalsium karbonat- Serbuk Kuningan-Resin Epoksi; 20%- 40%,-40%, 30%-30% - 40, 40% - 20% - 40. Seiring dengan bertambahnya serbuk kalsium karbonat dari 20%, 30%, 40%, dan pengurangan serbuk kuningan dari 40%, 30%, 20% menyebabkan nilai kekerasan juga berubah. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada spesimen kampas rem dengan variasi 20% serbuk kalsium karbonat, dengan nilai kekerasan $176,44 \text{ kg/mm}^2$, dan nilai kekerasan terendah yaitu pada variasi 3 dengan nilai kekerasan $137,47 \text{ kg/mm}^2$, dari hasil pengujian di atas dapat disimpulkan semakin tinggi kadar kalsium karbonat maka akan menyebabkan kekerasan material kampas rem akan semakin turun.

Hubungan antara kekerasan dan keausan kampas rem, berdasarkan sifat untuk keamanan terhadap disk atau piringan kampas rem, bahwa nilai kekerasan dan laju keausan tidak menjamin kampas rem memiliki sifat keamanan terhadap piringan atau disk, karena kampas rem harus mengalami kerusakan atau dikorbankan dari pada piringan atau disk pada saat proses pengereman, jika kekerasan tinggi dan laju keausan kecil maka piringan atau disk akan cepat mengalami kerusakan, dan nilai kekerasan kampas rem harus lebih kecil dari pada piringan atau disk.



Gambar 2. Hasil Uji Kekerasan

Nilai lebih dari komposit kampas rem serbuk kalsium karbonat, serbuk kuningan, resin epoxy yaitu untuk material yang dipakai merupakan pemanfaatan dari limbah, dan kampas rem ramah lingkungan serta tidak berbau. Berdasarkan dari pemanfaatan dari bahan bahan diatas nilai yang di hasilkan dari pengujian kekerasan dan keausan hampir mendekati dengan standar kampas rem yang ada dipasaran yaitu $186,95 \text{ kg/mm}^2$.

4. Kesimpulan

1. Semakin besar komposisi serbuk kalsium karbonat dan semakin kecil komposisi serbuk kuningan pada kondisi kering maka semakin besar nilai keausannya. Nilai keausan *Ogoshi* tertinggi pada kondisi kering diperoleh pada material dengan komposisi 40% serbuk kalsium karbonat, 20% serbuk kuningan dan 40% resin *epoxy* yaitu $0,0352 \text{ mm}^2/\text{kg}$.
2. Semakin besar komposisi serbuk kalsium karbonat dan semakin kecil komposisi serbuk kuningan maka semakin kecil nilai kekerasannya. Nilai kekerasan *Brinell* tertinggi diperoleh pada material dengan komposisi 20% serbuk kalsium karbonat, 40% serbuk kuningan dan 40% resin *epoxy* yaitu $176,44 \text{ kg/mm}^2$

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Adham Ghifari yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Bumi, S.J., (2018). Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Serbuk Kulit Telur Ayam dan Serbuk Alumunium Dengan Matrik *Epoxy* Sebagai Bahan Alternatif Kampas Rem Roda Pesawat Terhadap Kekerasan dan Keausan, Prodi. Teknik Mesin, STT Adisutjipto, Yogyakarta

- [2] Ghifari, A., (2019). Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Serbuk Kulit Telur Ayam dan Serbuk Kuningan dengan Matrik *Epoxy* sebagai Bahan Alternatif Kampas terhadap Keausan dan Kekerasan, Prodi. Teknik Mesin, STT Adisutjipto, Yogyakarta
- [3] Kiswiranti, D., Sugianto, N. Hindarto, Sutikno. (2009). Pemanfaatan Serbuk Tempurung Kelapa sebagai Alternatif Serat Penguat Bahan Friksi Non-Asbes Pada Kampas Rem Sepeda Motor. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. Vol 5. Hlm. 62-66.
- [4] Oroh, Jonathan, Frans P. Sappu, Romels Lumintang. (2013). Analisis Sifat Mekanik Material Komposit dan Serat Sabut Kelapa. Teknik Mesin, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- [5] Purboputro, Pramuko Ilmu. (2012). Pengembangan Kampas Rem Sepeda Motor Dari Komposit Serat Bambu, Fiber Glass, Serbuk Aluminium dengan Pengikat Resin Polyester Terhadap Ketahanan Aus dan Karakteristik Pengeremannya. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III. ISSN: 1979-911X*.
- [6] Qurohman, M. T., Syarifudin. (2016). Analisa Beban Pengereman Terhadap Kualitas Kampas Rem Tromol Mobil Dengan Metode Oghosi. *Jurnal Matematika* Vol. 19, No.1, hlm. 8 -12.
- [7] Santoso, S., Estriyanto, Y., Wijayanto, D.S., (2013). Studi Pemanfaatan Campuran Serbuk Tempurung Kelapa-Aluminium Sebagai Material Alternatif Kampas Rem Sepeda Motor *Non-Asbestos*. Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan, FKIP, UNS.
- [8] Supriyanto, Bambang W. Febriantoko. (2016). Pengujian Performa Kampas Rem Non Asbes Variasi Calcium Carbonate dengan Perekat Phenolic Resin . Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [9] Syawaluddin, Hindarto. N, Marwoto. P, & Rustad. S. (2009). Pembuatan Bahan Gesek Kampas Rem Menggunakan Serbuk Tempurung Kelapa sebagai Pemodelifikasi Gesek. *Jurnal Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. Universitas Negeri Semarang.
- [10] Sutikno. (2008). Pengaruh Komposisi Serbuk Tempurung Kelapa terhadap Sifat-Sifat Fisik dan Mekanik Bahan Gesek Non Asbes untuk Aplikasi Kampas Rem Sepeda Motor. *Jurnal Ilmiah Populer dan Teknologi Terapan*, Vol. 6, No. 2, hlm: 893-904
- [11] Wahyudi, Tri. (2010). *Pembuatan dan Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Kampas Rem dengan Bahan Dasar Serbuk Al, Arang Tempurung Kelapa dengan Matriks Epoxy*. Surakarta : Laporan Tugas Akhir Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.

EFFECT OF WELDING CURRENT ON MECHANICAL PROPERTIES OF ALUMINUM ALLOYS IN DISSIMILAR JOINT BY GTAW PROCESS

Riswanda¹⁾, Sugianto²⁾

¹⁾Dosen Politeknik Negeri Bandung Jurusan Teknik Mesin Program Studi TPKM

²⁾Dosen Politeknik Negeri Bandung Jurusan Teknik Mesin Program Studi Aeronautika

Email: ¹⁾riswanda@polban.ac.id

Abstract

Welding technique is one of the process connection metal in the manufacturing industry. Aluminum alloys have several advantages including: light, good electrical and corrosion resistant properties. Welding application of dissimilar aluminum alloys with the 5083 and 6061-T6 series such as building structures, bridges, railroad frames, ships and oil platforms. The joining of dissimilar aluminum alloys by welding technique is difficult because the metal has different thermophysical properties. The study aimed of this research to analyze the mechanical properties of variation welding current on joint area GTAW. Visual observation shows that the joint specimen with the low current (100 A) has low penetration in welding groove, whereas at the high current (140 A) undercut occurs on the side of the weld seam, there are spatter and deposits (excessive added material). The hardness test with the current 120 A shows the regular distribution and has the highest tensile test of 201 MPa.

Keywords : *Welding current, dissimilar, GTAW, aluminum alloys.*

1. Pendahuluan

Aluminium secara umum merupakan material atau logam yang banyak digunakan di dunia industri manufaktur. Paduan aluminium merupakan logam yang memiliki keunggulan sehingga banyak digunakan di bidang teknik. Keunggulan paduan aluminium dibandingkan dengan logam lain antara lain: ringan, mempunyai sifat konduktivitas listrik yang baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi [1]. Paduan aluminium juga banyak digunakan di bidang industri permesinan serta struktur, karena mempunyai kelebihan-kelebihan antara lain: kekuatan tarik relatif tinggi, sifat mekaniknya dapat ditingkatkan dengan pengerjaan dingin atau perlakuan panas, sifat mampu bentuk (*formability*) yang baik, serta mempunyai sifat mampu las (*weldability*) yang bervariasi tergantung pada jenis paduannya [2,3].

Proses GTAW (*gas tungsten arc welding*) atau TIG (*tungsten inert gas*) salah satu proses pengelasan yang banyak digunakan pada logam aluminium dan paduannya. Gas mulia seperti argon dan helium digunakan pada proses GTAW untuk melindungi dan mencegah oksigen dan hidrogen masuk ke daerah lasan. Pertimbangan menggunakan proses GTAW pada pengelasan aluminium dan paduannya didasarkan pada: penetrasi atau penembusan ke dalam alur atau celah las dapat diatur, sehingga kualitas dan mutu las dapat meningkat baik untuk pelat tipis maupun pelat tebal [4].

Namun demikian proses GTAW untuk material aluminium dan paduannya masih sering dijumpai cacat las yang mengakibatkan penurunan sifat mekanik seperti kekerasan dan kekuatan tarik di daerah lasan. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi atau menurunkan sifat mekanik hasil pengelasan antara lain: kemampuan operator (*welder*), serta penentuan parameter diantaranya welding current. Pada penelitian ini aluminium paduan tak sejenis (*dissimilar*) seri 5083 dan seri 6061-T6 sebagai weld metal dengan bahan tambah (*filler*) ER-

5356. Aplikasi sambungan las aluminium paduan tak sejenis (*dissimilar*) seri 5083 dan 6061-T6 antara lain: struktur bangunan, jembatan, rangka kereta api, kapal laut serta oil-platform .

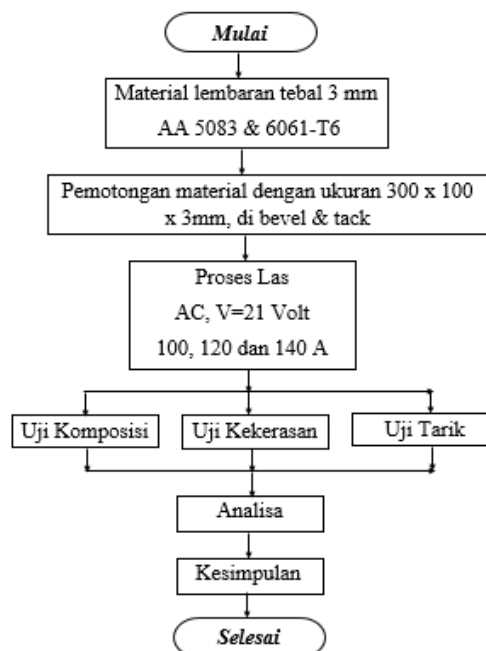
Proses pengelasan logam dissimilar perlu perhatian khusus karena perbedaan metalurgi logam las yang bisa berdampak atau kendala yang beragam. Perbedaan metalurgi logam las akan terjadi pada daerah HAZ (*heat affected zone*) dan daerah WM (*weld metal*). Paduan aluminium seri 5083 dan seri 6061 mempunyai sifat yang jauh berbeda antara lain (AA5083) tidak dapat dilakukan perlakuan panas, sedangkan AA6061 dapat diproses perlakuan panas, [6,7,8]. Aluminium paduan seri 6061-T6 kecenderungan terjadinya retak panas (sulit di proses las), sedangkan seri 5083 relatif lebih mudah di proses las [5].

Kualitas hasil las yang memenuhi persyaratan akan ditentukan oleh parameter las diantaranya ketepatan memilih variasi welding current sesuai dengan bahan yang dilas serta kemampuan mesin las yang digunakan. Variasi welding current yang dipilih pada penelitian ini antara lain 100, 120, dan 140 A, diharapkan dengan variasi tersebut akan mendapatkan hasil yang optimal. Kajian dan pengamatan hasil proses GTAW bahan aluminium yang berbeda dalam hal ini daerah lasan akan dilakukan uji kekerasan dan uji kekuatan tarik guna melihat sejauh mana perubahan sifat mekanik antara logam induk (*base metal*) dan logam las (*weld metal*). Hasil kajian yang didapat diharapkan dapat diimplementasikan oleh kalangan pengguna dan sekaligus menghasilkan solusi alternatif [6,7,8].

2. Metodologi Penelitian

Flow Chart Diagram

Gambar 1, menunjukan diagram alir proses penelitian yang dilakukan



Gambar 1. Diagram alir

Material

Pemilihan material dalam penelitian ini didasarkan pada aplikasi atau kebutuhan serta keinginan peneliti terhadap hasil proses GTAW pada bahan yang berbeda (*dissimilar aluminium alloy*) yaitu aluminium paduan seri 5083 dan seri 6061-T6 dengan bahan pengisi (*filler*) ER-5356 diameter 3mm.

Proses Pengelasan

Data proses GTAW pada penelitian ini antara lain diameter tungsten (*tungsten electrode*) 2,4 mm, gas pelindung yang digunakan argon murni sedangkan parameter proses ditunjukkan pada Tabel 1.

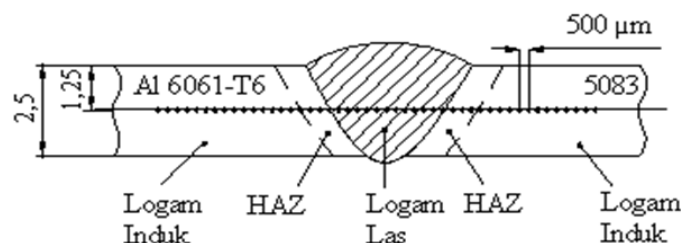
Tabel 1. Parameter las

Parameter Las			
Jenis Arus AC		Welding Speed (mm/min)	Heat Input (kJ/mm)
Voltage (V)	Ampere (A)		
21	100	115	1,095
	120	125	1,209
	140	135	1,306

Uji Kekerasan

Uji mikro vickers dilakukan untuk mengetahui sebaran atau distribusi kekerasan baik pada base metal maupun di daerah terpengaruh panas atau HAZ (*heat affected zone*) dan di daerah las (*weld metal*). Daerah HAZ pengujian dilakukan dua sisi arah base metal antara lain: sisi arah seri 5083 dan sisi arah seri 6061-T6. Beban uji mikro vickers yang digunakan adalah 100 gr sedangkan jarak antara titik ke titik 500 un (0,5mm). Skematik uji mikro vickers posisi dan jarak uji ditunjukkan pada Gambar 2. Nilai kekerasan hasil uji mikro vickers dihitung dengan persamaan 1.

$$VHN = \frac{2.P.\sin(\theta/2)}{d^2} = 1,854 \frac{P}{d^2} \left(\frac{kg}{mm^2} \right) \dots\dots\dots 1)$$



Gambar 2. Posisi dan jarak pengambilan data

Uji Tarik

Spesimen uji tarik dibuat melintang terhadap arah proses pengelasan dengan standar JIS non – ferrous metal (Z.2201) ditunjukkan pada Gambar 3 [9]. Uji tarik dilakukan guna mengetahui seberapa jauh penurunan kekuatan tarik antara logam induk (*base metal*) jika dibandingkan dengan material setelah di proses las. Hasil uji tarik dalam bentuk data selanjutnya diolah sesuai dengan persamaan baku seperti terlihat pada persamaan 2 dan 3. Persamaan 2 adalah untuk mendapatkan nilai tegangan tarik, sedangkan persamaan 3 untuk menunjukkan regangan atau perpanjangan yang terjadi setelah putus [10].

Tegangan Teknik (*Engineering Stress*):

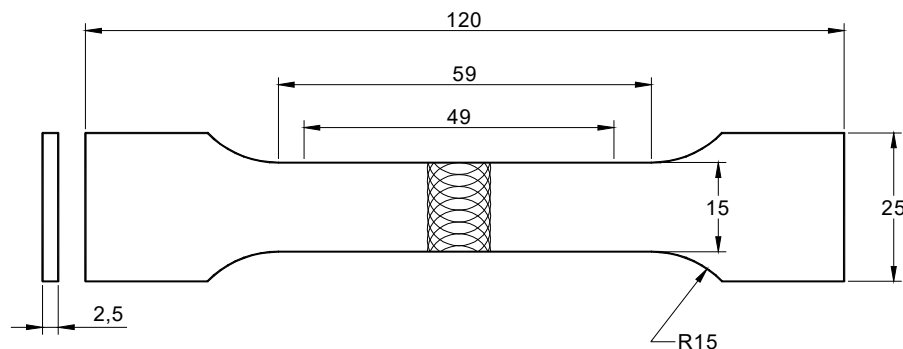
$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots 2)$$

Regangan Teknik (*Engineering Strain*):

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots 3)$$

dimana :

σ = Tegangan tarik (MPa), ε = Regangan (%), F = Beban (N), A_0 = Luas penampang mula-mula (mm²), L_0 = Panjang spesimen mula-mula (mm) dan L = Panjang setelah pengujian (mm)



Gambar 3. Spesimen uji tarik satandar JIS Z.2201

3. Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi Material

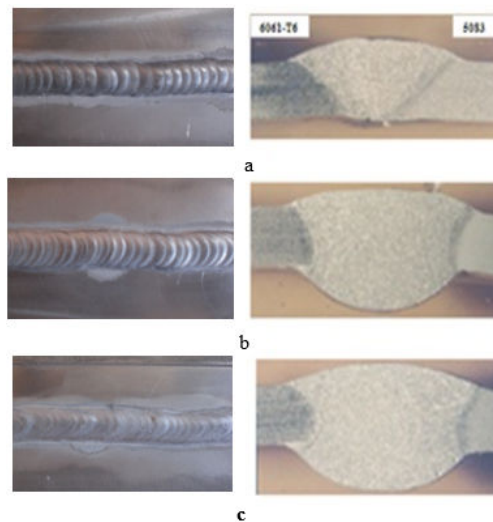
Tabel 2 menunjukan hasil spektrometer untuk mengetahui komposisi unsur kimia pada masing-masing benda uji. Uji komposisi pada logan induk dilakukan untuk memastikan bahan yang dipakai sesuai dengan rencana.

Tabel 2. Hasil uji spektrometer

Material	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Cr
6061-T6	0,769	0,366	0,073	0,088	1,11	0,013	0,024	0,277
5083	1,17	0,333	0,094	0,465	4,800	0.061	0,020	0,121
Logam las	0,45	0,304	0,05	0,285	3,55	0.021	0,025	0,131

Analisa visual dan makro struktur

Gambar 4, menunjukan hasil proses las dan makro struktur. Bagian face adalah tampak muka hasil proses GTAW yang secara kasat mata bisa dianalisa dari bentuk manik-manik las. Makro struktur adalah bentuk spesimen uji yang diambil dari foto makro dari potongan melintang arah proses las (penampang las), untuk melihat hasil tembusan (*penetration*) dan cacat bagian dalam hasil pengelasan. Bentuk manik-manik las secara visual dibagian face nampak berbeda dari masing-masing parameter. Pada welding curent 100 A manik-manik (bentuk permukaan) las cenderung kasar. Hal ini terjadi karena fusi (pembakaran) yang kurang sempurna, sedangkan pada welding curent 140 A menghasilkan manik-manik kurang nampak dan terjadi *undercut* pada sisi kampuh las. Ini terjadi karena welding curent yang terlalu besar. Secara visual bentuk manik-manik yang paling halus terjadi pada arus 120A. Hasil foto makro pada Gambar 3a tidak terjadi penembusan pada akar las (*unpenetration*), sedangkan pada Gambar 3c kampuh las melebar dan penambahan bahan tambah yang berlebihan. Hasil pengelasan pada welding curent 120 A menunjukan deposit atau penambahan bahan pengisi pada alur las cukup baik seperti pada Gambar 3b.

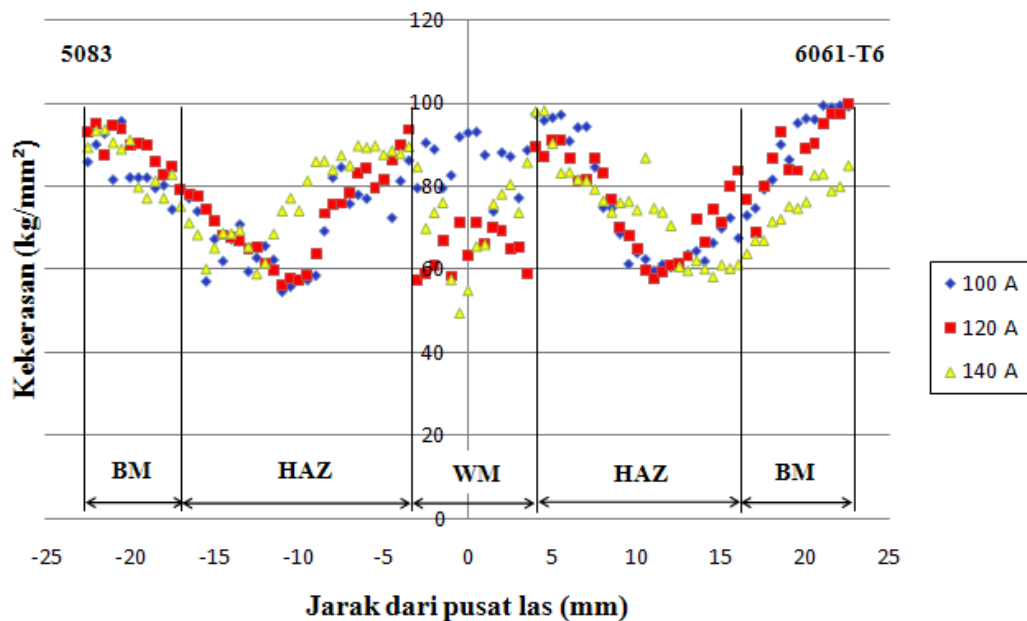


Gambar 4. Hasil proses las dan makro struktur

Analisa hasil uji kekerasan

Garfik hasil uji kekerasan diambil dari pusat lasan menuju logam induk seperti diperlihatkan pada Gambar 5. Pengambilan data dari dua sisi mengingat seri logam yang berbeda (AA 5083 dan AA 6061-T6) dengan tujuan dapat menganalisa dan membandingkan distribusi kekerasan dari masing-masing area lasan. Perbedaan sebaran atau distribusi terlihat acak di dua sisi daerah HAZ (*heat affected zone*) (HAZ seri 6061-T6 maupun HAZ seri 5083). Hal tersebut akibat dari sifat metalurgi logam yang berbeda. Daerah HAZ seri 6061-T6 arah fusion line (batas weld metal dan HAZ) cenderung tinggi terutama di welding current 100 A. Hal tersebut terjadi karena aluminium paduan seri 6061-T6 bersifat (*heatreatable*)

dapat diproses perlakuan panas. Distribusi kekerasan daerah lasan terlihat acak disemua parameter, hal tersebut akibat heat input yang terjadi saat proses sehingga di daerah tersebut mengalami peroses pencairan (melting poin) dan diikuti dengan proses pemadatan (solidification). Kekerasan dibagian tengah (daerah las) untuk semua welding current secara umum lebih tinggi dibanding daerah HAZ akan tetapi masih lebih rendah jika dibandingkan dengan logam induknya. Khusus untuk welding curent 120 A dan 140 A, daerah pusat las mengalami pelunakan. Pelunakan juga terjadi pada bagian HAZ untuk kedua bahan.



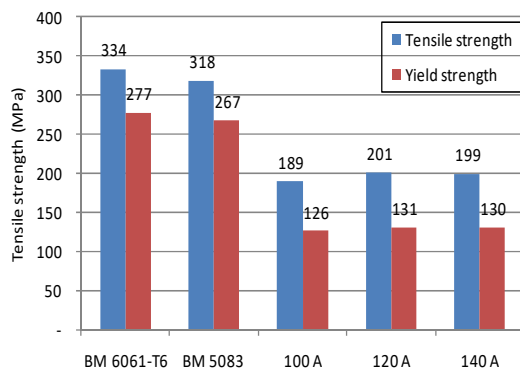
Gambar 5. Hasil uji kekerasan

Analisa hasil uji kekuatan tarik

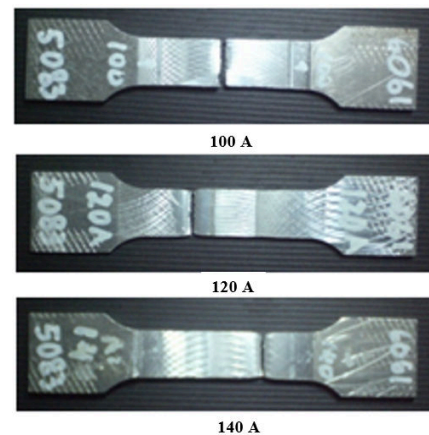
Pengujian tarik dilakukan dengan 3 spesimen masing-masing welding current termasuk logam induknya (*weld metal*). Spesimen uji tarik menggunakan standard standar JIS Z2201. Tabel 3 memperlihatkan perbedaan data hasil uji tarik dari masing-masing welding current. Nilai hasil uji kekuatan tarik diambil rata-rata dari masing-masing parameter seperti pada grafik Gambar 6. Nilai kekuatan tarik tertinggi (201 Mpa) terdapat pada welding current 120 A, dan nilai kekuatan tarik terendah (189 Mpa) terdapat pada parameter (welding current) 100 A. Gambar 7, menunjukan posisi patahan hasil uji tarik. Spesimen dengan welding curent 100 A terjadi patah pada logam las (*weld metal*) bentuk patahan getas dan terdapat porositi. Hal ini terjadi karena kurangnya fusi serta penetrasi logam pengisi kedalam alur las tidak sempurna. Spesimen uji pada welding curent 120 A patahan terjadi di daerah HAZ Al 5083, sedangkan untuk spesimen uji dengan welding curent 140 A patah pada daerah HAZ Al 6061-T6. Hasil pengujian tarik ini menunjukkan konsistensi terhadap hasil uji kekerasan.

Tabel 3. Hasil uji tarik

No	Hasil Pengujian	Spesimen	Dimensi						Hasil Perhitungan				Rata-rata	
			Lo	L1	Wo	t	ΔL	Ao	F _{max}	ε	σ _{max}	σ _{y max}	σ _{max}	σ _{y max}
			(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(N)	(%)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)
LOGAM INDUK (BASE METAL) 6061-T6														
1	31,9%	1	49	60,2	15	2,5	11,2	37,5	12517,6	22,86	333,8	278,2	333,8	277,0
2	31,9%	2	49	59,2	15	2,5	10,2	37,5	12517,6	20,82	333,8	276,4		
3	31,9%	3	49	58,8	15	2,5	9,8	37,5	12517,6	20,00	333,8	276,4		
LOGAM INDUK (BASE METAL) 5083														
1	30,1%	1	49	57,5	15	2,5	8,5	37,5	11811,2	17,35	315,0	265,8	318,5	267,2
2	30,0%	2	49	57,3	15	2,5	8,3	37,5	12007,4	16,94	320,2	271,5		
3	30,0%	3	49	57,1	15	2,5	8,1	37,5	12007,4	16,53	320,2	264,3		
100 Amper														
1	15,0%	1	49	49,5	15	2,4	0,5	36	5886,0	1,02	163,5	125,4	188,9	125,9
2	18,8%	2	49	53,2	15	2,4	4,2	36	7377,1	8,57	204,9	125,7		
3	18,2%	3	49	52,8	15	2,4	3,8	36	7141,7	7,76	198,4	126,7		
120 Amper														
1	17,8%	1	49	53,6	15	2,4	4,6	36	6984,7	9,39	194,0	123,5	201,3	130,5
2	18,5%	2	49	53,8	15	2,4	4,8	36	7259,4	9,80	201,7	127,4		
3	19,1%	3	49	54,3	15	2,4	5,3	36	7494,8	10,82	208,2	140,5		
140 Amper														
1	17,7%	1	49	53,3	15	2,4	4,3	36	6945,5	8,78	192,9	125,1	199,5	130,1
2	18,0%	2	49	53,7	15	2,4	4,7	36	7302,6	9,59	202,8	128,1		
3	18,0%	3	49	53,6	15	2,4	4,6	36	7298,6	9,39	202,7	137,0		



Gambar 6. Grafik kekuatan tarik



Gambar 7. Posisi patahan hasil uji tarik

4. Kesimpulan

Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut antara lain:

1. Pengamatan visual dan foto makro menunjukkan bahwa hasil pengelasan spesimen dengan welding current kecil (100A) penembusan (*penetration*) logam pengisi kedalam alur las kurang, sedangkan pada welding current besar (140A) terjadinya percikan busur (*spatter*) dan pelelehan yang berlebihan serta terjadi *undercut*.
2. Welding curent 100 A, pada logam las terjadi peningkatan kekerasan yang relatif tinggi tetapi kekuatan tariknya rendah. Hal ini dikarenakan kurangnya fusi, penetrasi pada alur las tidak sempurna serta indikasi adanya porositi sehingga patah getas terjadi pada logam las.
3. Pada welding curent 120 A, terjadi pelunakan pada daerah HAZ logam induk Al 5083, sedangkan pada arus 140 A pelunakan terjadi di bagian HAZ Al 6061-T6. Hal

tersebut karena sifat metalurgi kedua aluminium paduan tersebut berbeda. Hasil uji kekuatan tarik juga menunjukkan konsistensi terhadap uji kekerasan yaitu masing-masing patahan terjadi pada daerah yang lunak.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini di biayai oleh Politeknik Negeri Bandung dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Terapan Nomor 351.6/PL1.R7/LT/2019. Oleh sebab itu diucapkan terimakasih ditujukan kepada pihak-pihak yang membantu selesainya penelitian ini yaitu:

- Jajaran Manajemen Politeknik Negeri Bandung
- Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Politeknik Negeri Bandung
- Para Reviewer Penelitian Internal Politeknik Negeri Bandung
- Para rekan sejawat di Jurusan Teknik Mesin-Politeknik Negeri Bandung

Daftar Pustaka

- [1] Vijay, S., Rajanarayanan, S., & Ganeshan, G. N. (2019). Analysis on mechanical properties of gas tungsten arc welded dissimilar aluminium alloy (Al2024 & Al6063). *Materials Today: Proceedings*.
- [2] Gejendhiran S dkk.(2014).A Study of Welding Parameters on Mechanicak Properties of Gas Metal Arc Welding and Gas Tungsten Arc Welding:A Review. *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*, E-ISSN2249-8974
- [3] R Ahmad. (2018).The Effect of Aging Time on Mechanical and Microstructure Properties of Aa6061 Joint Welded by Gas Tungsten Arc Welding. *Joj Material Sci 4* (5) JOJMS ID 555646
- [4] Arun, M., & Ramachandran, K. (2015). Effect of welding process on mechanical and metallurgical properties of AA6061 aluminium alloy lap joint. *International Journal of Mechanical Engineering and Research*, 5, 162-178.
- [5] Balasubramanian, K., Balaji, N., & Rajesh, E. K. Mechanical Properties of Aluminum 6063 Alloy Joined by Tungsten Inert Gas Welding and Friction Stir Welding Methods.
- [6] Vijay Mohan Shetty, dkk. (2018). Optimizatio and Evaluation of Ageing Parameter on Mechanical Properties of AA 6061 and AA 5154 Welding Joint Using Taguchi Method. *International Journal of Egeineering Sciences & Research Technology*, ICTM Value: 3.00 CODEN: IJESS7
- [7] Patil, P. C., & Shelke, R. D. (2015). Review on welding parameter effects on TIG welding of aluminium alloy. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 3(3), 1479-1486.
- [8] Riswanda, R., & Ilman, M. N. (2012, July). Studi Komparasi Sambungan Las Dissimilar AA5083-AA6061-T6 Antara TIG dan FSW. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 3, pp. 75-79).
- [9] JIS. (1973). *Non Ferrous Metal*.Japanese International Standar.
- [10] Kou, S. (2003). *Welding Metallurgy*. 2 ed., John Wiley & Sons, Inc., Canada.

TENSILE STRENGTH OF ROUND BAR A 6061 FRICTION WELD JOINT INFLUENCED BY CHANGES ROOM TEMPERATURE

Muhammad Ikram Kido¹⁾, Sugiarto²⁾, Djarot B. Darmadi³⁾

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang,
Jl. Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia.
Email: ¹Ikram.kido@gmail.com.

Abstract

Aluminum alloy is non-Ferro material that very difficult to amalgamate using fusion welding, so it requires friction method. Friction welding is process for connecting metals without melting (solid state process), Process merging between the rotating speeds of material forces cause heat friction and at somepoint can be able to melt the materials and melting process occurs. The study aim is to determine tensile strength results from friction weld joints due to changes in ambient temperature of room. Material test is Aluminum A6061. Friction welding uses a lathe with rotation speed of 1600 rpm. The length size of material is 80 mm and 120 mm, diameter 15 mm, Champer angle 15°, 65 bar friction force for 60 seconds, final compressive force 375 bar for 60 seconds and variations in ambient temperature namely room temperature (T_0), 125 °C, 150 °C. The A 6061 joint produces the highest tensile strength at temperature 150 °C (188 MPa).

Keywords : Friction Welding, Tensile Strength, and Aluminum A6061

1. Pendahuluan

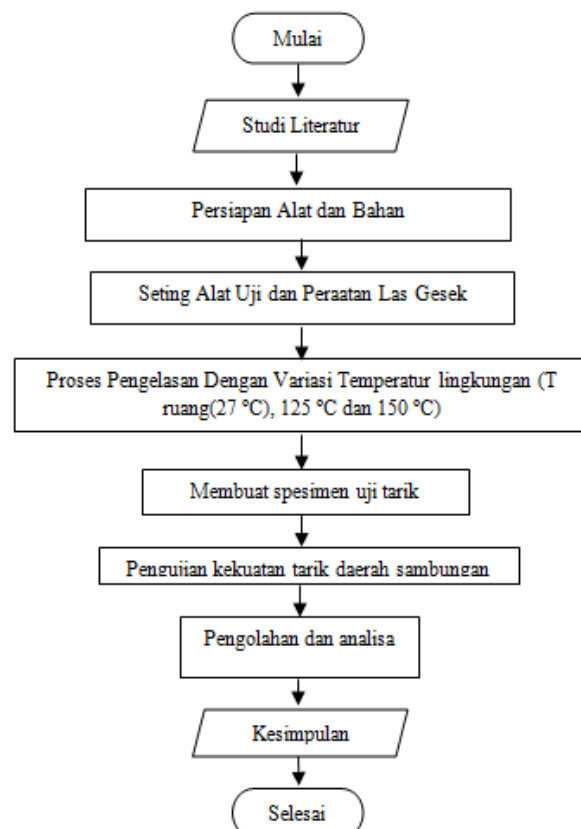
Paduan aluminium A6061 adalah paduan aluminium yang mengandung paduan magnesium (Mg) dan silikon (Si). Jenis paduan aluminium ini ditemukan dalam berbagai aplikasi, khususnya pada bagian sambungan seperti pada komponen mesin, kapal laut, struktur pesawat terbang, kendaraan berat dan transportasi kereta api[1]. Hal ini karena sifat-sifatnya yang memiliki kekuatan tarik sedang, kemampuan pembentukan yang baik, kemampuan las yang baik dan ketahanan korosi yang baik[2]. Dalam perancangan suatu struktur pada komponen mesin, sering kali diperlukan sebuah proses penyambungan misalnya dengan pengelasan. Pengelasan merupakan kegiatan penyambungan dua buah logam dengan memanfaatkan sumber energi panas seperti energi gesekan, energi impuls, dan lain-lain [2]. Berbagai Metode dalam proses pengelasan diantaranya pengelasan fusi dan pengelasan gesek (*friction welding*) [4]. Proses pengelasan fusi biasanya masih sering dilakukan pada komponen mesin, hanya saja kekurangan dari las fusi sulit diterapkan pada paduan aluminium, karena cenderung menghasilkan cacat porositas dan retak selama solidifikasi [5]. Sehingga pengelasan gesek (*Friction welding*) menjadi solusi untuk memecahkan permasalahan penyambungan logam yang sulit dilakukan dengan pengelasan cair (*fusion welding*) karena suhu proses tetap dibawah titik lebur, bahan yang dilas, (*solid state process*), maka tidak memerlukan logam pengisi (*filler metal*), flux dan gas pelindung[6][7]. Sedangkan parameter proses yang penting dalam las gesek adalah waktu gesekan, tekanan gesekan, waktu tempa, kecepatan putar dan parameter lainnya adalah geometri permukaan kontak, diameter permukaan kontak dan kekasaran permukaan kontak. [7][2].

Irawan Y.S dkk, melakukan penelitian mengenai kekuatan puntir pada pengelasan gesek AA6061 yang dipengaruhi waktu gesek, tekanan tempa dan *champer* satu sisi pengaruh, hasil yang diperoleh rasio yang lebih kecil dari diameter area gesekan dan diameter spesimen ($D1 / D2$) dan waktu gesekan yang lebih pendek menghasilkan kekuatan torsi yang

lebih tinggi dari sambungan las gesek pada gaya upset rendah, namun gaya tekan akhir yang tinggi memberikan efek yang lebih besar dalam meningkatkan kekuatan torsi sambungan las gesek dan mengurangi efek geometri kerucut satu sisi karena waktu gesekan yang lebih lama[2]. Selanjutnya Irawan Y.S dkk, meneliti tentang pengaruh kekasaran permukaan dan sudut champer pada pengelasan gesek *continuous drive* aluminium AA 6061, hasil yang didapatkan adalah semakin kecilnya kekasaran permukaan dan semakin kecilnya sudut champer akan menghasilkan kekuatan tarik yang tinggi dan persentase porositas yang minimum, karena area panas (heat input) yang dihasilkan kecil[8]. M. Abdullah F.A dkk, meneliti tentang pengaruh tekanan tempa (*upset force*) dan waktu penahan (*holding time*) pada pengelasan Aluminium 6061 dimana hasil yang didapatkan yaitu kekuatan tarik maksimum dari A 6061 sambungan CFDW ditemukan di spesimen dengan tekanan tempa (*Upset Force*) yakni 120 mpa dan waktu penahanan (*Holding Time*) yakni 20 detik[9]. Selanjutnya Andrzej Ambroziak, melakukan pengelasan gesek aluminium dengan aluminium paduan dan hasilnya adalah waktu yang lama dapat menyebabkan pembentukan fase intermetalik yang cenderung menyebabkan kerapuhan sambungan [10]. Dari beberapa penelitian sebelumnya, belum ada penelitian yang mengetahui pengaruh dari perbedaan temperatur ruang (Lingkungan) dalam pengelasan gesek aluminium paduan A 6061 terhadap kekuatan tarik sehingga hal tersebut menarik untuk dikaji.

2. Metodologi Penelitian

Untuk memudahkan dalam penelitian, maka dibuatlah diagram alir penelitian seperti gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian Komposisi kimia Aluminium A 6061 menggunakan peralatan uji XRF (X-Ray Floresence). Paduan Aluminium A 6061 memiliki paduan utama Aluminum, magnesium

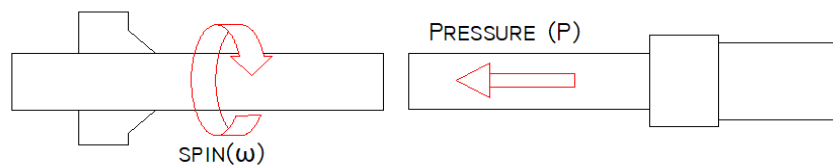
dan silikon. Tabel 1 menunjukkan komposisi kimia A6061 yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel. 1 Komposisi Kimia dari Aluminium A6061 (% berat)
Sumber: Laboratorium Sentral Universitas Negeri Malang

Al	96.3 %	Zn	0.173 %
Mg	0.71 %	Ni	0.02 %
Si	0.51 %	Ti	0.090 %
Fe	0.25 %	Ga	0.050 %
Mn	0.15 %	Ba	0.03 %
Cr	0.213 %	Yb	0.05 %

2.2 Energi termal yang dibangkitkan pada proses penggesekan

Besarnya masukan panas (q) pada las gesek sangat dipengaruhi oleh luas kontak antar permukaan (Ωa), radius penampang melintang benda kerja (r), kecepatan putaran (ω), tekanan benda kerja satu relative terhadap benda kerja yang berputar (P), koefisien gesek dari material (μ) dan temperature (T). Besarnya masukan panas tersebut dirumuskan oleh sebagai berikut:



Gambar 2. Model skematis pada proses *friction welding*.

Sumber : Shubhavardhan, 2012, Hal.203

$$E = E_1 + E_2$$

E_1 = Energi untuk menaikkan temperatur menuju ke temperatur mendekati cair (*Solid state*)

E_2 = Energi yang dibutuhkan untuk terjadinya pelunakan atau energi yang dihasilkan dari proses mekanik (Torsi)

Temperatur pemanasan *interface* dua komponen dapat didekati dengan persamaan [10]:

$$E_1' = m \, c_p \, \Delta T$$

$$E_1' = m \, c_p \, (T_1 - T_0)$$

Dimana : E_1' = energi panas (J)

m = Massa yang akan dipanaskan (kg)

c_p = Panas spesifik material (J/Kg.°K)

T_1 = Temperatur yang dihasilkan dari gesek (°K)

T_0 = Temperatur ruang (°K)

Dan

$$E_2' = m \, L$$

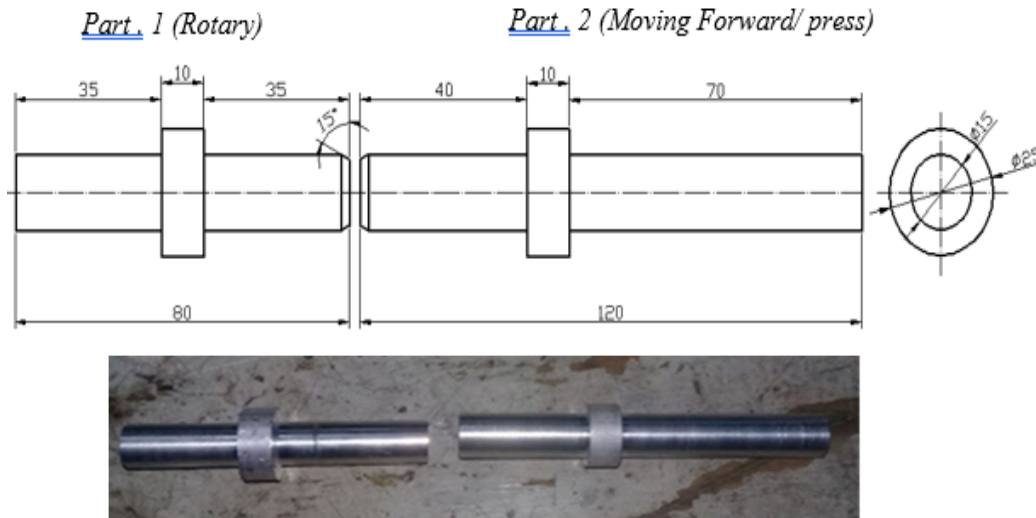
Dimana : E_2' = energi untuk perubahan fase dari padat ke cair yang besarnya sebanding dengan Tekanan dikali dL

m = massa yang akan dipanaskan (kg)

L = kalor laten

2.3 Pembuatan Bahan Uji

Pembuatan Bahan dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya. Bahan uji aluminium A 6061 dipotong menggunakan mesin gergaji (*hacksaw*) dengan media pendingin air sebagai pendingin untuk menyiapkan spesimen. Kemudian dimensi bahan diproses dalam pengerjaan menggunakan mesin bubut, pada diameter Ø15 mm, panjang 80 mm dan 120 mm dengan sudut champer 15° kedua sisi permukaan, bentuk bahan uji seperti pada Gambar 1.



Gambar 3. Dimensi Benda Uji Aluminium A 6061

(Sumber : Laboratorium Proses Produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya)

2.4 Mesin Las gesek dan Alat Kontrol Temperatur Ruang

Mesin las gesek yang digunakan merupakan mesin bubut (Gambar 2). Dengan parameter gesekan yakni Kecepatan Putaran 1600 rpm, tekanan gesek 65 bar selama 6 detik, gaya tekan akhir 375 bar selama 60 detik dan variasi temperatur lingkungan yakni temperatur ruang (27°C), 125°C, 150°C dengan Alat Pemanas Udara (*Heater*)



Gambar 4. Mesin Las Gesek (Mesin Bubut)

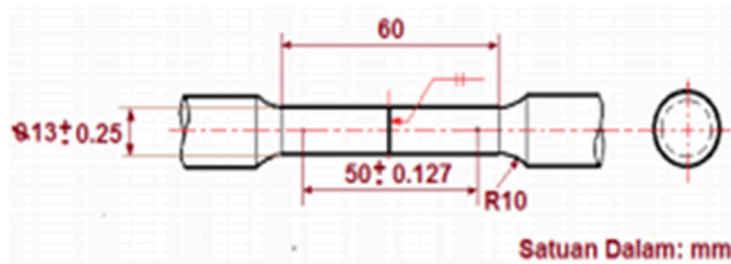
(Sumber: Laboratorium Proses Produksi Universitas Brawijaya)

Dalam proses *friction welding*, bagian spesimen yang berputar diatur dalam chuck pada *headstock* mesin bubut. Bagian stasioner dari spesimen dipasang pada *tailstock* mesin bubut yang terhubung ke silinder hidrolik dengan kapasitas 700 bar. Sebelum memulai proses pengelasan gesek, kedua permukaan gesekan dibersihkan menggunakan cairan aseton. Kecepatan rotasi spesimen yang diputar adalah 1600 rpm, kemudian mengatur temperatur

lingkungan yang divariasikan (T_0) = 27 °C, 125 °C dan 150 °C) pada alat kontrol temperatur, kemudian bagian stasioner spesimen bergerak ke spesimen yang berputar dengan menerapkan gaya tekan 65 bar untuk waktu gesekan 6 detik. Setelah waktu gesekan dan suhu tercapai, mesin bubut dimatikan dan spesimen menghasilkan flash, dilanjutkan untuk menahan gaya tekan akhir 375 bar selama 60 detik dan kemudian didinginkan di udara.

2.5 Pengujian Las Gesek

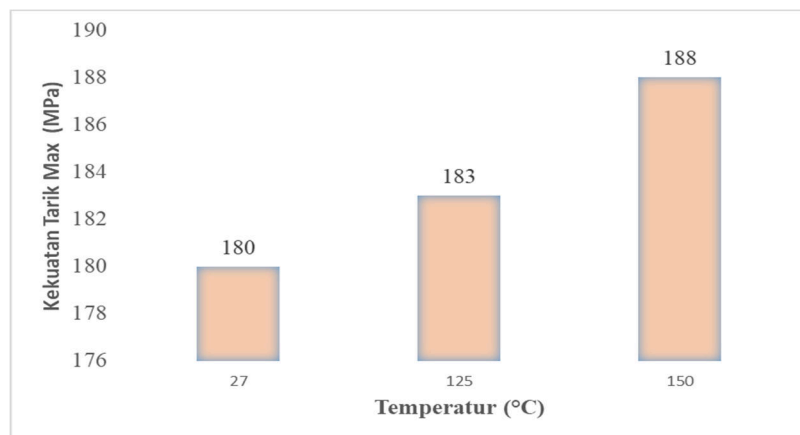
Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik untuk mendapatkan kekuatan pada sambungan las gesek. Standar pengujian tarik menurut *American Welding Standard* (AWS) B4, 2016.



Gambar 5. Dimensi Standar Spesimen Uji Tarik
(Sumber. AWS B4, 2016, Hal.5)

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut ini merupakan hasil pengujian tarik pada hasil lasan Aluminium A 6061 dengan variasi suhu yakni (suhu ruang yakni 27 °C tanpa perlakuan), 125 °C dan 150 °C (perlakuan dengan udara panas).

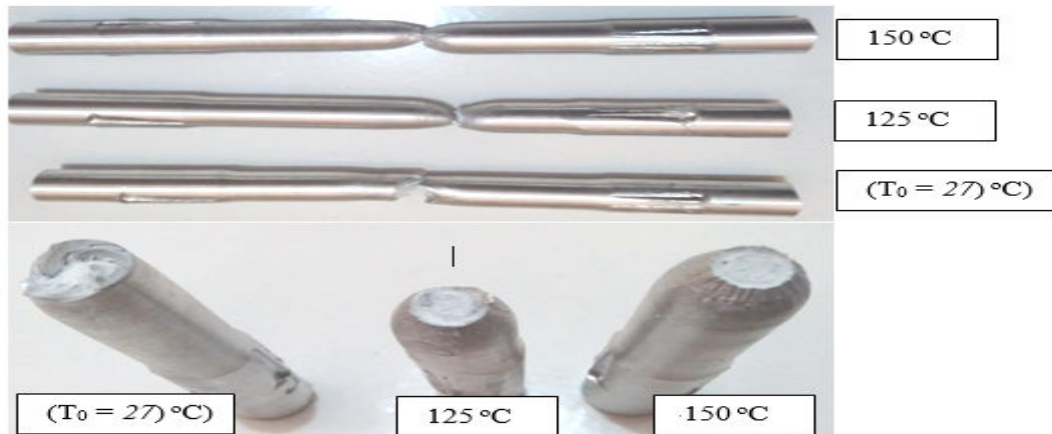


Gambar 6. Grafik Uji Tarik Aluminium A 6061

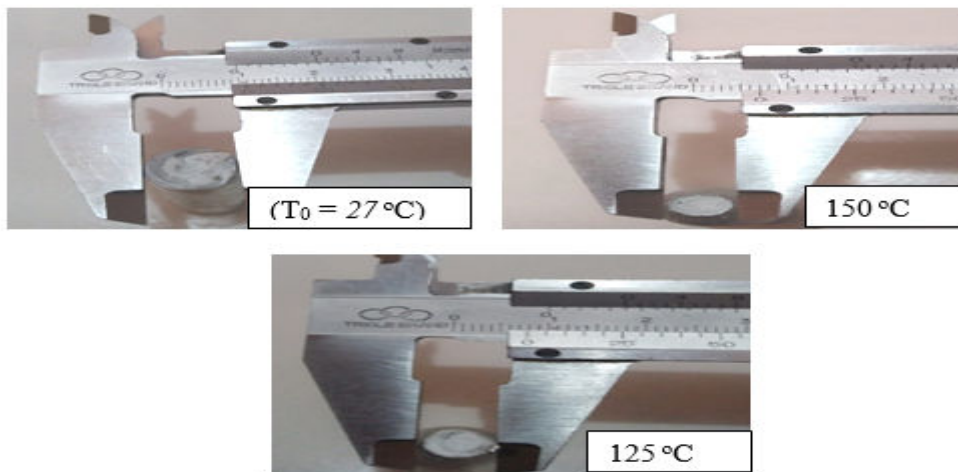
Dari Gambar 6. terlihat bahwa terjadi peningkatan nilai kekuatan tarik pada spesimen yang mengalami perlakuan dengan udara panas suhu 125°C dan 150°C. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya gesekan pada pengelasan menimbulkan deformasi baik dan proses termal. Dengan adanya masukan panas yang cukup tinggi tetapi tidak terlalu tinggi menjamin plastisitas material, Jika material tidak cukup panas maka arus pelunakan tidak akan optimal sehingga dimungkinkan akan terjadi cacat rongga pada pengelasan.[11]

Selain itu sambungan las gesek juga menghasilkan patahan yang bentuknya mengalami pengecilan diameter 8 mm pada suhu 125°C dan 7 mm pada suhu 150 °C.

Sedangkan patahan temperatur ruang (27°C) menghasilkan patahan dengan diameter lebih besar (11 mm) dari suhu 125°C dan 150°C seperti Gambar 5 dan Gambar 6 dibawah ini.



Gambar 7. Patahan Las gesek



Gambar 8. Diameter Patahan Las gesek

Gambar 7 dan gambar 8 menghasilkan perpatahan ulet pada ketiga temperatur (T ruang 27°C) pada suhu 125°C , 150°C). Hal ini disebabkan akibat beban statis (tegangan geser) yang diberikan pada material, namun apabila beban dihilangkan maka perambatan retak akan berhenti. Tanda – tanda patah ulet yaitu penyerapan energi disertai dengan deformasi plastis yang cukup besar disekitar patahan, akibatnya permukaan patahan secara kasat mata terlihat kasar, berbentuk serabut (fibrous), dan berwarna kelabu. Selain dari pengaruh pembebanan, pengaruh komposisi kimia material juga sangat berpengaruh terhadap bentuk patahan dan jenis patahannya [12].

Selain itu menurut [12][13] patah ulet juga memiliki ciri- ciri pada patahannya membentuk sudut 45° terhadap sumbu normal karena pengaruh tegangan geser yang maksimum atau dalam hal ini beban tarik yang bekerja menimbulkan tegangan sampai melebihi batas tegangan luluhnya, akibatnya pergerakan dislokasi hingga mencapai permukaan. Pergerakan dislokasi pada permukaan inilah yang dinamakan dengan deformasi plastis. Deformasi plastis yang lama kelamaan menyebabkan pertambahan panjang hingga spesimen bersifat tetap. Apabila besarnya tegangan diberikan lagi hingga mencapai titik *Ultimate*, maka spesimen mulai mengalami pengecilan setempat pada bagian tengahnya

(*necking*). *necking* terjadi karena deformasi plastis yang terjadi pada material tidak lagi homogen.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah disajikan, kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah (1) pengelasan gesek yang terjadi pada aluminium A 6061 menunjukkan perpatahan ulet. Hal ini ditunjukkan dengan pengecilan setempat pada bagian tengah spesimen atau mengalami fenomena *necking*. (2) perubahan temperatur ruang pada pengelasan gesek memberikan pengaruh hasil kekuatan tarik, dimana temperatur 150⁰ C memberikan nilai kekuatan tarik yang tinggi yaitu 188 MPa.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Pembimbing 1 yakni bapak Dr. Sugiarto, S.T, M.T dan pembimbing 2 yakni bapak Ir. Djarot B Darmadi, Phd atas bimbingan dan arahnya kepada saya (mahasiswa).

Daftar Pustaka

- [1] Bauccio, M. (Ed.). (1993). ASM metals reference book. ASM international.
- [2] Irawan, Y. S., Suprpto, W., & Oerbandono, T. (2017). Torsion Strength of Round Bar A6061 Friction Weld Joint Influenced by Friction Time, Upset Force and One-Side Cone Geometry. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*, 4(2), 78-84.
- [3] Taban, E., Gould, J. E., & Lippold, J. C. (2010). Dissimilar friction welding of 6061-T6 aluminum and AISI 1018 steel: Properties and microstructural characterization. *Materials & Design* (1980-2015), 31(5), 2305-2311.
- [4] Pah, J. C. A., Irawan, Y. S., & Suprpto, W. (2018). Pengaruh Waktu dan Tekanan Gesek terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Paduan Aluminium dan Baja Karbon pada Pengelasan Gesek Continuous Drive. *Rekayasa Mesin*, 9(1), 51-59.
- [5] Biradar, N. S., & Raman, R. (2012). Investigation of hot cracking behavior in transverse mechanically arc oscillated autogenous AA2014 T6 TIG welds. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 43(9), 3179-3191.
- [6] James, J. A., & Sudhish, R. (2016). Study on Effect of Interlayer in Friction Welding for Dissimilar Steels: SS 304 and AISI 1040. *Procedia Technology*, 25, 1191-1198.
- [7] Shubhavardhan, R. N., & Surendran, S. (2012). Friction welding to join dissimilar metals. *International journal of emerging technology and advanced engineering*, 2(7), 200-210.
- [8] Irawan, Y. S., Imawan, B., Soenoko, R., & Purnomo, H. (2016). Effect of surface roughness and chamfer angle on tensile strength of round aluminum A6061 produced by continuous drive friction welding. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(6), 1178-1185.
- [9] Abdulla, F. A. M., Irawan, Y. S., & Darmadi, D. B. (2018). Tensile Strength and Macro-microstructures of A6061 CDFW Weld Joint Influenced by Pressure and Holding Time in the Upset Stage. *Rekayasa Mesin*, 9(2), 149-154.
- [10] Ambroziak, A., Korzeniowski, M., Kustroń, P., Winnicki, M., Sokołowski, P., & Harapińska, E. (2014). Friction welding of aluminium and aluminium alloys with steel. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2014.
- [11] Tiwan, Aan Ardian. (2005). Penyambungan Baja Aisi 1040 Batang Silinder Pejal Dengan Friction Welding. *Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta*
- [12] Tarmizi, T., & Prayoga, B. (2016). Analisa Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Proses Friction Stir Welding Aluminium 5052. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 10(2),

105-118.

- [13] Callister, William D. (2013). Fundamentals Of Material Science and Engineering, 4th edition An Introduction. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- [14] Himawan, Citrakara Upendra S.B.K. (2016). Tensile Strength and Type of Fracture Differences On the Result Low carbon steel (ST 37) GMAW Welds due Normalizing process. Essay, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, State University of Malang.

DEFORMATION AND ENERGY ABSORPTION OF FIBER METAL LAMINATES (FMLs) AFTER BALLISTIC IMPACT LOAD

Muhammad Syaiful Fadly¹⁾, Anindito Purnowidodo²⁾, Putu Hadi Setyarini³⁾

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jl. Mayjend Haryono 167, Kota Malang, Jawa Timur

Email : ¹muhsyaifulfadly@gmail.com

Abstract

Estimated damage levels from ballistic impact zones provide valuable information to make bulletproof materials more effective. This study aims to determine the impact of ballistics including deformation and energy absorption in fiber metal laminates (FMLs) that collide with 9 mm FMJ caliber bullets at speeds of 426 m/s. Finite element method modeling is done using ANSYS 18.1 workbench software. The simulation results show that FMLs can hold the bullet rate with deformation on the back of the target (DOP_{III}) of 8,55 mm and total energy absorption of 426,59 J at 0,000095 s. The combination of two materials, Al 5083 in the outer layer and kevlar/epoxy as the core, results in faster energy absorption and maximum stress concentrations only occur in the kevlar/epoxy so there is no damage to the first and subsequent layers.

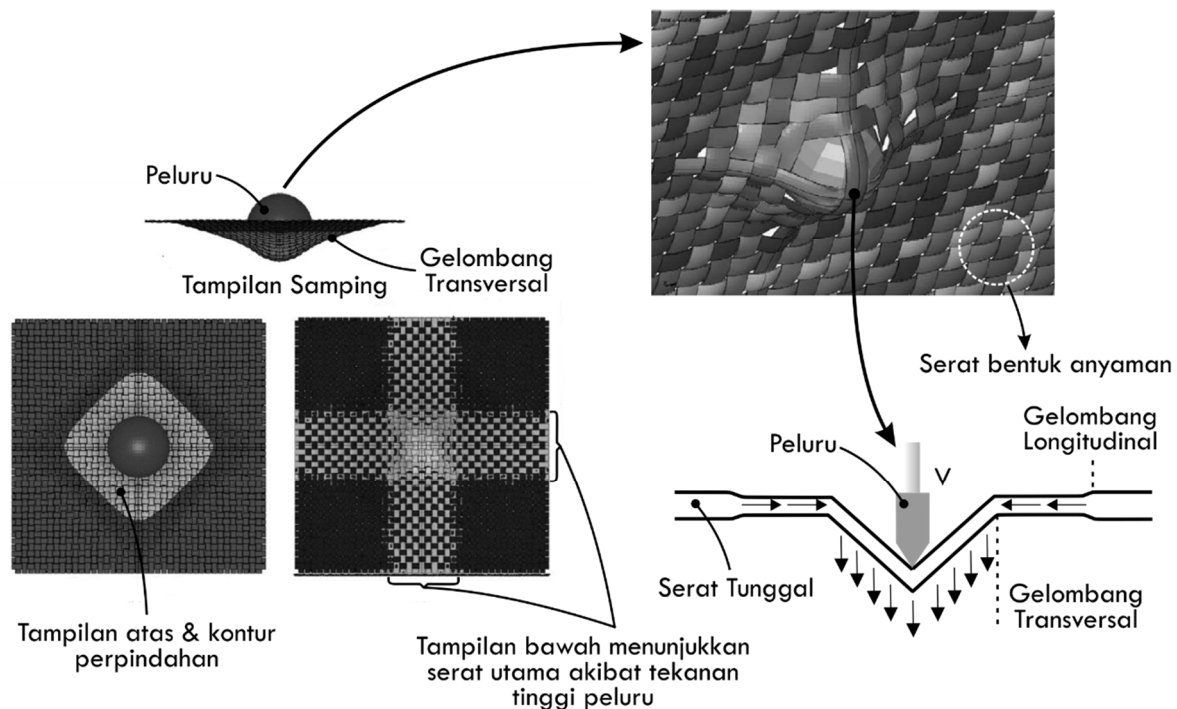
Keywords : Ballistic, 9 mm FMJ, fiber metal laminates (FMLs), Johnson-Cook plasticity, Orthotropic.

1. Pendahuluan

Investigasi perilaku dari bahan akibat beban balistik sangat penting ketika merancang material armor atau material tahan peluru yang lebih baik. Pengembangan bahan dan material tahan peluru adalah suatu bisnis yang sangat mahal, pengembangan material tahan peluru dengan simulasi numerik perlu dilakukan untuk mengurangi biaya dari proses eksperimen. Simulasi numerik juga digunakan untuk memahami fenomena penetrasi peluru pada target yang sulit atau bahkan tidak mungkin diperoleh dari hasil pengujian secara eksperimen.

Bahan yang biasanya digunakan dalam pembuatan rompi anti peluru adalah kain sintetis yang terbuat dari serat berkekuatan tinggi seperti kevlar (*aramid*), *spectra*, *twaron* dan *dyneema* [1]. Perkembangan teknologi senjata selama beberapa tahun terakhir terus meningkat dan semakin lebih canggih. Perkembangan tersebut menyebabkan performa dari perlengkapan perlindungan yang dibutuhkan juga menjadi lebih tinggi [2]. Serangkaian percobaan untuk mengetahui kinerja balistik plat logam monolitik dan berlapis-lapis akibat dampak oleh proyektil tumpul telah dilakukan Wei dkk [3]. Plat berlapis disusun dalam berbagai kombinasi yang ditembakkan dengan pistol gas. Hasil penelitian menunjukkan target berlapis dengan celah udara lebih besar memiliki ketahanan balistik lebih baik dibandingkan dengan celah udara kecil.

Serat kevlar (*aramid*) yang memiliki sifat kekuatan yang tinggi, peredam yang baik (*vibration damping*) ketika mengenai benturan dari peluru, maka energi kinetik dari peluru akan diredam dan didistribusikan ke penampang kevlar yang luas melalui sejumlah besar deformasi. Deformasi penekanan kearah dalam (*shock wave*) searah dengan penentasi dari peluru ini akan menimbulkan regangan yang besar sampai batas tertentu sebelum mengalami kegagalan [4].



Gambar 1. Dampak peluru pada lapisan serat [4]

Dampak kecepatan balistik yang tinggi menyebabkan bahan target berperilaku seperti cairan dan menghasilkan perambatan gelombang dalam struktur seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Respon dampak dari satu lapis kain dan serat tunggal menunjukkan kesamaan menghasilkan gelombang transversal dan longitudinal saat bersentuhan langsung dengan peluru. Momentum peluru ditransfer pada serat utama menyebabkan regangan dan mengalami kegagalan akibat tekanan yang melebihi batas regangan maksimum.

Perlindungan balistik terhadap peluru berkecepatan tinggi, lebih efektif dengan menggunakan bahan berlapis (laminasi) dibandingkan dengan bahan tunggal [5]. Perpaduan antara plat aluminium yang memiliki kekuatan dan ketahanan impak yang tinggi serta kepadatan (*density*) yang rendah dengan komposit kevlar/epoxy memiliki struktur yang kuat, sifat peredam yang baik (*vibration damping*), dan ketahanan tinggi terhadap beban dinamis dalam bentuk laminasi (*fiber metal laminates*) dapat dilakukan sebagai alternatif pembuatan material tahan peluru.

2. Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, perilaku balistik dari *fiber metal laminates* (FMLs) diperoleh dari simulasi numerik menggunakan model elemen hingga (*explicit dynamics*) dari software ANSYS 18.1 Workbench. FMLs yang digunakan dengan konfigurasi 3 lapisan (*Triple layered*) terdiri dari dua lembar plat aluminium 5083 pada permukaan luar dan kevlar/epoxy sebanyak 4 layer sebagai inti (*core*). Pengujian balistik berdasarkan standard NIJ 0101.06 type III-A dari U.S Department of Justice [6], menggunakan peluru kaliber 9 mm FMJ (*full metal jacket*) dengan kecepatan 426 m/s. Model material dari peluru dan plat aluminium 5083 menggunakan model plastisitas Johnson-Cook pada persamaan (1) [7-10] sedangkan untuk kevlar/epoxy menggunakan model material orthotropik pada persamaan (4) [11]. Data material untuk kevlar/epoxy pada simulasi ditunjukkan pada Tabel 1.

$$\sigma_{eq} = [A + B \epsilon^n] [1 + C \ln \dot{\epsilon}^*] [1 - (T^*)^m] \quad (1)$$

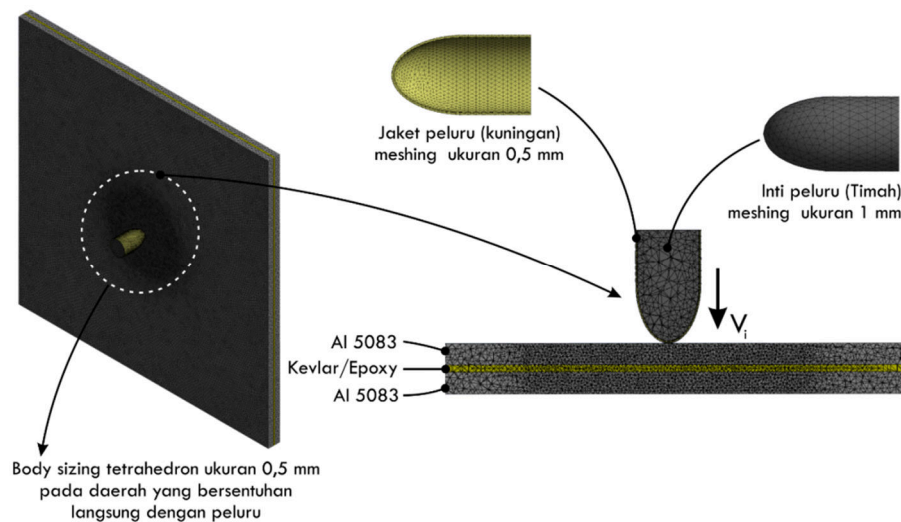
dengan σ_{eq} adalah tegangan ekuivalen (MPa), A adalah tegangan luluh (MPa), B adalah konstanta pengerasan (MPa), ϵ adalah regangan ekuivalen, n adalah eksponen pengerasan, C adalah konstanta laju regangan dan m adalah parameter temperatur *softening*. Temperatur ditentukan dari persamaan (2) :

$$T^* = \frac{(T - T_r)}{(T_m - T_r)} \quad (2)$$

di mana T adalah temperatur uji, T_r adalah temperatur ruang dan T_m adalah temperatur leleh material. Tingkat regangan diberikan pada persamaan (3) :

$$\dot{\epsilon}^* = \frac{\dot{\epsilon}}{\epsilon_o} \quad (3)$$

dengan $\dot{\epsilon}$ adalah laju regangan uji dan ϵ_o adalah laju regangan referensi. Geometri dan bentuk meshing dari peluru dan target seperti pada Gambar 2 sedangkan data material untuk peluru dan plat Al 5083 seperti ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 2. Geometri dan bentuk meshing pada simulasi

Tabel 1. Data material kevlar/epoxy [12]

Parameter	Simbol	Satuan	Kevlar/epoxy
Density	ρ	kg/m ³	1440
Young modulus x	E_1	Pa	$1,85 \times 10^{10}$
Young modulus y	E_2	Pa	$1,85 \times 10^{10}$
Young modulus z	E_3	Pa	6×10^9
Poisson's ratio xy	ν_{12}	-	0,25
Poisson's ratio yz	ν_{13}	-	0,33
Poisson's ratio xz	ν_{23}	-	0,33
Shear modulus xy	G_{12}	Pa	$7,7 \times 10^8$
Shear modulus yz	G_{13}	Pa	$5,43 \times 10^9$
Shear modulus xz	G_{23}	Pa	$5,43 \times 10^9$

Tabel 2. Data material peluru dan plat aluminium 5083 [7-10]

Parameter	Simbol	Satuan	Peluru		Aluminium 5083
			Timah	Kuningan	
Density	ρ	kg/m ³	10660	8520	2660
Elastic modulus	E	MPa	1000	115000	70000
Poisson's ratio	ν	-	0,42	0,31	0,33
Specific heat	C _p	J/kg-K	124	385	900
Parameter model plastisitas Johnson-Cook					
Yield stress constant	A	MPa	24	206	210
Hardening constant	B	MPa	300	505	620
Hardening exponent	n	-	1	0,42	0,375
Strain rate constant	C	-	0,1	0,01	0,0125
Thermal softening exponent	m	-	1	1,68	1,525
Melting temperature	T _m	K	760	1189	843,15
Room temperature	T _r	K	293	293	293
reference strain rate	ε_0	s ⁻¹	5 x 10 ⁻⁴	5 x 10 ⁻⁴	1

analisa untuk memprediksi perilaku bahan komposit yang diperkuat serat dalam penelitian ini yaitu kevlar/epoxy untuk tiga dimensi, maka matriks kekakuannya yaitu :

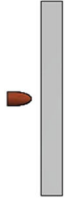
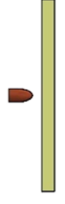
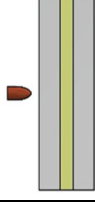
$$\begin{bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \tau_{23} \\ \tau_{31} \\ \tau_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & 0 & 0 & 0 \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & 0 & 0 & 0 \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C_{55} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \gamma_{23} \\ \gamma_{31} \\ \gamma_{12} \end{bmatrix} \quad (4)$$

hubungan regangan tegangannya yaitu dengan invers matriks $[C_{ij}]$ sehingga menjadi $[S_{ij}]$. Untuk bahan orthotropik, konstanta dari komponen matriks kekakuan adalah [13] :

$$[S_{ij}] = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_1} & -\frac{\nu_{21}}{E_2} & -\frac{\nu_{31}}{E_3} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu_{12}}{E_1} & \frac{1}{E_2} & -\frac{\nu_{32}}{E_3} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu_{13}}{E_1} & -\frac{\nu_{23}}{E_2} & \frac{1}{E_3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{23}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{31}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{12}} \end{bmatrix} \quad (5)$$

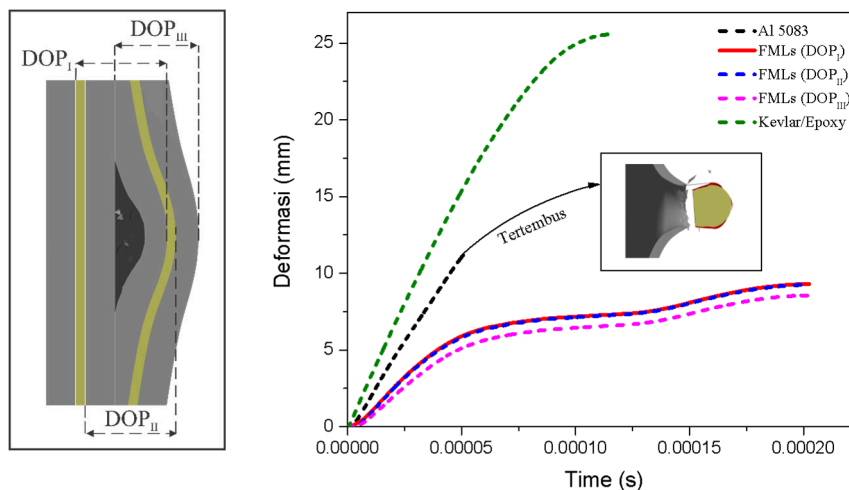
Variabel dan konfigurasi target dalam penelitian ini seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Deformasi dan total energi yang diserap target diperoleh dari simulasi dengan mengatur data solusi yang dibutuhkan.

Tabel 3. Konfigurasi Sampel

Konfigurasi	Geometri	Keterangan
Al 5083		Plat Al 5083 ketebalan 3 mm
Kevlar/Epoxy		Kevlar/epoxy dengan 4 layer
<i>Fiber Metal Laminates (FMLs)</i>		Plat Al 5083 tebal 3 mm – kevlar/epoxy 4 layer – plat Al 5083 tebal 3 mm

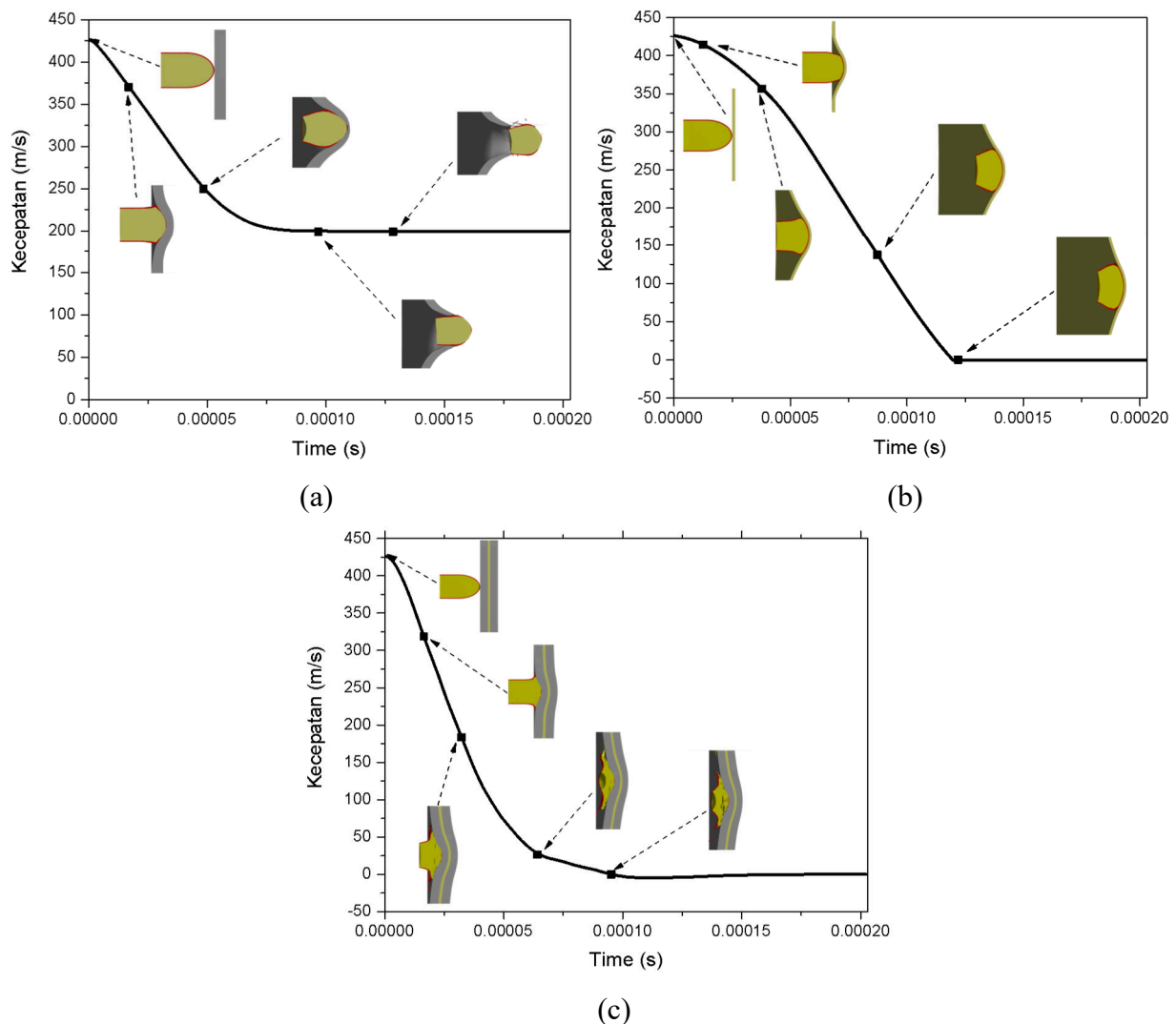
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil simulasi numerik diperoleh deformasi dan total energi yang diserap target pada saat peluru menembus dan berhenti pada target. Ketahanan balistik target material terhadap beban impak balistik dipengaruhi oleh deformasi yang meliputi kedalaman penetrasi dari peluru pada target. Ketahanan balistik semakin meningkat dengan semakin berkurangnya kedalaman penetrasi peluru. Pengukuran deformasi FMLs meliputi kedalaman penetrasi plat bagian depan (DOP_I), kedalaman penetrasi kevlar/epoxy (DOP_{II}) dan tonjolan belakang (DOP_{III}). Hasil deformasi terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Nomenklatur & Grafik deformasi vs waktu

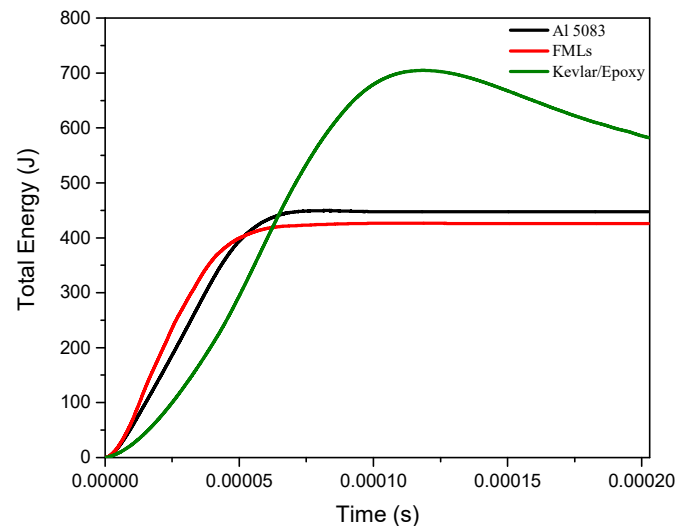
Gambar 3 menunjukkan semakin meningkatnya waktu maka deformasi yang terbentuk semakin besar. Deformasi bagian belakang dari konfigurasi plat Al 5083 yaitu sebesar 11,25 mm pada waktu 0,000051 s kemudian plat tertembus oleh peluru. Hasil yang berbeda ditunjukkan pada kevlar/*epoxy* dan FMLs yang tidak tertembus oleh peluru dengan deformasi akhir bagian belakang untuk kevlar/*epoxy* sebesar 25,59 mm pada waktu 0,00017 s. Sedangkan kedalaman penetrasi bagian depan (DOP_I) FMLs sebesar 9,29 mm, kedalaman penetrasi kevlar/*epoxy* (DOP_{II}) sebesar 9,25 mm dan tinggi tonjolan belakang (DOP_{III}) sebesar 8,55 mm pada waktu 0,0002 s. Kevlar/*epoxy* mengalami deformasi yang besar saat menahan laju dari peluru dibandingkan FMLs. Akibat dampak balistik menyebabkan target mengalami deformasi sehingga kecepatan peluru semakin berkurang. Kecepatan peluru selama penetrasi pada setiap konfigurasi target ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kecepatan peluru selama penetrasi pada target ;
(a) Al 5083, (b) Kevlar/*Epoxy* , (c) FMLs

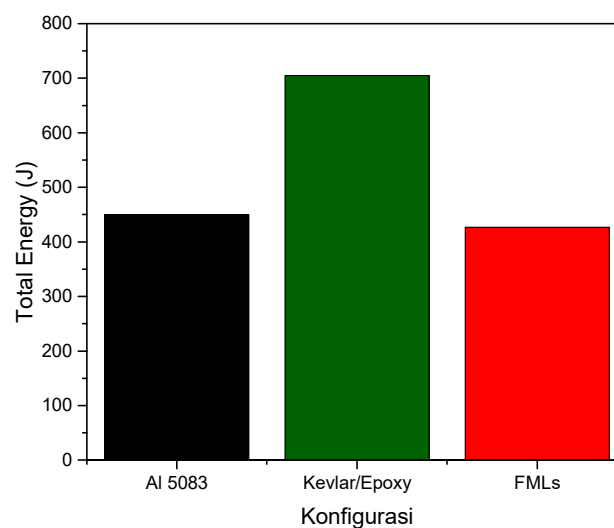
Gambar 4 menunjukkan bahwa kevlar/*epoxy* dan FMLs yang tidak tertembus peluru menghasilkan kecepatan sisa yang berkurang ke nol seiring dengan berjalannya waktu penetrasi dari peluru. Kecepatan peluru mencapai nilai negatif karena arah dari peluru berbalik atau memantul setelah penetrasi pada terget. Pada konfigurasi Al 5083 tertembus oleh peluru sehingga menghasilkan kecepatan sisa yaitu sebesar 199,73 m/s. Kevlar/*epoxy*

memiliki daya redam yang baik sehingga walaupun mengalami deformasi yang besar, beban balistik dari peluru pada kevlar/*epoxy* ditransfer ke seluruh penampang target sehingga mampu menahan laju peluru, akibatnya peluru akan mengalami penurunan kecepatan yang maksimum meskipun lambat yaitu pada waktu 0,00012 s dibandingkan FMLs yaitu pada waktu 0,000095 s. Energi yang diserap untuk setiap konfigurasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



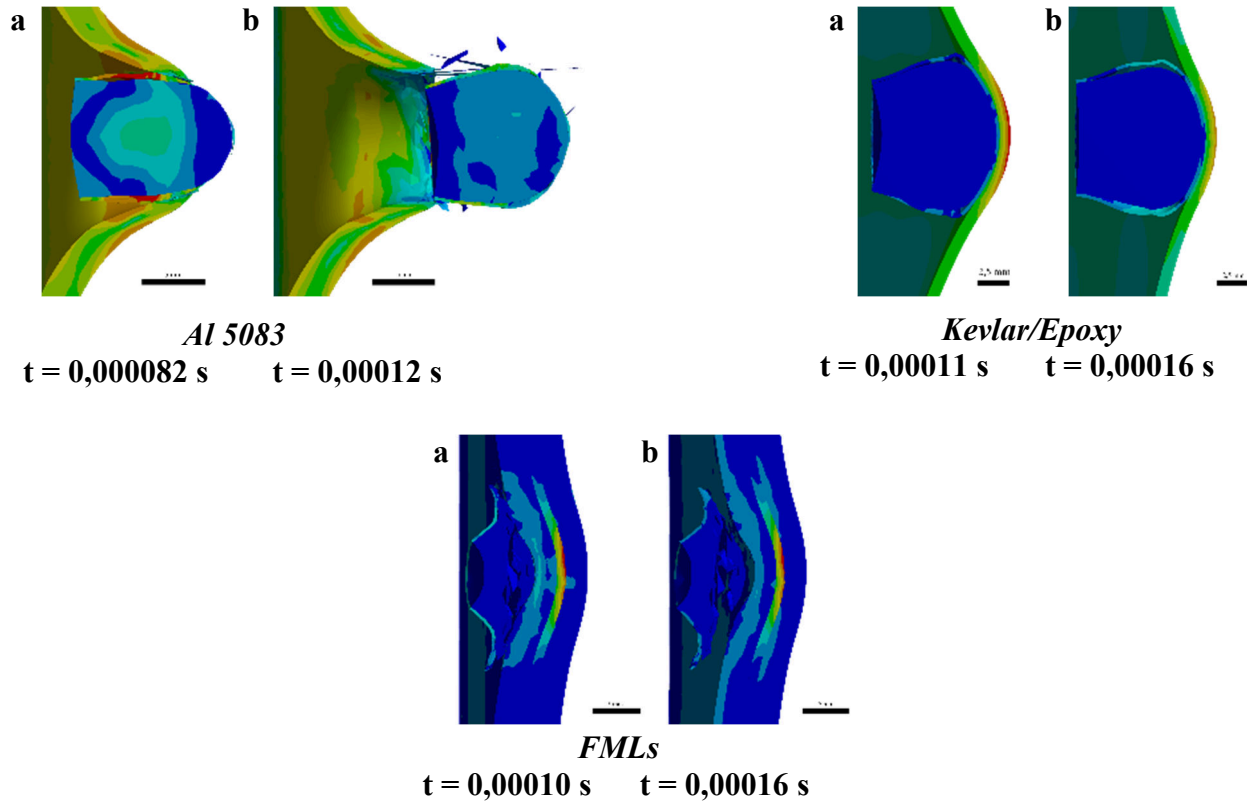
Gambar 5. Total energi yang diserap target

Energi yang diserap target mengalami peningkatan ketika penetrasi peluru pada target kemudian mengalami penurunan dan selanjutnya cenderung konstan seiring dengan berjalannya waktu. Penyerapan energi dari kevlar/*epoxy* cenderung lambat dibandingkan dengan Al 5083 dan FMLs. Total Energi yang diserap kevlar/*epoxy* meningkat mencapai titik maksimum yaitu sebesar 704,84 J pada waktu 0,00018 s. Sedangkan untuk konfigurasi Al 5083 energi maksimum yaitu sebesar 449,84 J pada waktu 0,000082 s kemudian energi tidak berubah atau konstan seiring dengan berjalannya waktu. Penyerapan energi pada FMLs meningkat secara signifikan lebih cepat dibandingkan Al 5083 dan kevlar/*epoxy* yaitu dengan energi maksimum sebesar 426,59 J pada waktu 0,000095 s. Penyerapan energi maksimum pada setiap konfigurasi target ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Total energi yang diserap target pada saat maksimum

Gambar 6 menunjukkan penyerapan energi maksimum dari kevlar/*epoxy* lebih tinggi dibandingkan Al 5083 dan FMLs, akan tetapi meskipun penyerapan energinya besar, kevlar/*epoxy* menghasilkan deformasi yang besar pada saat penetrasi oleh peluru. Penggunaan plat aluminium pada lapisan depan dari FMLs menghasilkan penyerapan energi yang dominan sehingga dapat menghentikan laju dari peluru dan deformasi yang terbentuk lebih kecil. Tegangan ekuivalen setiap konfigurasi target pada saat penyerapan energi maksimum dan berhenti atau tertembus oleh peluru seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Tegangan ekuivalen target ; (a) Penyerapan energi maksimum, (b) Penyerapan energi konstan

Gambar 7 menunjukkan beban impak balistik dari peluru tidak mampu ditahan oleh target pada konfigurasi Al 5083 sehingga mencapai tegangan maksimum dan target terlubangi yaitu pada waktu setelah 0,000082 s. Berbeda dengan konfigurasi kevlar/*epoxy* yang mampu menyerap energi lebih besar sehingga menghasilkan tegangan maksimum pada daerah disekitar dari dampak peluru, kemudian energi turun yang ditunjukkan semakin berkurangnya tegangan maksimum pada terget. Sedangkan untuk konfigurasi FMLs menunjukkan penyerapan energi maksimum terjadi yaitu pada waktu 0,00010 s ditandai dengan tegangan maksimum yang terjadi pada lapisan kedua yaitu kevlar/*epoxy*, kemudian energi cenderung konstan pada waktu 0,00016 s.

4. Kesimpulan

Fiber metal laminates (FMLs) dapat menahan laju dari peluru yaitu dengan mentransfer tegangan maksimum pada lapisan kedua yaitu kevlar/*epoxy* untuk meredam benturan dari peluru sehingga tidak terjadi kerusakan balistik pada lapisan pertama dan selanjutnya. Penggunaan kevlar/*epoxy* sebagai peredam pada lapisan tengah dari FMLs menghasilkan deformasi yang semakin kecil dan penyerapan energi maksimum yang cenderung lebih cepat.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pembimbing tesis yaitu Dr. Eng. Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng selaku pembimbing I dan Dr. Putu Hadi Setyarini, ST., MT selaku pembimbing II atas saran dan masukan dalam pelaksanaan penelitian sampai penulisan karya tulis ini serta kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian karya tulis ini.

Daftar Pustaka

- [1] de Oliveira Braga, F., Milanezi, T. L., Monteiro, S. N., Louro, L. H. L., Gomes, A. V., & Lima Jr, É. P. (2018). Ballistic comparison between epoxy-ramie and epoxy-aramid composites in Multilayered Armor Systems. *Journal of materials research and technology*, 7(4), 541-549.
- [2] Hazell, P. J. (2015). *Armour: materials, theory, and design*. CRC Press.
- [3] Wei, Z., Yunfei, D., Sheng, C. Z., & Gang, W. (2012). Experimental investigation on the ballistic performance of monolithic and layered metal plates subjected to impact by blunt rigid projectiles. *International Journal of Impact Engineering*, 49, 115-129.
- [4] Cheeseman, B. A., & Bogetti, T. A. (2003). Ballistic impact into fabric and compliant composite laminates. *Composite structures*, 61(1-2), 161-173.
- [5] Monteiro, S. N., Lima, É. P., Louro, L. H. L., Da Silva, L. C., & Drelich, J. W. (2015). Unlocking function of aramid fibers in multilayered ballistic armor. *Metallurgical and materials transactions A*, 46(1), 37-40.
- [6] U.S Department of Justice. (2009). *Ballistic Resistance Of Body Armor*. New York: Nova Science.
- [7] Crouch, I. (Ed.). (2016). *The science of armour materials*. Woodhead Publishing.
- [8] Børvik, T., Dey, S., & Clausen, A. H. (2009). Perforation resistance of five different high-strength steel plates subjected to small-arms projectiles. *International Journal of Impact Engineering*, 36(7), 948-964.
- [9] Tse, K. M., Tan, L. B., Yang, B., Tan, V. B. C., & Lee, H. P. (2017). Effect of helmet liner systems and impact directions on severity of head injuries sustained in ballistic impacts: a finite element (FE) study. *Medical & biological engineering & computing*, 55(4), 641-662.
- [10] Rashed, A., Yazdani, M., Babaluo, A. A., & Hajizadeh Parvin, P. (2016). Investigation on high-velocity impact performance of multi-layered alumina ceramic armors with polymeric interlayers. *Journal of Composite Materials*, 50(25), 3561-3576.
- [11] Kaw, A. K. (2005). *Mechanics of composite materials*. CRC press.
- [12] Soydan, A. M., Tunaboylu, B., Elsabagh, A. G., Sarı, A. K., & Akdeniz, R. (2018). Simulation and experimental tests of ballistic impact on composite laminate armor. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2018.
- [13] Jones, R. M. (2014). *Mechanics of composite materials*. CRC press.

THE EFFECTS OF ELECTRODE MOVEMENTS ON SMAW WELDING TO THE QUALITY OF ST-37 STEEL WELDS

Nur Akhmad Triwibowo¹⁾, Eka Supriatna²⁾

Program Studi Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto
Jalan Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
Email : ¹akhmadtriwibowo@gmail.com

Abstract

Many factors affect the welding results including electrode movement, welding current and electrode type. This study aims to determine the effects of electrode movements on SMAW welding to the quality of ST-37 steel welds. The quality reviewed includes microstructure, tensile strength, yield strength and weld defects. The study used ST 37 Steel with thickness 10 mm and a size of 100 mm x 200 mm, open V seam with an angle of 60⁰ degree. E 7016 series electrodes had a diameter of 3.2 mm. Welding current 90-92 amperes, polarity DC +, welding voltage 25 volts and travel speed 8-10 cm / minute. Electrode movements variations include straight, zig-zag and spiral movement. The results showed that the micro structure of the Acicular Ferrite (AF) on the electrode spiral movement looks uniform, tight, dominates the area. Furthermore the spiral movement of the electrode provides the highest tensile strength, provides the highest yield strength and does not produce welding defects.

Keywords: *electrode movements, SMAW, welds quality, ST-37 Steel.*

1. Pendahuluan

Teknik pengelasan telah digunakan secara umum dalam penyambungan logam pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Jenis pengelasan yang sering digunakan adalah pengelasan SMAW (*Shielded Metal arc Welding*)[1]. Teknik pengelasan logam merupakan salah satu proses manufaktur yang banyak digunakan di berbagai industri seperti otomotif, perpipaan, perkapalan, jembatan, bangunan lepas pantai dan bahkan dewasa ini sudah digunakan untuk menyambung panel-panel pada bodi pesawat terbang (*fuselage*).

Faktor yang mempengaruhi las adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan meliputi: pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda dan penggunaan jenis kampuh[2].

Banyak faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan antara lain gerakan elektroda, arus pengelasan dan tipe elektroda[3]. Gerakan elektroda atau ayunan elektroda dapat mempengaruhi kualitas lasan karena gerakan elektroda dilakukan untuk menghasilkan rigi-rigi las yang baik dan memperdalam penembusan busur nyala.

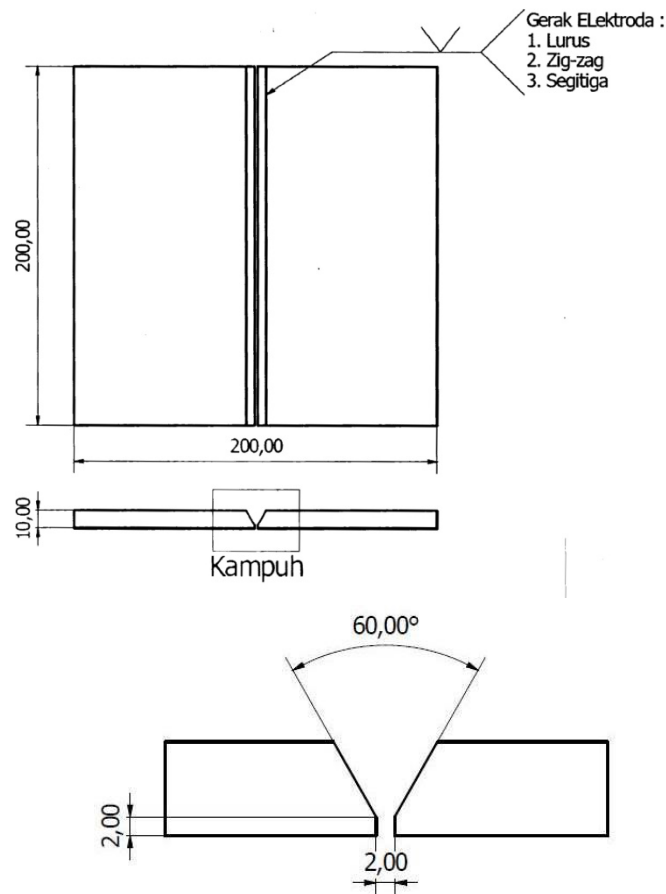
Beberapa studi telah meneliti pengaruh gerakan elektroda pada hasil lasan. Teknik pengelasan alur spiral, zig-zag, dan lurus arus 85 A berpengaruh tetapi tidak signifikan pada kekuatan tarik baja ST 41 pada las listrik SMAW[2]. Kombinasi variabel uji kekuatan tarik paling tinggi adalah gerakan elektroda spiral sebesar 33.40 kgf/mm², sedangkan hasil yang paling rendah gerakan elektroda lurus sebesar 30.28 kgf/mm²[3]. Selain itu, pengelasan baja karbon rendah agar mendapatkan nilai kekuatan *bending* yang tinggi adalah menggunakan gerakan segitiga dengan nilai sebesar 523,05 N/mm²[4].

Penelitian mengenai pengaruh gerak elektroda pada kualitas hasil lasan telah banyak dilakukan. Meskipun demikian, penelitian mengenai pengaruh gerak elektroda pada pengelasan SMAW terhadap kualitas hasil lasan plat baja ST 37 belum terdokumentasi dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh gerak elektroda pada pengelasan SMAW terhadap kualitas hasil lasan plat baja ST 37. Kualitas yang ditinjau meliputi struktur mikro, kekuatan tarik, tegangan luluh dan cacat las.

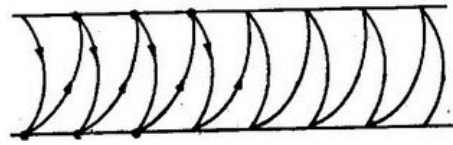
2. Metodologi Penelitian

2.1. Proses Pengelasan

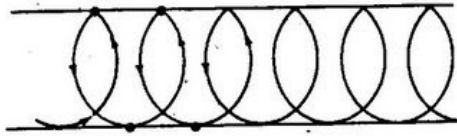
Baja ST 37 dengan tebal 10 mm dipotong dengan ukuran 100 mm x 200 mm. Pada sisinya dibuat kampuh V terbuka dengan kemiringan sudut 60^0 (Gambar 1) Plat baja disusun berpasangan dan dilakukan pengelasan SMAW pada sisinya (Gambar 1). Elektroda yang digunakan seri E 7016 dengan diameter 3,2 mm. Arus pengelasan 90-92 ampere polaritas DC+, tegangan pengelasan 25 volt dan travel speed 8-10 cm/menit. Variasi gerak elektroda pada pengelasan SMAW meliputi gerak lurus, zig-zag (Gambar 2) dan spiral (Gambar 3). Pengelasan dilakukan di Inlastek Solo.



Gambar 1. Dimensi Pengelasan dan Kampuh V Plat Baja ST 37



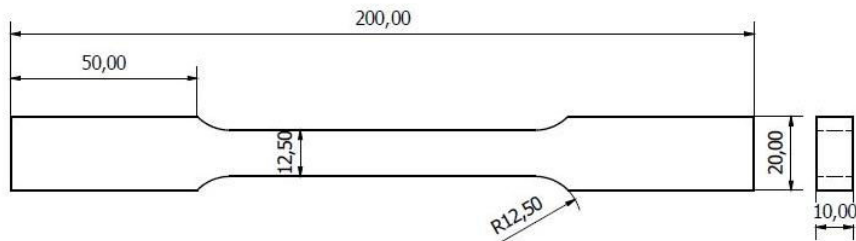
Gambar 2. Gerak Zig-zag Elektroda



Gambar 3. Gerak Spiral Elektroda

2.2. Proses Pengujian.

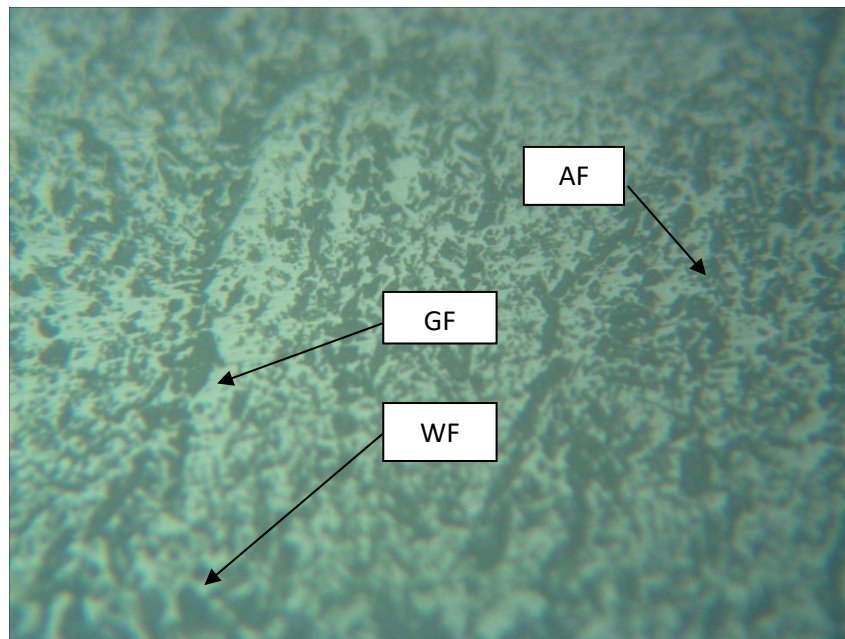
Untuk mengetahui kualitas hasil lasan dilakukan pengujian tarik dan analisa astruktur mikro. Pengujian tarik menggunakan metode ASTM E8/E8M dengan dimensi specimen seperti pada Gambar 4. Analisa struktur mikro mempergunakan mikroskop dengan perbesaran 200 kali.



Gambar 4. Dimensi Specimen Uji Tarik Dengan Metode ASTM E8 / E8M

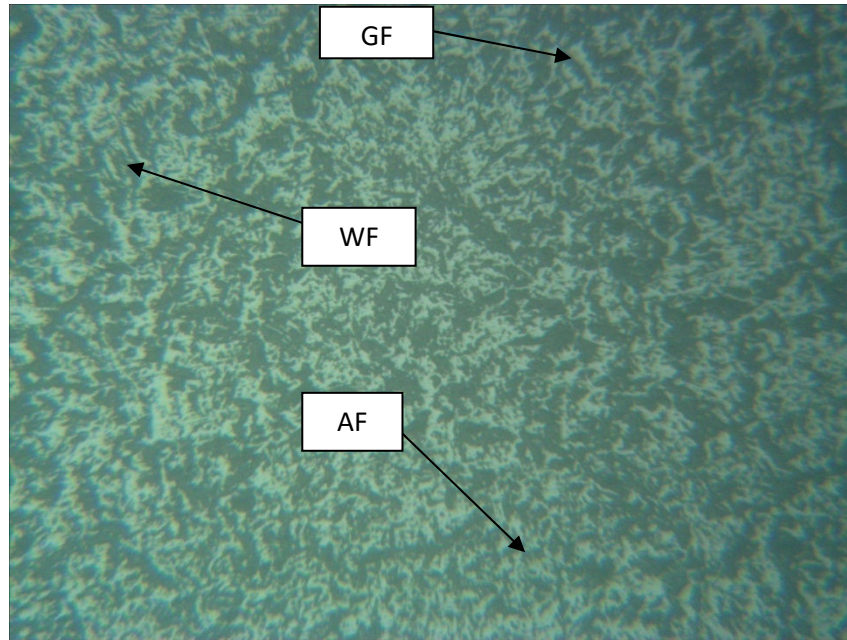
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Struktur Mikro



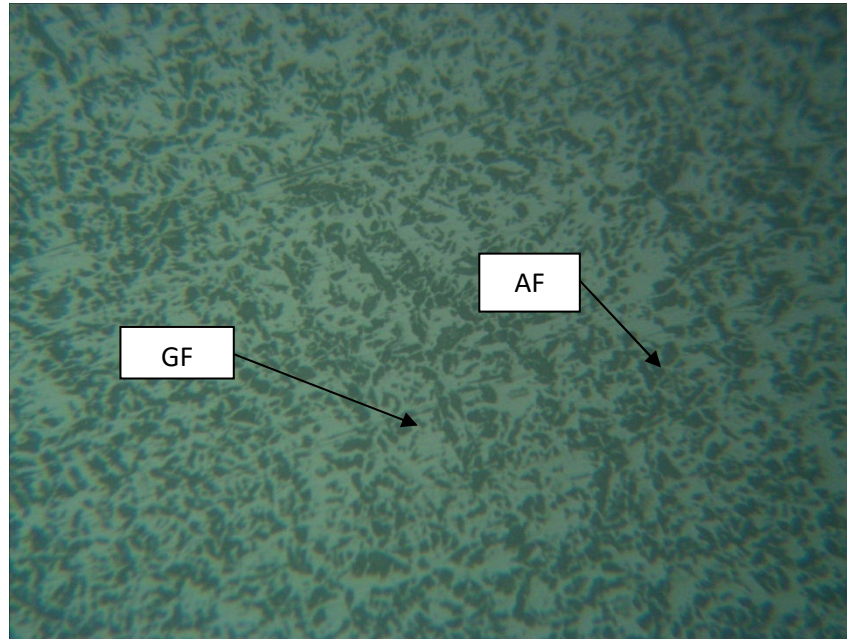
Gambar 5. Struktur Mikro Lasan Dengan Gerak Lurus Elektroda

Struktur mikro lasan dengan gerak lurus elektroda (Gambar 5) terlihat struktur mikro lasan yang terdiri dari *Grain Boundary Ferrite* (GF), *Widmanstatten Ferrite* (WF) dan *Acicular Ferrite* (AF). Struktur mikro GF dan AF terlihat merata hampir di seluruh bagian. Namun demikian struktur mikro WF terlihat hanya di beberapa bagian.



Gambar 6. Struktur Mikro Lasan Dengan Gerak Zig-zag Elektroda

Struktur mikro lasan dengan gerak zig-zag elektroda (Gambar 6) terlihat struktur mikro *Grain Boundary Ferrite* (GF), *Widmanstatten Ferrite* (WF) dan *Acicular Ferrite* (AF). Struktur mikro WF terlihat hanya sedikit di bagian kecil dari area tersebut. Struktur mikro AF terlihat berbutir lembut dan mendominasi area, sedangkan struktur mikro GF terlihat kecil dan lebih sedikit dibanding GF yang ada pada Gambar 5. .

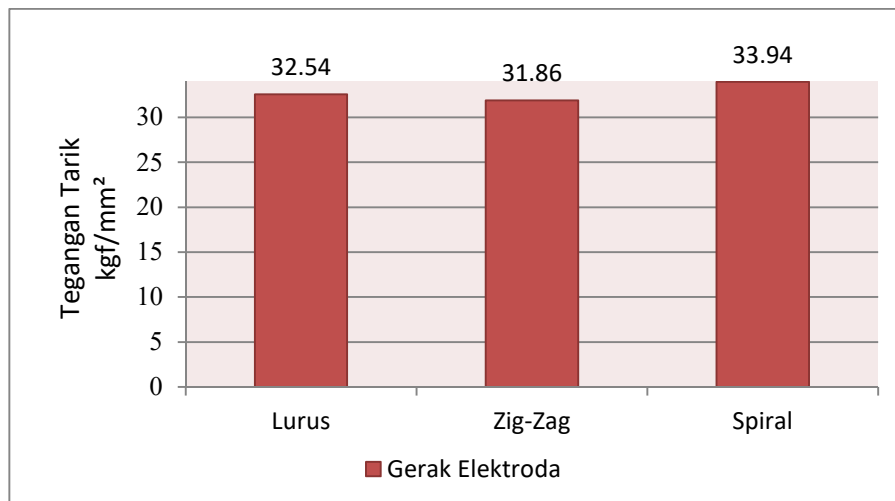


Gambar 7. Struktur Mikro Lasan Dengan Gerak Spiral Elektroda

Struktur mikro lasan dengan gerak spiral elektroda (Gambar 7) terlihat struktur mikro *Grain Boundary Ferrite (GF)* dan *Acicular Ferrite (AF)*. Struktur mikro AF terlihat di seluruh area. Struktur mikro AF mendominasi seluruh area dan seragam mengunci struktur mikro GF. Struktur mikro WF pada logam lasan ini hampir tak tercipta. Struktur mikro AF pada gambar ini lebih dominan dibanding dengan struktur mikro AF pada Gambar 5 dan Gambar 6.

3.2. Kekuatan Tarik

Data hasil pengujian kekuatan tarik lasan SMAW pada baja ST 37 untuk tiga variasi gerak elektroda ditunjukkan dalam bentuk grafik pada Gambar 8.



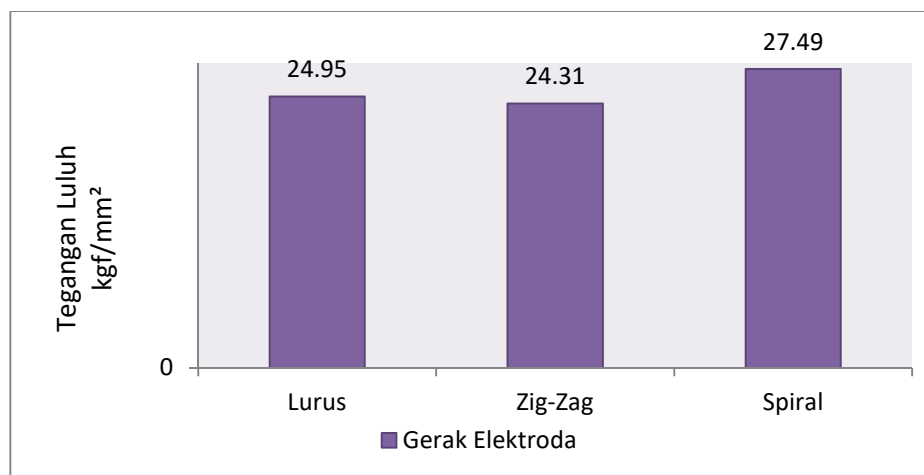
Gambar 8. Grafik Kekuatan Tarik Lasan untuk Tiga Variasi Gerak Elektroda

Tiga variasi gerak elektroda yaitu gerak lurus, zig-zag dan spiral mempengaruhi kekuatan tarik hasil lasan namun tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai kekuatan tarik yang berdekatan yaitu 32,54 kgf/mm², 31,86 kgf/mm² dan 33,94 kgf/mm². Selisih nilai kekuatan tarik hanya 6,5%. Namun demikian gerak elektroda spiral memberikan kekuatan

tarik tertinggi yaitu 33,94 kgf/mm². Hal ini disebabkan karena struktur mikro gerak elektroda *spiral* mempunyai struktur mikro AF yang lebih seragam sehingga akan mempunyai sifat ulet. Struktur ini berperan sebagai *interlocking structure* yang mampu menghambat laju perambatan retak. Gerakan elektroda *spiral* menimbulkan struktur mikro AF yang lebih merata dan seragam karena gerakan yang mengulang-ulang pada lintasan las sehingga ada penumpukan logam las dan menjadikan pendinginannya sedikit lebih lama dibandingkan dengan gerak lurus dan zig-zag. Struktur mikro AF tercipta karena pendinginan yang lambat. Selain itu, struktur mikro yang tercipta pada lasan hasil gerak lurus elektroda menunjukkan bahwa struktur GF. AF dan WF tidak beraturan sehingga keberadaan struktur mikro AF sebagai *interlocking structure* tidak terlihat benar-benar mengunci struktur mikro yang lainnya.

3.3. Tegangan Luluh

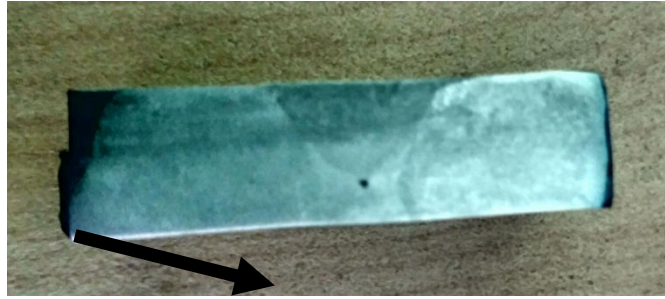
Data hasil pengujian kekuatan luluh lasan SMAW pada baja ST 37 untuk tiga variasi gerak elektroda ditunjukkan dalam bentuk grafik pada Gambar 9



Gambar 9. Grafik Kekuatan Luluh Lasan untuk Tiga Variasi Gerak Elektroda

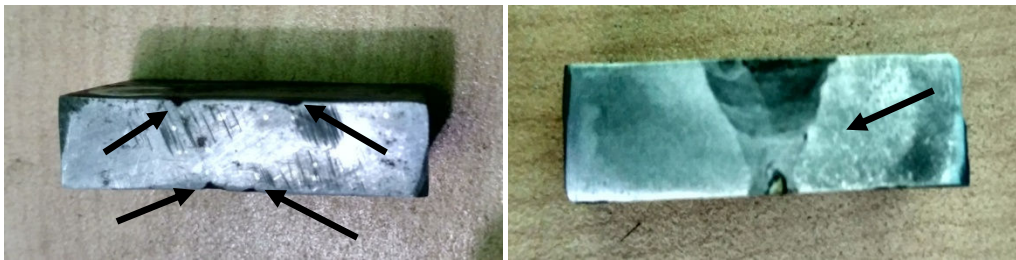
Gerak lurus dan zig-zag elektroda memberikan nilai tegangan luluh yang berdekatan yaitu 24,95 kgf/mm² dan 24,31 kgf/mm² dengan selisih nilai 2,6%. Selain itu, gerak spiral elektroda memberikan nilai tegangan luluh tertinggi yaitu 27,49 kgf/mm². Hal ini disebabkan karena struktur mikro gerak elektroda *spiral* mempunyai struktur mikro AF yang lebih seragam sehingga akan mempunyai sifat ulet. Struktur ini berperan sebagai *interlocking structure* yang mampu menghambat laju perambatan retak. Gerakan elektroda *spiral* menimbulkan struktur mikro AF yang lebih merata dan seragam karena gerakan yang mengulang-ulang pada lintasan las sehingga ada penumpukan logam las dan menjadikan pendinginannya sedikit lebih lama dibandingkan dengan gerak lurus dan zig-zag. Struktur mikro AF tercipta karena pendinginan yang lambat.

3.4. Cacat Las



Gambar 10. Cacat Lasan Pada Gerak Lurus Elektroda

Lasan dengan gerak elektroda lurus terbentuk cacat las yaitu porositas (Gambar 10). Porositas terjadi karena adanya gas hidrogen yang tercipta akibat panas las. Panas yang mengandung gas hidrogen terperangkap di dalam logam las diakibatkan karena gerak elektroda lurus tidak dapat membuang panas pada saat proses pengelasan.



Gambar 11. Cacat *Undercut* dan Cacat Porositas pada Lasan dengan Gerak Zigzag Elektroda

Pada lasan dengan gerak elektroda zig-zag terbentuk cacat las yaitu porositas dan *undercut*. Cacat *undercut* terjadi pada hasil pengelasan ini karena gerak zig-zag kurang merata. Terbentuknya cacat porositas pada pengelasan *root* juga terjadi karena gerak elektroda zig-zag tidak dapat membuang panas pada logam las.



Gambar 12. Lasan dengan Gerak Spiral Elektroda

Pada lasan dengan gerak elektroda *spiral* tidak terbentuk cacat porositas (Gambar 12) dan tidak terbentuk cacat *undercut*. Tidak terjadinya cacat porositas pada gerak elektroda *spiral* dikarenakan gerakan tersebut memutar pada lintasan las sehingga dapat membuang panas pada saat proses las.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- a. Struktur mikro *Acicular Ferrite* (AF) pada gerak elektroda *spiral* terlihat seragam, rapat dan mendominasi area. Struktur mikro AF inilah yang diharapkan dari proses pengelasan karena struktur ini sebagai *interlocking structure* yang mampu menghambat laju perambatan retak
- b. Tiga variasi gerak elektroda yaitu gerak lurus, zig-zag dan spiral mempengaruhi kekuatan tarik hasil lasan namun tidak signifikan. Gerak elektroda spiral memberikan kekuatan tarik tertinggi yaitu 33,94 kgf/mm².
- c. Gerak lurus dan zig-zag elektroda memberikan nilai tegangan luluh yang berdekatan. Di sisi lain, gerak spiral elektroda memberikan nilai tegangan luluh tertinggi yaitu 27,49 kgf/mm².
- d. Gerak lurus dan zig-zag elektroda menghasilkan cacat las pada beberapa bagian berupa cacat porositas dan cacat undercut sedangkan gerak spiral elektroda tidak menghasilkan cacat las.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (P3M) Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto yang telah memberi dukungan financial pada penulisan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Arifin, A., & Sulistyawan, T. (2017). Peningkatan Kualitas Sambungan Las Baja Karbon Rendah Dengan Metode Taguchi. *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 2(1)
- [2] Wiryosumarto, H., & Okumura, T. (2000). Teknik pengelasan logam. *Erlangga, Jakarta*
- [3] FAUZI BEGA PRANAWAN, D. I. T. O. (2016). Pengaruh Teknik Pengelasan Alur Spiral, Alur Zig-Zag, Dan Lurus Pada Arus 85 A Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST 41. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(02)
- [4] Irwanto, A. R. (2016). *Perbandingan variasi gerakan elektroda pada proses shielded metal arc welding (smaw) terhadap struktur mikro dan kekuatan bending baja Karbon rendah* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Semarang).

EXTERNAL CORROSION OF PIPE RISER API 5L X52 ON TIDAL ZONE OF OFFSHORE PRODUCTION PLATFORM

Wakhid Yani Khoirudin, Suyitno

Program Pascasarjana Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
Email : Wakhidyk@yahoo.co.id

Abstract

External corrosion on mature oil and gas field installation very challenging issues. External corrosion of pipeline riser on tidal zone is the most case for pipeline corrosion [2]. API 5L X52 is familiar pipeline for offshore oil and gas production facilities. Pipeline riser external corrosion on tidal zone have some consequences, time constrain related tidal cycle, production loss, oil spill impact to company reputation, costly maintenance. This research intended to find out effect of tidal cycle and salt water salinity to the rate and type of corrosion on API 5L X52 pipeline riser. Tidal cycle is modeling by wet and dry coupon on salt water. Corrosion rate measure by weight loss coupon. Corrosion product examine by XRD. Chloride contents and oxygen dissolve combination resulting maximum corrosion rate. Oxygen dissolve is main factor to corrosion on salt water. Maximum oxygen dissolve on salt water concentration 3.5% wt. On high salinity salt water corrosion rate depend oxygen dissolve [2]. Tidal cycle has impact to corrosion rate. General corrosion type happen on all coupon with corrosion product component Fe_2O_3 , Fe_3O_4 examined by XRD.

Keywords : offshore, tidal, corrosion, oxygen, dissolve.

1. Pendahuluan

Salah satu tantangan pada lapangan migas lepas pantai adalah *facilities integrity* berkaitan dengan korosi. Korosi pada struktur dan peralatan produksi. Korosi pada pipa penyalur produksi terjadi dari internal maupun eksternal. Internal korosi disebabkan oleh fluida produksi yang umumnya karena adanya H_2S , CO_2 dan korosi erosi oleh pasir yang terproduksi. Korosi eksternal terjadi karena dilingkungan air laut yang korosif.. Untuk pipa penyalur antar anjungan korosi paling banyak terjadi pada *riser* pada daerah pasang surut (*tidal zone*) dikarenakan terjadinya korosi pada bagian luar pipa [1]. Pipa penyalur dengan berbahan API 5L X52 banyak dipakai untuk lapangan migas di lepas pantai. Pada lapangan yang sudah beroperasi lebih dari 25 tahun banyak mengalami korosi khususnya korosi bagian luar pada *riser* pipa pada daerah pasang surut (*tidal zone*). Perawatan dan perbaikan terhadap korosi pada daerah pasang surut mempunyai tantangan tersendiri antara lain:

- a. Waktu pasang surut yang relative pendek serta kondisi cuaca yang tidak menentu.
- b. Kerugian produksi yang cukup besar.
- c. Reputasi perusahaan dan biaya penanganan pencemaran yang besar.
- d. Biaya perawatan dan perbaikan karena korosi yang relative mahal

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh siklus pasang surut terhadap sifat dan laju korosi yang terjadi pada pipa berbahan API 5L X52. Mengetahui pengaruh kadar garam (NaCl) terhadap laju korosi dan sifat korosi pada bahan API 5L X52.



Riser pipa anjungan lepas pantai
(Sumber koleksi foto Wakhid Yani K)

Pipa penyalur adalah alat transportasi produksi migas yang paling aman dan handal (*reliable*) untuk menyalurkan cairan dan gas [20]. Bahan yang paling umum dipakai adalah baja karbon. Baja karbon merupakan paduan logam dengan unsur utama besi (Fe) dan karbon (C). Pemilihan bahan pipa penyalur dari baja karbon mempunyai beberapa alasan antara lain memiliki sifat mekanis yang cukup baik, berbiaya rendah, dan ketersediaan yang luas disamping juga ketahanan korosinya yang relatif rendah. Bahan pipa penyalur bawah laut dipilih berdasarkan kriteria biaya, ketahanan terhadap pengaruh korosi, berat yang dibutuhkan, dan kemampuan untuk dilakukan pengelasan (*weldability*) [4]. Di lapangan pipa bawah laut yang umum digunakan adalah jenis API 5L X52. Evaluasi korosi pada bahan API 5L X52 pada media berkadar *Chlorine* tinggi (*produce water*) yang disirkulasi diteliti oleh Likhanoca dkk. [13]. Dari Analisa XPS ion *Chloride* dan molekul air yang pertama diadsorpsi membentuk lapisan dipermukaan logam berupa $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{n}(\text{H}_2\text{O})$ dan $\text{Fe}(\text{OH})\text{Cl}(\text{H}_2\text{O})$. Selanjutnya terjadi proses oksidasi dari Fe^{2+} to Fe^{3+} . Sifat korosi yang terjadi dipengaruhi oleh kondisi temperature dan lamanya waktu paparan. Sifat permukaan logam berubah dari aktif menjadi passive karena tertutup oleh produk korosi. Korosi yang terjadi berupa *general dan local corrosion*. *General corrosion* karena air dan *local corrosion* karena konsentrasi *Chlorine* yang tinggi. Lapisan *corrosion product* tidak *compact* sehingga memungkinkan ion terdifusi sampai ke logam. Pagaruh *thermal and mechanical treatment* X52 terhadap ketahanan korosi dalam larutan 3.5% NaCl diteliti oleh Amaranath, dkk. [1]. Bahwa setelah 20 hari dalam larutan 3.5% NaCl spesimen X52 yang di *quenching* dan *tempering* mempunyai *corrosion rate* yang minimum dan 10% *cold roll* mempunyai laju korosi tertinggi dibandingkan perlakuan panas dan mekanis yang lain. Tingkat kekerasan dan *strength* yang lebih tinggi berperan dalam ketahanan terhadap *erosion-corrosion*. Perbandingan korosi yang terjadi pada pipa penyalur baja karbon API 5L X65 untuk daerah pasang surut dibandingkan dengan yang tercelup terus menerus oleh Jianxing dkk, [9]. Hasil penelitian menunjukkan untuk daerah pasang surut terjadi *pitting corrosion* dengan 2 layer korosi *porous* pada bagian luar dan *compact* pada bagian dalam. Dengan produk korosi yang utama $\alpha\text{-FeOOH}$, $\gamma\text{-FeOOH}$, Fe_3O_4 , dan Fe_2O_3 yang terus meningkat seiring dengan waktu. Untuk yang tercelup terus menerus berupa *general corrosion* tanpa adanya layering dengan produk korosi yang utama $\gamma\text{-FeOOH}$ and Fe_3O_4 .

2. Metodologi Penelitian

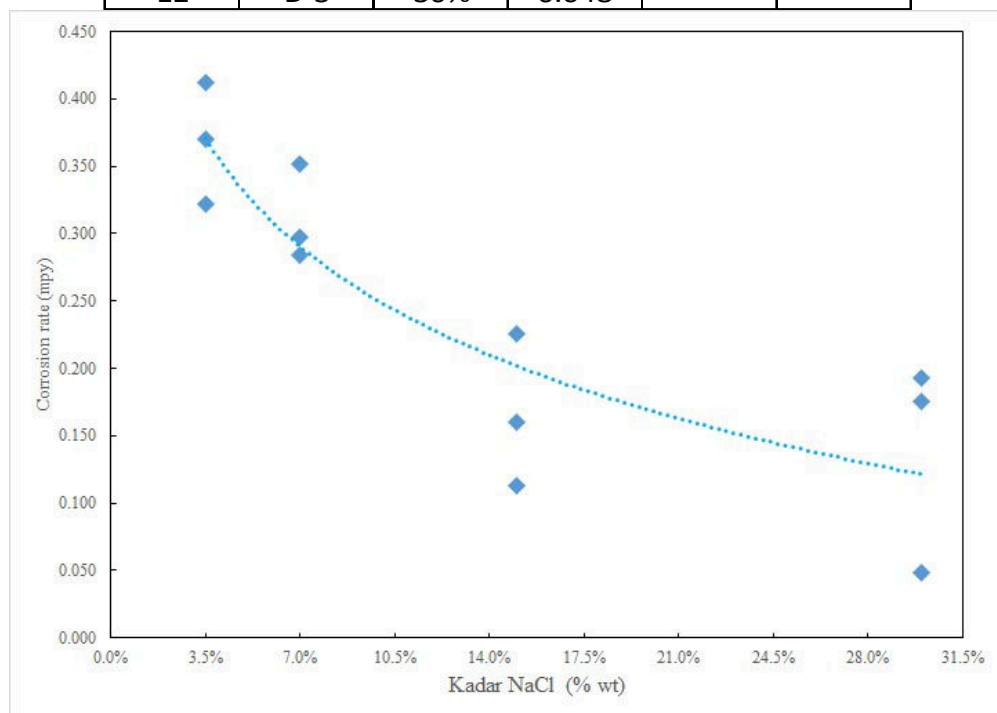
Bahan penelitian ptongan pipa API 5L X52 yang diperoleh dari *stock pipe yard* perusahaan migas di Kalimantan Timur. Untuk memverifikasi bahan uji dilakukan pengujian tarik, komposisi kimia, mikrostruktur dan kekerasan dan dibandingkan dengan spesifikasi bahan pipa API 5L X52 [2]. Pengujian pengaruh kadar NaCl terhadap laju dan sifat korosi

dilakukan dengan merendam specimen ke dalam larutan NaCl dengan konsentrasi 3.5%, 7%, 15% dan 30% . Pengujian pengaruh pasang surut dimodelkan dengan mencelupkan benda uji ke dalam larutan NaCl 3.5%, 7% dan 15% dengan waktu tercelup 24, 16 dan 20 jam. Laju korosi dihitung dari pengurangan berat selama pengujian. Analisa XRD dilakukan untuk mengetahui komposisi corrosion product.

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Hasil pengujian efek salinitas

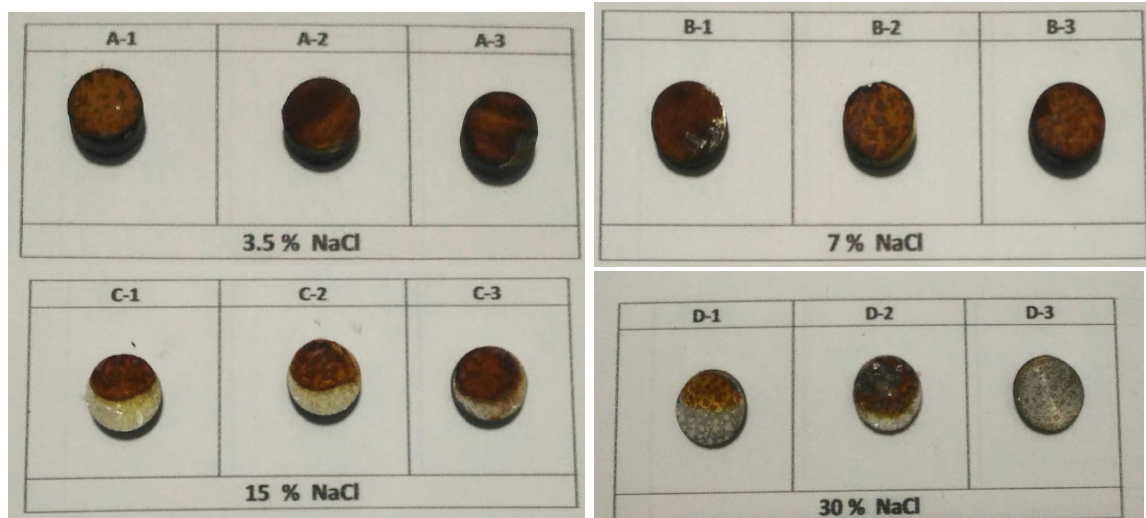
NO	Spesimen	Kadar NaCl	mpy	Rata-rata	Std Dev
1	A-1	3.50%	0.322	0.368	0.045
2	A-2	3.50%	0.413		
3	A-3	3.50%	0.371		
4	B-1	7%	0.352	0.311	0.036
5	B-2	7%	0.284		
6	B-3	7%	0.297		
7	C-1	15%	0.161	0.166	0.057
8	C-2	15%	0.113		
9	C-3	15%	0.225		
10	D-1	30%	0.193	0.139	0.079
11	D-2	30%	0.176		
12	D-3	30%	0.048		



Gambar.2 Laju korosi vs kadar NaCl

Data pengujian pengaruh salinitas terhadap laju korosi ditampilkan pada tabel 1. hasil pengujian efek salinitas. dan gambar 2 laju korosi vs kadar NaCl. Laju korosi rata-rata tertinggi terjadi pada konsentrasi larutan NaCl 3.5%, sebesar 0.368 mpy, kadar NaCl 7% sebesar 0.311 mpy, kadar NaCl 15% 0.166 mpy dan kadar NaCl 30% sebesar 0.139 mpy. Korosi lebih banyak terjadi pada permukaan specimen yang tidak menempel pada dasar tempat. Bagian specimen yang menempel pada dasar tempat larutan sangat sedikit mengalami korosi. Untuk specimen dengan larutan NaCl 3.5% dan 7% korosi terjadi merata

di permukaan yang tidak menempel pada dasar tempat. Untuk spesimen dengan larutan NaCl 15% dan 30% korosi hanya terjadi di sebagian permukaan, dan terlihat adanya kristal-kristal putih seperti pada gambar 3 Foto korosi efek salinitas. Produk korosi berwarna coklat dan mudah dibersihkan. Korosi yang terjadi adalah *general corrosion* dan *localized corrosion* yang di beberapa lokasi secara visual terjadi lebih dalam.



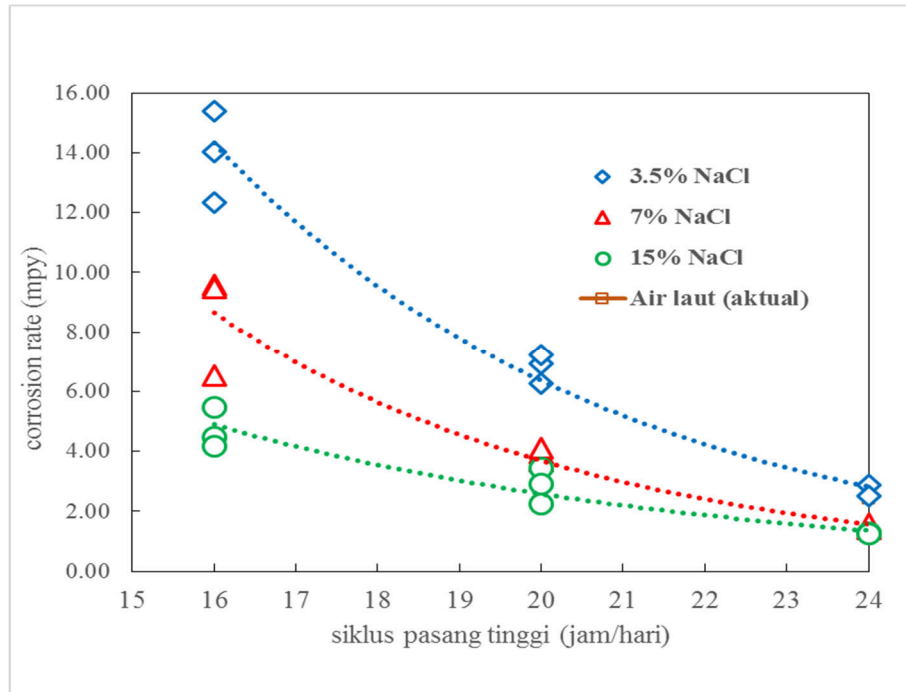
Gambar 3. Foto korosi efek salinitas

Permukaan benda uji yang tidak menempel pada dasar wadah larutan terlihat mengalami korosi lebih banyak dibandingkan yang menempel wadah. Hal ini terjadi karena bagian yang lebih banyak terekspose larutan NaCl adalah bagian tidak menempel wadah (atas). Pada konsentrasi NaCl di atas 3.5% diperoleh kecenderungan laju korosi pada benda uji makin menurun. Gambar korosi yang terjadi pada benda uji untuk konsentrasi 3.5%, 7%, 15% dan 30% seperti terlihat pada gambar 3. Kelarutan NaCl dalam air pada suhu ruang maksimal sekitar 360 g/L [20]. Kombinasi konsentrasi *chloride* dan oksigen yang terlarut menghasilkan laju korosi yang maksimum. Konsentrasi kelarutan oksigen tertinggi dicapai pada kadar NaCl 3.5% wt. Kelarutan oksigen adalah faktor utama yang berpengaruh terhadap sifat korosi pada air laut. Pada media air dengan konsentrasi NaCl yang tinggi laju korosi sebanding dengan kelarutan oksigen. Jika konsentrasi NaCl dalam air meningkat kelarutan oksigen akan menurun sehingga laju korosi juga berkurang [5].

Hasil pengujian korosi dengan variasi konsentrasi NaCl dan siklus waktu pasang surut (pasang tinggi dan rendah) seperti pada tabel 2 dan gambar 4.

Tabel 2. Laju korosi terhadap siklus pasang surut

Siklus pasang tinggi (jam/hari)	3.5% NaCl	7% NaCl	15% NaCl	Air laut (aktual)
16	12.34	9.57	4.48	
16	14.03	9.48	5.46	
16	15.38	6.54	4.16	
20	6.91	3.66	3.43	
20	6.25	3.95	2.26	
20	7.21	4.11	2.93	
24	2.86	1.42	1.28	2.54
24	2.53	1.60	1.26	2.81
24				2.44



Gambar 4. Laju korosi vs siklus pasang tinggi

Dari pengujian laju korosi pada siklus pasang surut didapatkan untuk pasang tinggi 24 jam perhari laju korosi mendekati hasil uji korosi pasang tinggi kondisi aktual air laut di lokasi. Laju korosi tertinggi pada konsentrasi 3.5% dan pasang tinggi selama 16 jam/hari. Untuk siklus pasang surut yang sama untuk konsentrasi di atas 3.5 % laju korosi menurun.

Perubahan siklus pasang naik berpengaruh terhadap laju korosi baik untuk konsentrasi larutan 3.5%, 7% dan 15%. Korosi yang terjadi adalah *general corrosion* yang relatif merata pada semua permukaan benda uji. Produk korosi berwarna coklat dan mudah terlepas. Dari data pengujian laju korosi diperoleh dengan penurunan waktu siklus pasang tinggi (naiknya waktu pasang rendah) semakin naik laju korosi. Dengan makin naiknya waktu pasang rendah kondisi permukaan spesimen yang lembab akan makin lama terpapar oksigen. Dengan makin lamanya paparan oksigen maka kelarutan oksigen dipermukaan yang lembab akan makin meningkat. Kelarutan oksigen adalah faktor yang dominan mempengaruhi korosi pada lingkungan air laut (garam). Kelarutan oksigen tertinggi pada larutan NaCl pada konsentrasi 3.5% wt [2]. Dengan meningkatnya konsentrasi oksigen yang maka laju korosi akan meningkat. Laju korosi rata tertinggi diperoleh untuk konsentrasi NaCl 3.5% dengan siklus pasang tinggi 16 jam atau 8 jam pasang rendah yaitu sebesar 15.378 mpy. Pada konsentrasi NaCl lebih dari 3.5% wt, larutan menjadi jenuh kelebihan NaCl dalam larutan akan mengendap dan menyebabkan kelarutan oksigen dalam larutan berkurang sehingga laju korosi juga menurun.

Persamaan reaksi kimia korosi yang terjadi adalah:



Berdasarkan pada standar laju korosi perusahaan PT AA yang mengacu pada NACE standar, korosi yang terjadi pada benda uji digolongkan pada level *moderate* hingga *severe*. Klasifikasi laju korosi yang ditetapkan oleh perusahaan seperti pada tabel 5.5.

Tabel 3 Klasifikasi laju korosi

(Sumber: <https://www.cathodic-protection-solutions.com/pipeline-corrosion-case-study/>)

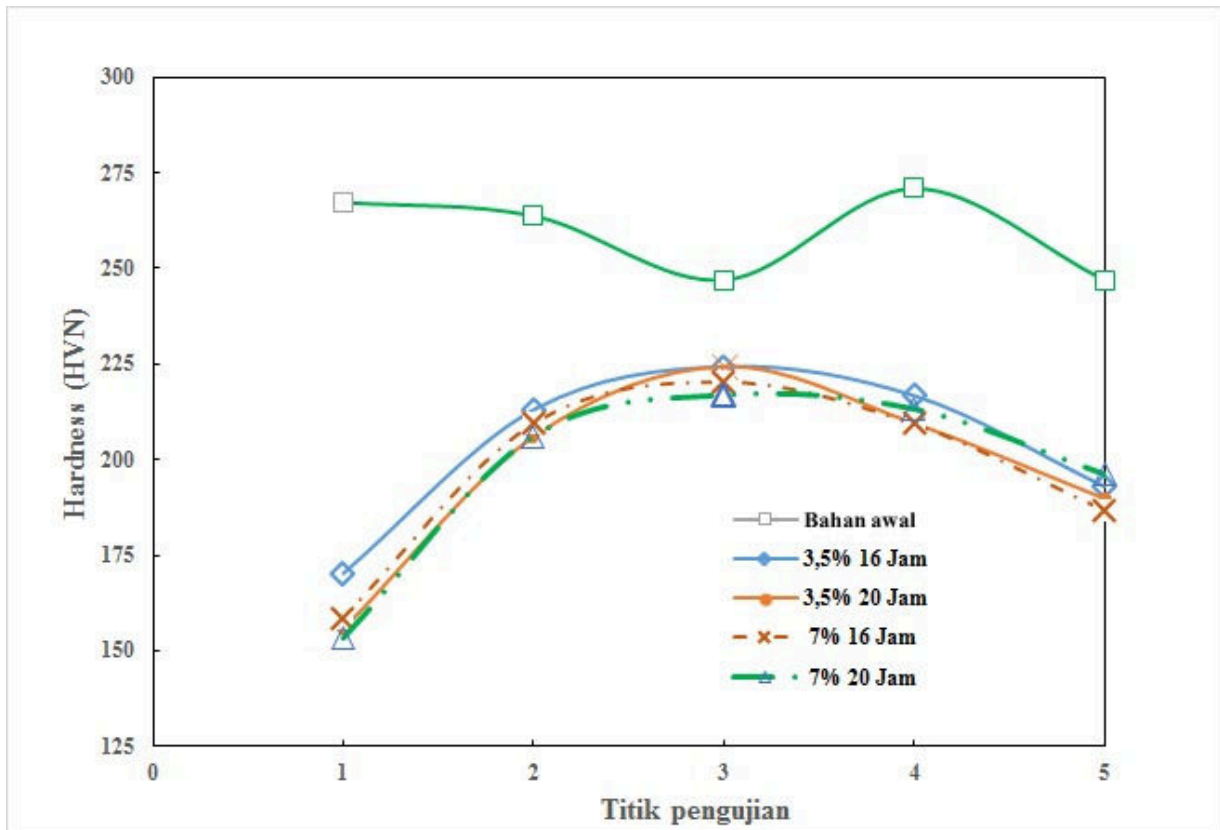
Category	Average Corrosion Rate	
	mm/y	mpy
Low	< 0.025	< 1.0
Moderate	0.025 – 0.12	1.0 – 4.9
High	0.13 – 0.25	5.0 – 10
Severe	> 0.25	> 10

Dengan kondisi laju korosi yang *high* hingga *severe* untuk kondisi pasang tinggi 16 dan 20 jam. *Corrosion product* yang menempel berfungsi sebagai lapisan pasivasi yang dapat menghambat laju korosi. Dengan kondisi aktual di lapangan perubahan arus dan hempasan gelombang akan bisa melepaskan *corrosion product* yang menempel. Sehingga dengan terlepasnya lapisan pasivasi kemungkinan laju korosi akan lebih tinggi lagi. Oleh karena itu secara operasional di lapangan diperlukan inspeksi dan perawatan yang lebih baik lagi untuk menghindari gangguan operasi yaitu terjadinya kebocoran *riser* pipa yang disebabkan laju korosi yang cukup tinggi.

Pengujian kekerasan yang digunakan adalah *Vickers* (HVN). Pengujian kekerasan dilakukan pada spesimen yang tidak dan yang terekspose larutan NaCl. Pada spesimen yang tidak terekspose mempunyai nilai kekerasan rata-rata 259.130 HVN. Pada spesimen yang terekspose larutan NaCl pengujian kekerasan dilakukan pada permukaan potongan melintang. Pada sisi yang dekat daerah terkorosi memberikan hasil nilai kekerasan yang lebih rendah daripada yang lebih jauh dari area yang terkorosi. Nilai kekerasan (HVN) untuk spesimen yang terekspose larutan NaCl 3.5 % dan 7% dengan siklus pasang naik 16 dan 20 jam nilai rata-rata HVN lebih rendah dibanding spesimen yang tidak terekspose larutan NaCl. Makin naik konsentrasi larutan NaCl makin menurun kekerasan. Hasil pengujian kekerasan seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji kekerasan

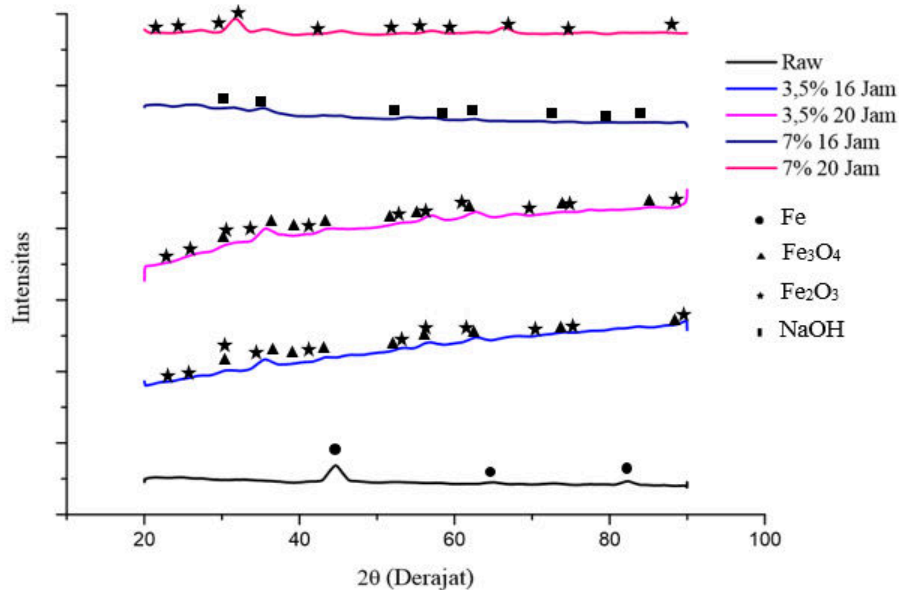
HVN	Awal	3.5% 16 jam	3.5% 20 jam	7 % 16 jam	7% 20 jam
1	267.231	170.248	155.766	158.510	153.532
2	263.680	213.042	206.000	209.477	206.000
3	246.943	224.302	224.302	220.452	216.700
4	270.855	216.700	209.477	209.477	213.042
5	246.943	192.924	189.850	186.848	196.074
Rata-rata	259.130	203.443	197.079	196.953	197.070
STDEV	11.411	21.884	26.141	24.728	25.577



Gambar 4. Hasil uji kekerasan

Makin tinggi konsentrasi larutan NaCl makin tinggi jumlah ion *chlorine* (Cl^-) dalam larutan. Spesimen yang terendam dalam larutan yang mengandung ion Cl^- yang tinggi dalam waktu yang lama akan makin banyak terekspose ion Cl^- , yang akan meningkatkan kerusakan lapisan pasivasi sehingga terjadi korosi. Jika spesimen mengalami korosi maka kekuatan mekanisnya akan menurun dan kekerasannya akan menurun juga [21].

Dari hasil analisa XRD *peak* yang sesuai dengan *corrosion product* adalah, Fe_2O_3 , Fe_3O_4 . Hasil analisa ini sesuai dengan persamaan reaksi (6) dimana hasil akhir reaksi *corrosion product* yang didapatkan adalah Fe_2O_3 (*ferro III oxide*), Magnetite (Fe_3O_4). Untuk spesimen dengan konsentrasi NaCl 7% dan siklus pasang tinggi 16 jam dari analisa XRD diperoleh senyawa NaOH. Senyawa NaOH tersebut adalah impurities hasil reaksi larutan padat NaCl dalam air.



4. Kesimpulan

- Kelarutan oksigen adalah faktor yang dominan mempengaruhi korosi dalam larutan garam NaCl. Kelarutan oksigen tertinggi pada larutan NaCl dengan konsentrasi 3.5% wt. Makin tinggi konsentrasi NaCl makin turun kelarutan oksigen.
- Siklus pasang surut berpengaruh terhadap laju korosi, makin pendek waktu pasang naik perhari laju korosi makin meningkat. Laju korosi tertinggi terjadi pada larutan NaCl 3.5% wt. Pada pasang naaik 16 jam/hari dan korosi yang terjadi masuk kategori *high* hingga *severe*.

Ucapan Terimakasih

Kepada:

- Bapak Muslim Mahardika, S.T., M.Eng., Ph.D.
- Bapak Dr. Suyitno, S.T., M.Sc.
- Bapak Sunhaji
- Bapak Ikhsan Budi S.T.M Eng.

Daftar Pustaka

- [1] Upadhyay, S. N., & Namboodhiri, T. K. G. (2003). Effect of thermal and mechanical treatments on corrosion of API X-52 grade line pipe steel in flowing 3.5% NaCl solution.
- [2] Amira N. B. M. R (2015). A Study On The Performance of Splash Zone Coating System, Universiti Teknologi PETRONAS, Malaysia
- [3] API. (2013). *Specification for Line Pipe*. In *API Specification 5L*.
- [4] Bai Y. (2001). Pipelines and Risers, *Elsevier Ocean Engineering Book Series Volume 3*
- [5] Bhandari, J., Khan, F., Abbassi, R., Garaniya, V., & Ojeda, R. (2015). Modelling of pitting corrosion in marine and offshore steel structures—A technical review. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 37, 39-62.
- [6] Cervantes-Tobón, A., Godínez-Salcedo, J. G., Gonzalez-Velazquez, J. L., & Díaz-Cruz, M. (2014). Corrosion rates of API 5L X-52 and X-65 steels in synthetic brines and brines with H_2S as a function of rate in a rotating cylinder electrode. *International Journal of Electrochemical Science*, 9(5), 2454-2469.
- [7] Callister W.D. Jr. and Rethwisch D.G, Materials Sciences and Engineering An Introduction 9th Edition, *John Wiley & Sons*.

- [8] Askeland, D. R., Fulay, P. P., & Wright, W. J. (2011). *The science and engineering of materials*. Nelson Education.
- [9] Yu, J., Wang, H., Yu, Y., Luo, Z., Liu, W., & Wang, C. (2018). Corrosion behavior of X65 pipeline steel: Comparison of wet–Dry cycle and full immersion. *Corrosion Science*, 133, 276-287.
- [10] LINS, Vanessa de Freitas Cunha; FERREIRA, Mitchel Leonard Magalhães; SALIBA, Patrícia Alves. Corrosion resistance of API X52 carbon steel in soil environment. *Journal of Materials Research and Technology*, 2012, 1.3: 161-166.
- [11] Liang, M., Melchers, R., & Chaves, I. (2018). Corrosion and pitting of 6060 series aluminium after 2 years exposure in seawater splash, tidal and immersion zones. *Corrosion Science*, 140, 286-296.
- [12] Corrales-Luna, M., Olivares-Xometl, O., Likhanova, N. V., Ramírez, R. E. H., Lijanova, I. V., Arellanes-Lozada, P., & Estrada, E. A. (2017). Influence of the immersion time and temperature on the corrosion of API X52 steel in an aqueous salt medium. *International Journal of Electrochemical Science*, 12(7), 6729-6741.
- [13] Likhanova, N. V., Nava, N., Olivares-Xometl, O., Domínguez-Aguilar, M. A., Arellanes-Lozada, P., Lijanova, I. V., ... & Lartundo-Rojas, L. (2018). Corrosion evaluation of pipeline steel API 5L X52 in partially deaerated produced water with high chloride content. *Int. J. Electrochem. Sci*, 13, 7949-7967.
- [14] Malau V., (2018), Korosi, Mechanical and Industrial Engineering Dept. Faculty of Engineering, Gadjah Mada University
- [15] Melchers, R. E. (1994). *Pitting corrosion in marine environments: a review*. Department of Civil Engineering and Surveying, University of Newcastle.
- [16] Nontji A. (2007). Laut Nusantara. Jakarta: Djambatan.
- [17] Adedipe, O., Brennan, F., & Kolios, A. (2016). Review of corrosion fatigue in offshore structures: Present status and challenges in the offshore wind sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61, 141-154.
- [18] Pavuluri, S. (2014). *Kinetic approach for modeling salt precipitation in porous-media*. GRIN Verlag.
- [19] Rihan, R. O. (2013). Electrochemical corrosion behavior of X52 and X60 steels in carbon dioxide containing saltwater solution. *Materials Research*, 16(1), 227-236.
- [20] Zaferani, S. H. (2015). Failure Analysis of Corrosion Case Histories.
- [21] Salleh, M. M., Al Bakri, A. M., Alida, A., & Kamarudin, H. (2013). Effects of Seawater (Salt Water) to Aisi 304 Mechanical Properties. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(7), 545-554.
- [22] Wildan, M.W. (2018).,Pengujian dan Karakterisasi Material (PKM), Department of Mechanical and Industrial Engineering. Gadjah Mada University
- [23] Yulianda F.(2009). Pengantar Lingkungan Laut. Institut Pertanian Bogor

AMINE BASED CORROSION INHIBITION ANALYSIS ON SURAM WEST AREA– PETAPAHAN AND KOTABATAK–PETAPAHAN API 5L GRADE B PIPELINE

Darma Reza Syahputra¹⁾, Suyitno²⁾

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Mesin dan Industri,
Universitas Gajah Mada Yogyakarta
Email : ¹darmareza@mail.ugm.ac.id

Abstract

In Petapahan, Kotabatak, and Suram West Area Gathering Station, Hot water shipping system is used as oil shipping system for production. This fluid is highly corrosive and there is no corrosion protection by corrosion inhibition available for this pipeline until now, hence multiple leaks occurred massively since several years ago. This thesis focused in analysis of amine-based corrosion inhibitor with several concentration variations against API 5 L Grade-B corrosion rate in waxy oil fluid inside Petapahan - Kotabatak and Suram West Area – Petapahan Pipeline. Concentration variation that used are 0, 20, 40, 60, 80 and 100 ppm while pipe has outside diameter of 4.5 in (114.3 mm) and thickness of 0.237 in (6.02 mm). Corrosion rate analysis conducted using potentiodynamic polarization (Tafel plot). For Petapahan – Kotabatak fluid, corrosion rates are 10.51, 15.85 and 46.60 mpy at temperature of 30, 40 and 50 C. 20 ppm amine-based inhibitor injection at 50 C showed lowest corrosion rate at 46.10 mpy. While for Suram West Area fluid, corrosion rates are 12.19, 12.41 and 29.85 mpy at temperature of 30, 40 and 50 C. 60 ppm amine-based inhibitor injection at 50 C showed lowest corrosion rate at 26.92 mpy. Hardness test conducted also showed a drop in HVN no from 48.39 to 13.74.

Keywords: API 5L Gr B Carbon Steel, amine-based inhibitor, corrosion rate, pipeline, hardness.

1. Pendahuluan

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Penurunan mutu logam tidak hanya melibatkan reaksi kimia namun juga reaksi elektrokimia karena dalam rangkaian proses tersebut terjadi perpindahan elektron. Dalam banyak hal korosi menyebabkan penurunan daya guna suatu komponen atau peralatan yang dibuat dari logam. Korosi merupakan proses alamiah yang menimbulkan degradasi pada material, komponen-komponen ataupun infrastruktur sehingga besarnya kerugian yang ditimbulkan proses korosi ini cukup besar yakni rata-rata sekitar 3-5 % GDP (Gross Domestic Product) dari suatu negara (Roberge, 2000). Korosi tersebut akan menghambat proses produksi dan menyebabkan kerusakan yang tidak sedikit terhadap peralatan baik yang berupa pipa maupun peralatan yang terbuat dari pelat.

Baja karbon rendah/low carbon steel adalah material utama yang banyak digunakan, keunggulan baja karbon rendah mempunyai karakteristik material berupa ketangguhan/toughness, keuletan/ductility, kekuatan/strength dan mampu las/weldability (Kiefner dan Trench, 2001). Baja karbon rendah memiliki kerugian berupa terjadinya proses oksidasi ketika terpapar oleh udara, tanah dan air. Dalam industri pengolahan minyak dan gas, stasiun pengolah dan pengumpul minyak/gathering station memiliki sistem perpipaan yang terbuat dari baja karbon rendah dengan spesifikasi API 5L Gr B.

Korosi pada sistem perpipaan ini disebabkan oleh media/larutan korosif yang dialirkannya, menurut Tobon dkk, (2014) faktor korosi dari baja ditentukan oleh seberapa

korosifnya larutan elektrolit nya serta kondisi hydrodinamiknya. Laju korosi pada pipa baja yang mengalirkan larutan yang bersifat korosif dapat di kurangi atau dihambat dengan penambahan inhibitor korosi. Inhibitor korosi adalah istilah yang umum bagi suatu bahan kimia atau zat yang ditambahkan dalam jumlah yang kecil ke dalam suatu media korosif untuk mengurangi atau menghalangi proses korosi, menurut Revie, (2008) untuk perlindungan korosi secara optimal, konsentrasi inhibitor harus melebihi nilai kritis tertentu artinya konsentrasi inhibitor harus tepat. Pada konsentrasi yang tidak tepat, laju korosi akan meningkat.

Inhibitor korosi berbasis amine saat sudah dapat disintesis dan sudah dilakukan pengujian performance nya oleh Gao dkk (2017). Beberapa amina tersier dalam rangkaian 1,3-di-amino-propan-2-ol, disebut sebagai 1,3-di-morfolin-4-yl-propan-2-ol (DMP) dan 1,3-bis-diethylamino-propan-2-ol (DEAP), telah berhasil disintesis oleh reaksi alkilasi. Kinerja elektrokimia dari produk-produk ini diselidiki melalui pengukuran polarisasi potensiodinamik dan spektroskopi impedansi elektrokimia (EIS) di bawah lapisan elektrolit tipis dengan ketebalan 100 μm . Senyawa-senyawa ini, memperlambat pelarutan besi anodik oleh ikatan lapisan pelindung pada permukaan logam. Selain itu, Baux dkk (2018) meneliti mengenai penggunaan Octadecylamine (ODA) yang merupakan inhibitor organik yang terkenal untuk perlindungan korosi baja karbon. Dalam penelitian ini, menemukan bahwa lapisan organik yang sangat tipis melapisi permukaan baja setelah adanya penggunaan ODA.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji dan menganalisis laju korosi dari inhibitor korosi berbasis amine dengan konsentrasi 0, 20, 40, 60, 80 dan 100 ppm pada baja API 5L Gr B dengan fluida di pipa transmisi minyak Petapahan - Kotabatak dan Suram West Area – Petapahan yang merupakan *waxy fluid*. Penelitian saat ini difokuskan pada analisis korosi pada media fluida dan mengetahui pengaruh paraffin content di dalam fluida terhadap laju korosi yang nantinya akan dijadikan acuan untuk pemasangan *system* injeksi inhibitor korosi. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi sumber literatur bagi perusahaan dan referensi bagi peneliti lain untuk dapat mengaplikasikan metode pencegahan korosi yang ada terhadap pengembangan penelitian yang lebih aplikatif selanjutnya. Ringkasan dari penelitian-penelitian sebelumnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

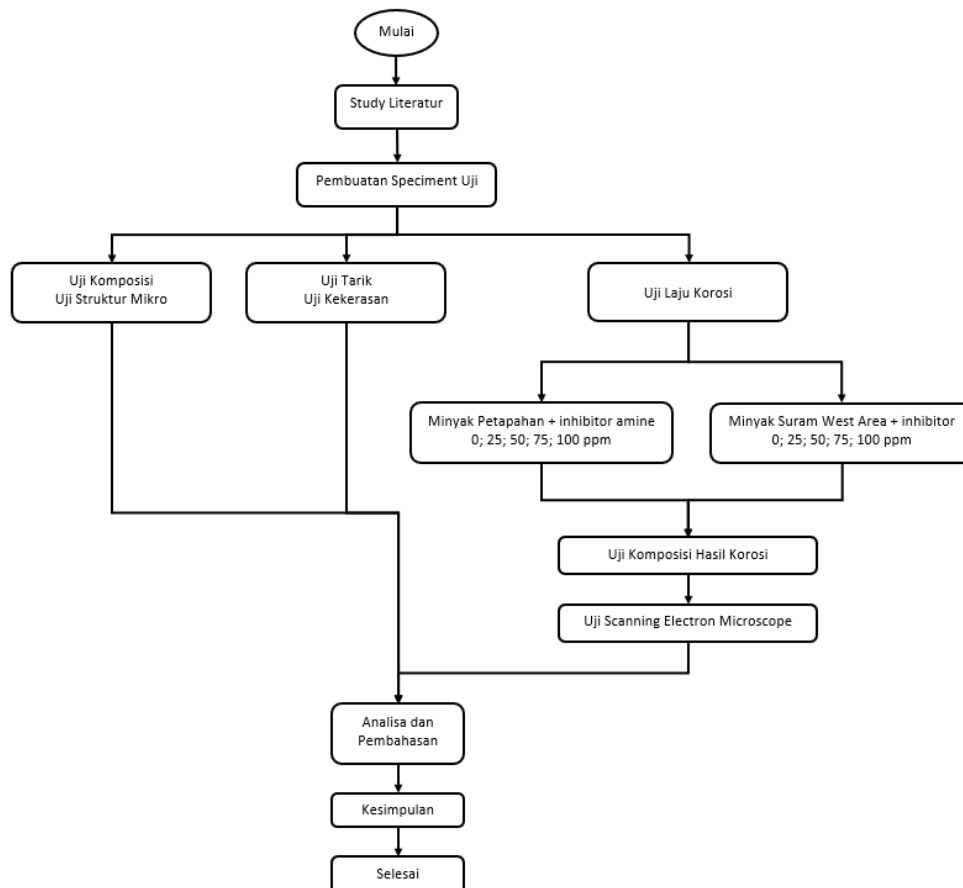
Tabel 1. Perbandingan dengan penelitian sebelumnya

No	Penelitian	Fluida & Inhibitor	Pengujian	Hasil
1	Sekarang	Fluida pipa penyalur + <i>amine-based inhibitor</i> : 1. Petapahan – Kotabatak (less wax) 2. Suram West Area – Petapahan (high wax)	Uji korosi, <i>Microstructural characteristic</i> , uji kekerasan pipa baru dan pipa terkorosi	
2	Efird dan Jasinski	Minyak mentah	Uji korosi	minyak mentah dapat menimbulkan inhibisi korosi, namun seberapa jauh inhibisi tersebut berbeda antara satu minyak dengan lainnya
3	Morales dkk	<i>Waxy fluid</i> – tanpa inhibitor	<i>Microstructural characteristic</i> dan uji korosi	lapisan paraffin pada permukaan menyebabkan penurunan signifikan pada laju korosi general

4	Revie	Media korosif <i>non waxy</i> – <i>chromate-based inhibitor</i>	<i>Microstructure</i> , uji keras dan uji korosi	untuk perlindungan korosi secara optimal, konsentrasi inhibitor harus melebihi nilai kritis tertentu artinya konsentrasi inhibitor harus tepat
5	Gao dkk	Media korosif <i>non waxy</i> – <i>amine-based inhibitor</i>	Uji korosi potensiodynamik dan spektroskopi impedansi elektrokimia	Amine tersier berhasil memperlambat pelarutan besi anodik oleh ikatan lapisan pelindung pada permukaan logam
6	Baux dkk	Media korosif <i>non waxy</i> – <i>amine-based inhibitor</i>	Uji korosi potensiodynamik	lapisan organik yang sangat tipis melapisi permukaan baja setelah adanya penggunaan ODA

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini diawali dengan pembuatan spesimen uji, kemudian di lakukan uji lainnya antara lain, pengujian mekanis (uji tarik dan uji kekerasan), uji komposisi dan struktur mikro, uji laju korosi yang detailnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir metodologi penelitian

Uji komposisi material, uji struktur mikro, uji kekerasan dan uji tarik digunakan untuk validasi material baja API 5L Gr B. Uji komposisi juga digunakan untuk perhitungan berat ekuivalen yang digunakan untuk perhitungan laju korosi. Pengujian laju korosi menggunakan sel tiga elektroda merek Gamry 600 dengan metode polarisasi potentiodynamik dan dilakukan di Badan Tenaga Nuklir Nasional.

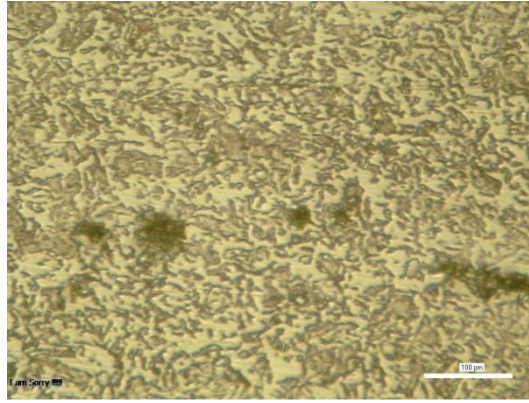
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil uji komposisi menggunakan spectrometer dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini. Komposisi utama material baja paduan API 5L Gr B adalah Fe sebesar 98.99 %, kemudian diikuti dengan Mn sebesar 0.6371 % dan C sebesar 0.1417 %.

Tabel 2. Komposisi kimia API 5L Gr B (wt %)

Unsur	Sampel %	Standar %
C	0.1417	0.28 (max)
Si	0.1342	ND
S	0.0290	0.030 (max)
P	0.0061	0.030 (max)
Mn	0.6371	1.2 (max)
Ni	0.0104	$\leq 0.50\%$
Cr	0.0144	$\leq 0.50\%$
Mo	0.0013	$\leq 0.15\%$
Cu	0.0091	$\leq 0.50\%$
Ti	0.0009	$\text{Nb+V+Ti} \leq 0.15\%$
Sn	0.0006	ND
Al	0.0284	ND
Nb	0.0007	$\text{Nb+V+Ti} \leq 0.15\%$
V	0.0035	$\text{Nb+V+Ti} \leq 0.15\%$
Co	0.0016	ND
Pb	0.0022	ND
Ca	0.0035	ND
Zn	0.0036	ND
Fe	98.99	ND

Pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optic. Material API 5L Gr B memiliki kadar karbon standar maksimum 0.28 %. Hasil pengujian menunjukkan kadar karbon terukur 0.1417 %. Jumlah karbon yang kecil menunjukkan volume pearlite yang lebih sedikit pada pengamatan struktur mikro. Butiran pearlite ditunjukkan pada area yang berwarna lebih gelap, sedangkan ferrite pada area yang berwarna lebih terang. Bentuk butir ferrite terlihat lebih besar dan memanjang pada skala pengukuran 100 μm . Hasil ini dapat dilihat pada gambar 2 dibawah.



Gambar 2. Hasil Pengamatan Struktur Mikro API 5L Gr B.

Pengujian Tarik dilakukan menggunakan servopulser dan specimen uji Tarik standar ASTM E8M. sedangkan pengujian kekerasan dilakukan menggunakan Beuhler microhardness tester dengan metode Vickers. Hasil uji Tarik dan kekerasan dapat dilihat pada tabel 3 dan 4 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil uji tarik API 5L Gr B

Spesimen	Elong (%)	σ_y MPa	σ_u MPa	Ratio (σ_y/σ_u)
1	20.0	466.9	521.3	0.90
2	19.8	460.2	516.4	0.89
3	21.0	437.0	503.5	0.87
Rata - rata	20.3	454.7	513.7	0.88
Standar	13.5	245	415	0.59

Tabel 4. Hasil uji kekerasan pipa baru

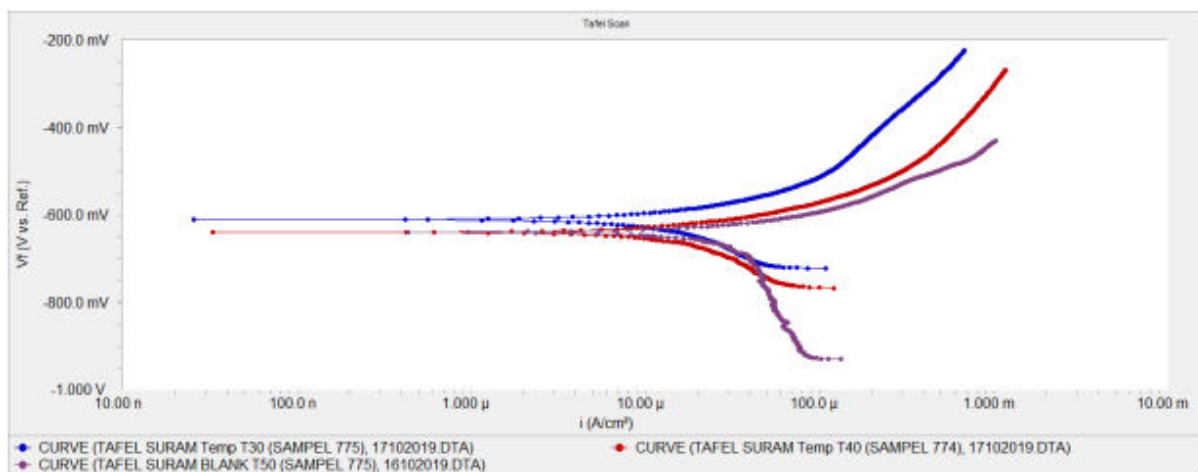
No	Diagonal bekas injakan		d (mm)	d ² (mm ²)	P (kg f)	VHN (kg/mm ²)
	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)				
1	28	28.5	0.02825	0.00080	0.1	232
2	29	29.5	0.02925	0.00086	0.1	217
3	29	29	0.029	0.00084	0.1	220
4	29	29.5	0.02925	0.00086	0.1	217
5	28.5	29	0.02875	0.00083	0.1	224
6	29.5	29.5	0.0295	0.00087	0.1	213
7	29.5	29.5	0.0295	0.00087	0.1	213
					VHN	220

Hasil uji komposisi, uji tarik, uji struktur mikro dan uji kekerasan menunjukkan bahwa specimen baja telah memenuhi standar pipa API 5L Gr B.

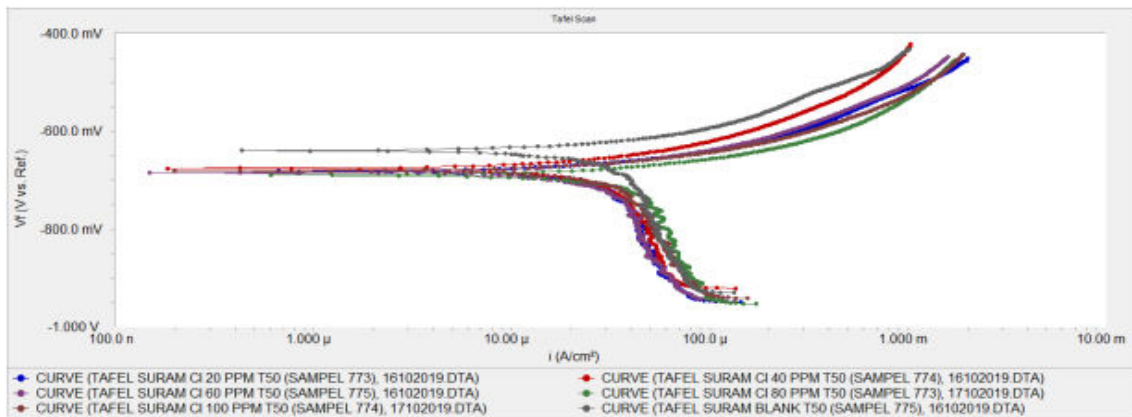
Hasil uji korosi pada material dengan fluida Suram West Area – Petapahan dapat dilihat pada tabel 5. Material tanpa inhibitor yang terpapar fluida pada temperature 30 C memiliki laju korosi 12.19 mpy. Peningkatan temperature menunjukkan peningkatan laju korosi yang signifikan. Dapat dilihat pada temperature 50 C laju korosi menjadi 29.85 mpy. Hubungan potensial dan arus korosi pada inhibitor pada temperature tertentu dapat dilihat pada gambar 3. Penambahan inhibitor amine dengan konsentrasi 60 ppm menghasilkan laju korosi terendah yaitu 26.92 mpy dengan $E = -684.5$ MV, $I = 30.04 \times 10^{-6}$ A/cm². Hubungan potensial dan arus korosi pada inhibitor dengan konsentrasi tertentu dapat dilihat pada gambar 4.

Tabel 5. Hasil uji laju korosi fluida Suram West Area – Petapahan

Larutan	I_{corr} (A/cm ²)	E_{corr} (mV)	CR (mpy)
Suram Blank T= 30°C	$13,6 \times 10^{-6}$	-610,4	12,19
Suram Blank T= 40°C	$13,85 \times 10^{-6}$	-639,3	12,41
Suram Blank T= 50°C	$33,31 \times 10^{-6}$	-638,8	29,85
Suram CI 20 ppm T= 50°C	$30,19 \times 10^{-6}$	-681,7	27,05
Suram CI 40 ppm T= 50°C	$32,60 \times 10^{-6}$	-675,7	29,21
Suram CI 60 ppm T= 50°C	$30,04 \times 10^{-6}$	-684,5	26,92
Suram CI 80 ppm T= 50°C	$41,77 \times 10^{-6}$	-689,6	37,43
Suram CI 100 ppm T= 50°C	34.47×10^{-6}	-681,1	30,89



Gambar 3. Hubungan potensial dan arus korosi pada inhibitor pada temperature 30, 40 dan 50 C

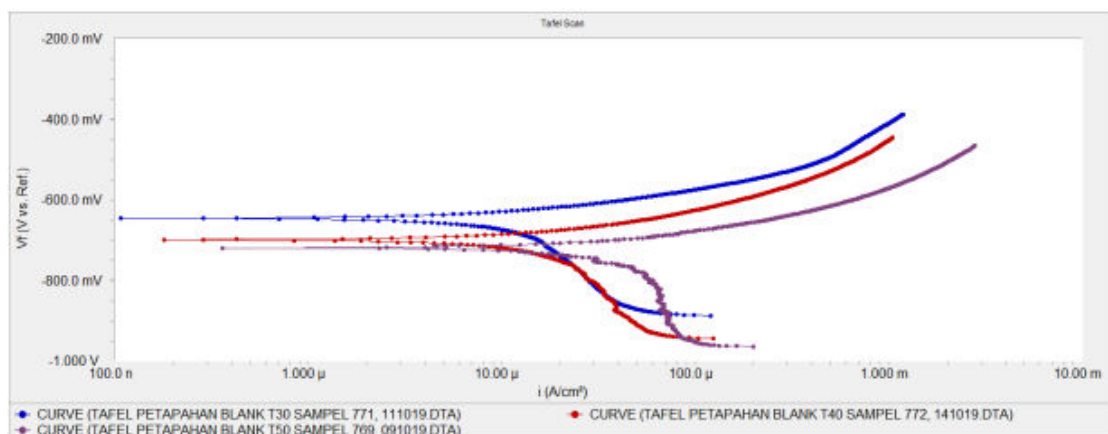


Gambar 4. Hubungan potensial dan arus korosi pada inhibitor dengan konsentrasi 0,20,40,60,80 dan 100 ppm

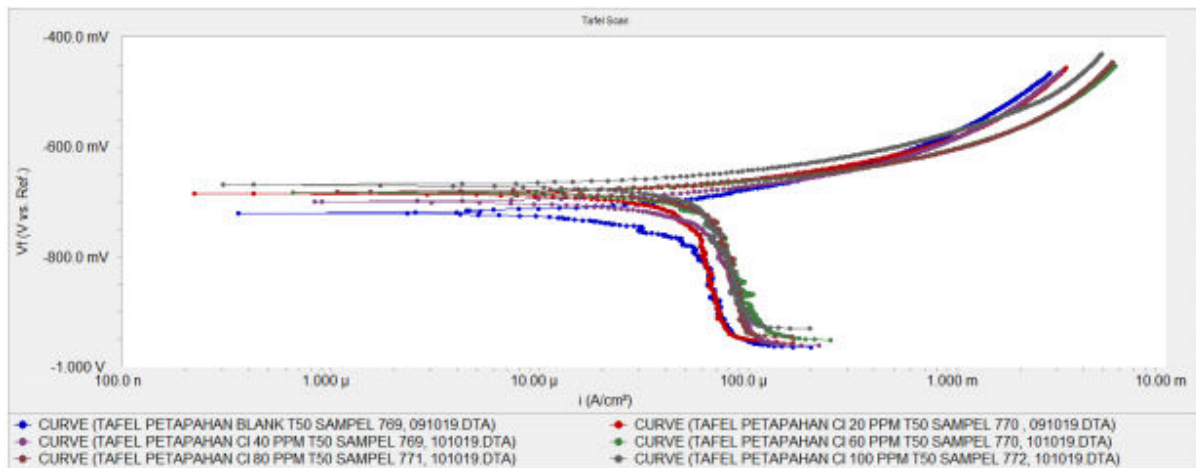
Hasil uji korosi pada material dengan fluida Petapahan - Kotabatak dapat dilihat pada tabel 6. Material tanpa inhibitor yang terpapar fluida pada temperature 30 C memiliki laju korosi 10.51 mpy. Peningkatan temperature menunjukkan peningkatan laju korosi yang signifikan. Dapat dilihat pada temperature 50 C laju korosi menjadi 46.60 mpy. Hubungan potensial dan arus korosi pada inhibitor pada temperature tertentu dapat dilihat pada gambar 5. Penambahan inhibitor amine dengan konsentrasi 20 ppm menghasilkan laju korosi terendah yaitu 46.10 mpy dengan $E = -684.5$ MV, $I = 51.44 \times 10^{-6}$ A/cm². Hubungan potensial dan arus korosi pada inhibitor dengan konsentrasi tertentu dapat dilihat pada gambar 6.

Tabel 6. Hasil uji laju korosi fluida Suram Petapahan - Kotabatak

Larutan	I_{corr} (A/cm ²)	E_{corr} (mV)	CR (mpy)
Petapahan Blank T= 30°C	$11,73 \times 10^{-6}$	-645,4	10,51
Petapahan Blank T= 40°C	$17,69 \times 10^{-6}$	-698,8	15,85
Petapahan Blank T= 50°C	$51,99 \times 10^{-6}$	-720,0	46,60
Petapahan CI 20 ppm T= 50°C	$51,44 \times 10^{-6}$	-684,5	46,10
Petapahan CI 40 ppm T= 50°C	$58,36 \times 10^{-6}$	-699,6	52,30
Petapahan CI 60 ppm T= 50°C	$57,61 \times 10^{-6}$	-683,4	51,63
Petapahan CI 80 ppm T= 50°C	$65,46 \times 10^{-6}$	-680,4	58,66
Petapahan CI 100 ppm T= 50°C	$55,88 \times 10^{-6}$	-668,6	50,08



Gambar 5. Hubungan potensial dan arus korosi fluida petapahan pada inhibitor pada temperature 30, 40 dan 50 C



Gambar 6. Hubungan potensial dan arus korosi fluida petapahan pada inhibitor dengan konsentrasi 0,20,40,60,80 dan 100 ppm

Secara umum dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan corrosion rate yang diakibatkan oleh kenaikan laju reaksi yang signifikan pada kenaikan suhu dari 30 C, 40 C dan 50 C. Pada kebanyakan reaksi, laju reaksi akan menjadi dua kali lipat pada kenaikan 10 C temperature. Hal ini disebabkan oleh gerakan partikel yang semakin cepat dan tumbukan yang terjadi lebih sering. Selain itu, kenaikan temperature juga mempengaruhi kecepatan suatu reaktan dalam mencapai energi aktivasi. Tumbukan hanya dapat terjadi saat partikel-partikel bersentuhan dengan energi yang cukup untuk terjadinya reaksi. Hal ini sudah sesuai dengan teori *Maxwell-Boltzman distribution* mengenai *collision theory*.

Pada specimen dengan efek penghambatan korosi terbaik, pada uji SEM dapat dilihat bahwa permukaan specimen yang halus karena adanya pemasigan dari inhibitor. Sedangkan pada specimen lainnya, dapat dilihat *general corrosion* sudah mulai terjadi. Pengujian EDS perlu dilakukan untuk validasi penurunan unsur FE dan penambahan unsur O pada specimen.

Uji kekerasan juga dilakukan untuk membandingkan perubahan kekerasan antara pipa lama yang sudah terkorosi dengan pipa baru. Hasil uji kekerasan menunjukkan adanya perubahan kekerasan dari cross sectional area pipa dari 219 HVN menjadi 187 HVN. Penurunan kekerasan ini terjadi karena tidak terdapatnya unsur karbon pada pipa terkorosi dan dapat divalidasi dengan uji EDS, dimana unsur karbon adalah unsur pengerasnya. Hasil Uji kekerasan pipa terkorosi dapat dilihat pada tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Hasil uji kekerasan pipa terkorosi

No	Diagonal bekas injakan		d (mm)	d ² (mm ²)	P (kg f)	VHN (kg/mm ²)
	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)				
1	31.5	32	0.03175	0.0010	0.1	184
2	32.5	33	0.03275	0.0011	0.1	173
3	31.5	30	0.03075	0.0009	0.1	196
4	31	31	0.031	0.0010	0.1	193

5	32	32	0.032	0.0010	0.1	181
6	31	32	0.0315	0.0010	0.1	187
7	30	31	0.0305	0.0009	0.1	199
					VHN	187

4. Kesimpulan

1. Penambahan inhibitor korosi berbasis amine pada fluida Petapahan – Kotabatak dan Suram West Area – Petapahan dapat membuat specimen lebih katodik dan menurunkan laju korosi.
2. Konsentrasi amine terbaik untuk fluida Suram West Area – Petapahan adalah 60 ppm dengan penurunan laju korosi dari 29,85 mpy menjadi 26,92 mpy.
3. Konsentrasi amine terbaik untuk fluida Petapahan – Kotabatak adalah 20 ppm dengan penurunan laju korosi dari 46,60 mpy menjadi 46,10 mpy
4. Penurunan kekerasan pada pipa terkorosi dari 219 HVN menjadi 187 HVN.

Daftar Pustaka

- [1] Moosbrugger, C., Sanders, B. R., Anton, G. J., Hrivnak, N., Kinson, J., Polakowski, C., ... & Scott Jr, W. W. (2003). ASM handbook. S. D. Cramer, & B. S. Covino Jr (Eds.). Materials Park: ASM international.
- [2] ASTM, I. (2016). ASTM E8/E8M-16a: Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International.
- [3] ASTM E384-17. (2017). Standard test method for microindentation hardness of materials.
- [4] Standard, A. S. T. M. (2014). Standard Test Method for Conducting Cyclic Potentiodynamic Polarization Measurements for Localized Corrosion Susceptibility of Iron-, Nickel-, or Cobalt-based Alloys.
- [5] API, A. (2012). 5L: Specification for Line Pipe. The American Petroleum Institute, Washington, DC.
- [6] API, R. (2011). 571-Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry. April 2011.
- [7] Baux, J., Caussé, N., Esvan, J., Delaunay, S., Tireau, J., Roy, M., ... & Pébère, N. (2018). Impedance analysis of film-forming amines for the corrosion protection of a carbon steel. *Electrochimica Acta*, 283, 699-707.
- [8] Díaz-Cruz, M., Domínguez-Aguilar, M. A., Cervantes-Tobón, A., Castro-Domínguez, B., Jiménez-Cruz, F., & Fuentes-Romero, M. T. (2017). Corrosion inhibition of pipeline steel X-70 in sour brine by an imidazoline derivative under flow assisted conditions. *International Journal of Electrochemical Science*, 12, 7481-7501.
- [9] Dariva, C. G., & Galio, A. F. (2014). Corrosion inhibitors—principles, mechanisms and applications. In *Developments in corrosion protection*. IntechOpen.
- [10] Efrid, K. D., & Jasinski, R. J. (1989). Effect of the crude oil on corrosion of steel in crude oil/brine production. *Corrosion*, 45(2), 165-171.
- [11] FROSIO, 2007, Surface Treatment Inspector in Accordance with NS 476, National Institute of Technology, Norway
- [12] Ramirez, M., Perdomo, J., Morales, J. L., & Vilorio, A. (2000, January). Effect of crude oil contaminants on the internal corrosion in gas pipelines. In *CORROSION 2000*. NACE International.

- [13] Jones, D.A., 1997, Principles and prevention of corrosion, Metallurgical and Chemical Engineering Department, University of Nevada, Prentice Hall International, USA.
- [14] Gao, G., Liang, C. H., & Wang, H. (2007). Synthesis of tertiary amines and their inhibitive performance on carbon steel corrosion. *Corrosion science*, 49(4), 1833-1846.
- [15] Kiefner, J. F., & Trench, C. J. (2001). Oil pipeline characteristics and risk factors: illustrations from the decade of construction. American Petroleum Institute.
- [16] Ajmera, P., Robbins, W., Richter, S., & Nešić, S. (2011). Role of asphaltenes in inhibiting corrosion and altering the wettability of the steel surface. *Corrosion, The Journal of Science and Engineering*, 67(10), 105006-105006.
- [17] Papavinasam, S., 2000, Uhlig's Corrosion handbooks, Jhon Wiley & Sons, Inc., USA.
- [18] Revie, R.W., and Uhlig, H.H., An Introduction to Corrosion Science and Engineering, Jhon Wiley & Sons, Inc., New Jersey
- [19] Roberge, P.R., 2000, Handbook of Corrosion Engineering, McGraw-Hill Book Company, New York
- [20] Speight, J. G. In the Chemistry and Technology of Petroleum; Marcel Dekker: New York, NY, 1999; Vol. 3, pp 918.
- [21] Cervantes-Tobón, A., Godínez-Salcedo, J. G., Gonzalez-Velazquez, J. L., & Díaz-Cruz, M. (2014). Corrosion rates of API 5L X-52 and X-65 steels in synthetic brines and brines with H₂S as a function of rate in a rotating cylinder electrode. *International Journal of Electrochemical Science*, 9(5), 2454-2469.
- [22] Widharto, S.(1999). Karat dan Pencegahannya.Cet.1, Jakarta: Pradnya Paramitha
- [23] Vargel, C.(2004). Corrosion of Aluminium, eBook Elsevier Ltd.

PROTOTYPE CORN DRYING HYBRID OF SOLAR ENERGY AND TURBINE VENTILATOR

Isman Harianda¹⁾, Moch. Agus Zaenuri²⁾

¹Staf Pengajar Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan

²Staf Pengajar Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan

Email : ¹isman.19590124@polmed.ac.id

Abstract

In post-harvest masses, abundant corn harvest makes it difficult for farmers to store it for a long time because corn stored in wet conditions will rot if not dried, from that corn must be dried. For economical, easy, fast and clean drying of corn, a Greenhouse Effect Dryer is used, where the heat used is sunlight. This dryer, designed in such a way, is equipped with a Greenhouse Chamber, a corn drying rack, and a turbine ventilator. This study will compare the Drying Device using a Turbine Ventilator and without using a Turbine Ventilator and the variables to be taken/recorded is the condition of the heating room (greenhouse effect room), the room before and after the Drying Rack and the velocity heating airflow after going through the Drying Rack. The results of this study obtained a drying rate of 3.77 grams/minute and the efficiency of the corn drying equipment system was 52%, to use a Turbine Ventilator, whereas without using a Turbine Ventilator, the drying rate was 4.23 grams/minute and the efficiency was 32%. After analyzing SPSS there is a difference in efficiency between using a Turbine Ventilator and without using a Turbine Ventilator and there is no difference in the drying rate.

Keywords: *Dryer, Greenhouse Effect, Turbine Ventilator, Corn*

1. Pendahuluan

Jagung adalah merupakan satu diantara tanaman bahan pangan dunia yang sangat penting diantara gandum dan padi. Sebagai satu diantara sumber karbohidrat, jagung saat ini dapat menjadi pengganti sumber pangan. Jagung juga ditanam untuk sebagai pakan ternak, diambil minyaknya, dibuat menjadi tepung (dikenal dengan nama maizena atau tepung jagung), dan bahan dasar untuk industri (tepung dari biji dan tepung tungkunya). Tungkul jagung juga banyak mengandung pentosa, sering digunakan sebagai bahan dasar untuk membuat pemanis *furfural*. Jagung yang direkayasa genetiknya juga sekarang dibudi dayakan sebagai penghasil bahan farmasi[1].

Secara umum masyarakat kita hanya memanfaatkan buah jagung dalam bentuk jagung segar pada pengolahan menjadi bahan makanan. Namun dalam industri bahan olahan pangan atau pakan ternak, jagung yang dimanfaatkan dalam kondisi yang telah kering. Pengeringan bermaksud untuk memperpanjang lama waktu simpan dengan cara menurunkan kadar air untuk memperlambat tidak timbulnya mikro organisme perusak/pembusuk. Pada proses pengeringan ini dilakukan pengaturan pada suhu, kelembaban (kelembaban relatip) serta aliran udara panas.

Alat Pengeringan jagung bisa dilakukan secara tradisional ataupun buatan. Umumnya pada pasca panen petani melakukan pengeringan biji jagung dengan menjemurnya di bawah cahaya matahari/surya secara langsung, sedangkan pengusaha jagung (pabrik) umumnya menggunakan Alat Pengering berupa *dryer*.

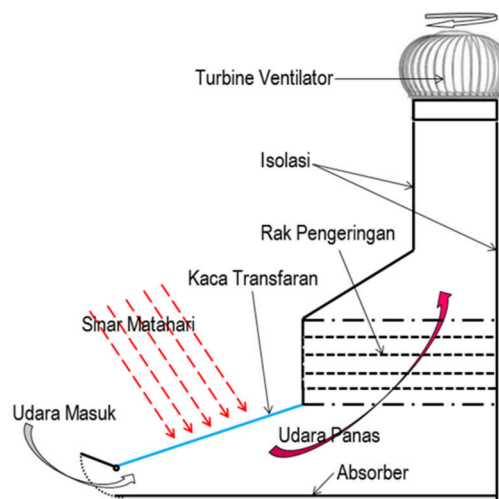
Alat Pengering disini adalah sebuah alat yang digunakan untuk menurunkan kelembaban udara dengan cara memanfaatkan energi surya, yang digunakan memanaskan absorber

sehingga udara yang melewati *absorber* menjadi panas. Aliran udara panas yang mengalir digunakan untuk menurunkan kelembaban jagung yang akan dikeringkan, dengan cara mengeluarkan kandungan air dari jagung tersebut[2].

Energi surya merupakan salah satu energi *renewable* yang berlimpah di Indonesia karena merupakan satu diantara negara beriklim tropis. Oleh sebab itu, energi surya dapat bermanfaat untuk mengurangi dan bahkan merupakan energi alternatif menggantikan kebutuhan akan bahan bakar atau energi listrik dalam proses pengeringan hasil pertanian[2].

Dari uraian diatas maka penulis tertarik untuk membantu petani dapat mengeringkan jagungnya pada saat pasca panen dengan membuat Alat Pengering yang sederhana, hemat energi, hemat waktu dan bersih dari bahan ikutan dimana digunakan efek yang disebabkan rumah kaca dari energi Surya. Pada penelitian Alat Pengering ini tidak seperti penelitian sebelumnya, sumber panasnya hanya dari sinar Matahari dan membandingkan antara menggunakan Turbin *Ventilator* dengan tanpa menggunakan Turbin *Ventilator* dengan memakai Uji Beda Independent Sample t Test dari SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*).

Alat Pengering Sistem efek rumah kaca (*Green House Effect*) bekerja berdasarkan efek cara kerja rumah kaca, terjadinya efek ini karena adanya kaca transparan pada dinding miring bangunan serta plat penyerap sebagai alat penerima panas untuk menaikkan suhu udara ruangan pengering. Bahan dinding miring yang digunakan adalah bahan tranfaran misalnya kaca. Lapisan kaca yang transparan ini dapat dilewati radiasi gelombang elektromagnetik dari matahari menembus ke dalam dan menyerpa pelat penyerap. Didalam Rumah Kaca radiasi sinar gelombang pendek yang diserap akan berubah menjadi radiasi sinar gelombang panjang dan terkumpul dalam ruangan karena tidak dapat melalui penutup kaca transparan sehingga menyebabkan udara menjadi panas. Proses inilah yang disebut dengan efek akibat Rumah Kaca. Jika matahari menyerpa bahan tranfaran (kaca), maka sebagian besar sinar itu akan diteruskan, diserap dan dipantulkan kembali oleh kaca. Dari itu penutup kaca transparan memerlukan bahan yang mempunyai nilai daya hantar yang tinggi dengan besar daya serap dan daya pantul yang relatip rendah agar dapat menangkap gelombang pendek sebesar mungkin[3].



Gambar 1. Alat Pengering

Alat Pengering ini menerima energi sinar matahari sebagai sumber panasnya. Alat ini dapat beroperasi pada kondisi cuaca yang baik dan cerah. Alat Pengeringan ini disebut dengan Alat Pengering hibrid, yaitu selain energi matahari untuk pemanas digunakan juga Turbin *Ventilator* untuk mempercepat aliran udara pemanas.

Udara dingin lingkungan akan masuk melalui pintu masuk keruangan rumah kaca, disini udara dingin tadi akan menjadi panas akibat disinari oleh sinar matahari (energi surya). Udara yang panas tersebut secara alamiah akan bergerak keatas melalui Rak Pengeringan Jagung dan keluar keatas lewat Turbin *Ventilator*.

Turbin *Ventilator* didesain sedemikian rupa, udara yang panas akan memutar Turbin *Ventilator*, secara terus-menerus selama ada perbedaan temperatur udara dingin dan panas. Selain itu kecepatan angin yang berada disekitar Turbin *Ventilator* akan turut juga memutar Turbin tersebut.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk menganalisa laju aliran pengeringan dan efisiensi peralatan pengering jagung pada hari cerah dan panas serta membandingkan dengan dan tanpa menggunakan Turbin *Ventilator* (Uji Beda *Independent Sample t Test* dengan SPSS).

Tahapan-Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan terutama pada hari-hari cerah dan panas dengan membuat instalasi Pengering Sistem efek Rumah Kaca dikombinasikan dengan Turbin *Ventilator* yang portabel agar dapat dipindah tempatkan dan dilakukan selama lebih kurang 3 (tiga) bulan.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah sekitar Laboratorium Teknik konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan

Parameter Pengukuran dan Pengamatan

Adapun parameter yang akan diukur :

- Intensitas Radiasi Matahari yang masuk ke Pengering (Ruangan Efek Rumah Kaca) melalui kaca tranfaran yang mempunyai ukuran 1 (satu) meter persegi.
- Temperatur bola kering dan kelembaban relatip (Temperatur & *Relative Humadity*) pada udara masuk, di ruang pemanas, setelah mengeringkan biji jagung dan diluar dari Turbin Ventilator
- Kecepatan udara pengering setelah keluar dari Rak Alat Pengering.
- Menghitung laju pengeringan.
- Efisiensi Alat Pengering pada hari cerah dan panas.

Alat-Alat Ukur

- *Solarimeter* untuk mengukur Intensitas Radiasi Matahari (W/m^2 & Wh/m^2),
- Alat ukur Temperatur dan *Relative Humadity* ($^{\circ}C$ & % RH),
- *Anemometer* untuk mengukur kecepatan udara setelah keluar dari ruang sekitar Rak Pengering (m/dtk),
- Timbangan digital untuk menimbang jagung (gram),
- *Hygrometer* digital, alat ukur kelembaban biji-bijian (%).

Model Penelitian

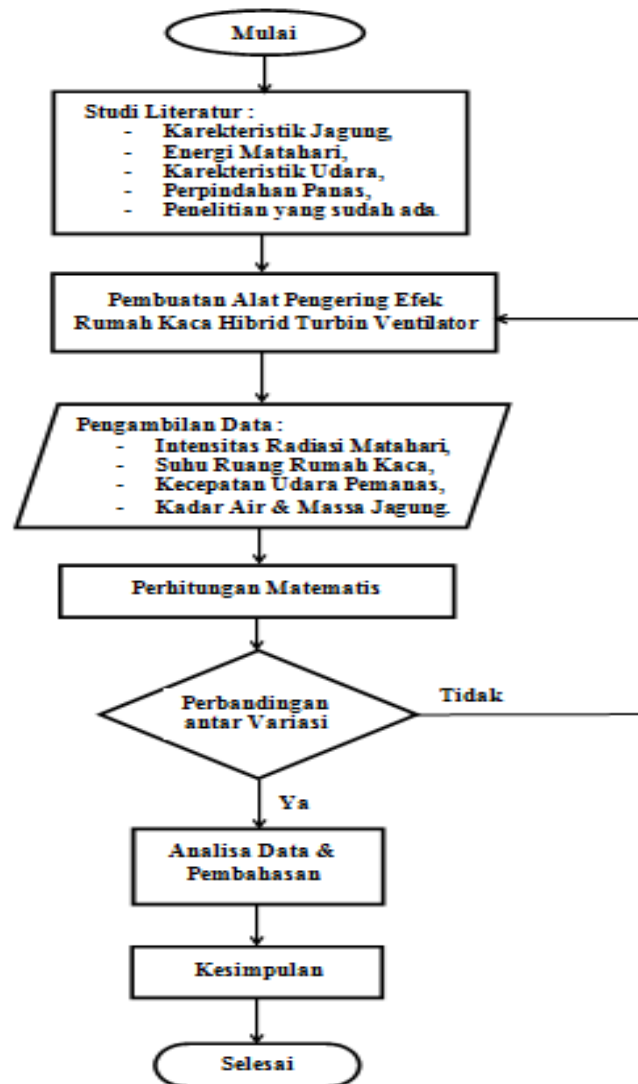
Membuat Pengering sistem efek akibat Rumah Kaca dengan pendukung Turbin Ventilator yang portabel, dengan ukuran *Absorber* (Ruang Rumah Kaca) = $1\ m^2$, Turbin Ventilator 12 inch, massa Jagung 3 kg, luas bidang Rak Pengering $0,25\ m^2$.

Prosedur Pengambilan Data dan Analisa.

Pengambilan data dilakukan pada hari cerah, data yang diambil adalah kondisi udara (Temperatur & Kelembaban Ralatip) pada Ruang Rumah Kaca, Ruang sebelum dan sesudah Rak Pengering, data intensitas radiasi Matahari yang masuk Ruang Rumah Kaca, kecepatan udara pemanas yang keluar dari Rak Pengering, data kelembaban jagung sebelum dan sesudah dikeringkan serta penimbangan massa jagung, sedangkan analisa data dilakukan secara primer dan analisa menggunakan metode uji beda secara statistik (Uji Beda *Independent Sample t Test* dengan SPSS) [4][5].

Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Untuk mendapatkan secara sistimatis pelaksanaan penelitian ini dibuatlah diagram alirnya seperti dibawah ini



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil Dan Pembahasan

Berdasarkan hasil dari pengamatan dan pengukuran dan perhitungan yang telah dilaksanakan pada cuaca cerah dari pagi hari hingga sore pada tanggal 5 – 24 Agustus 2019 maka diperoleh data-data sebagai berikut:

Dengan menggunakan $Q_{in} = (I_m \times A_p) / t = \text{Panas yang masuk Ruang Rumah Kaca (1)}$

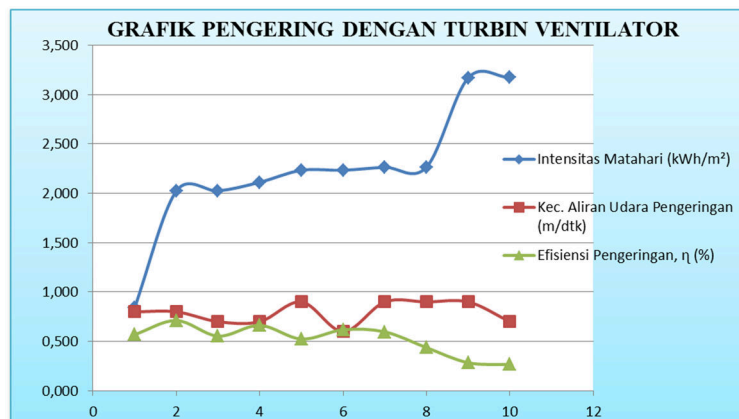
$$Q_{out} = V_{ud} \times \rho_{ud} \times A_{rak} \times \Delta h_{3-4} = \text{Panas yang diterima Jagung (2)}$$

dimana :

- I_m = Intensitas Radiasi Matahari (Wh/m^2)
 A_p = Luas penampang *Absorber* Ruang Efek Rumah Kaca (m^2)
 t = Waktu penerimaan sinar Matahari (Jam)
 V_{ud} = Kecepatan udara pemanas di sekitar Rak Pengering (m/dtk)
 ρ_{ud} = Densitas udara (kg/m^3)
 A_{rak} = Luas penampang dari Rak Pengering (m^2)
 Δh_{3-4} = *Enthalphy* yang diterima Jagung (*Psycometric Chart*) (kJ/kg)[6]

Tabel 1. Data Pengeringan Jagung dengan memakai Turbin Ventilator.

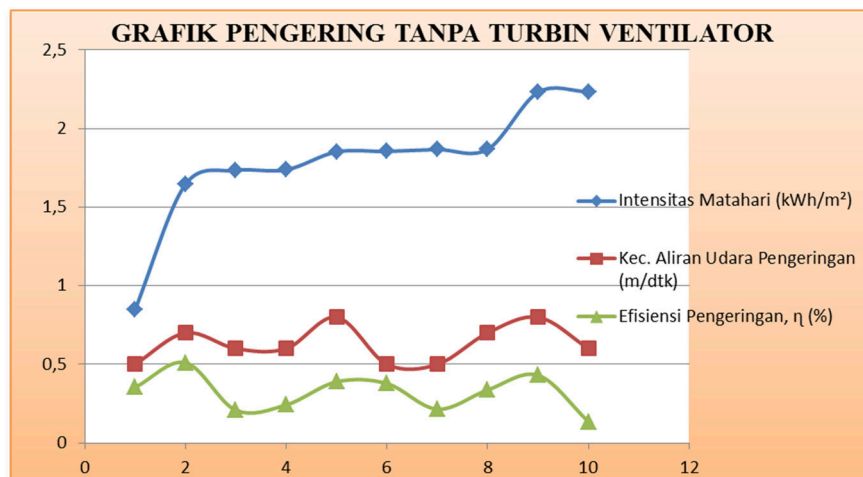
No	Intensitas Matahari		Kondisi Udara di Rak Ruang Rumah Kaca (Psycometric Chart)							Kec. Udara Panas (m/dtk)	Q_{in} (kW)	Q_{out} (kW)	η (%)
	W/m^2	Wh/m^2	T_3 ($^{\circ}\text{C}$)	RH_3 (%)	h_3 (kJ/kg)	T_4 ($^{\circ}\text{C}$)	RH_4 (%)	h_4 (kJ/kg)	Δh_{3-4} (kJ/kg)				
1	183	844	37,7	54,0	94,9	34,4	68,0	94,2	0,6	0,8	0,1688	0,0960	57
2	424	2024	43,6	28,0	84,2	39,4	41,0	87,0	1,8	0,8	0,4048	0,2880	71
3	431	2024	43,7	30,0	86,9	36,1	54,0	84,8	1,6	0,7	0,4048	0,2240	55
4	324	2112	37,9	46,0	86,4	35,6	56,0	89,7	2,0	0,7	0,4224	0,2800	66
5	416	2234	44,3	32,0	91,7	38,9	48,0	93,0	1,3	0,9	0,4468	0,2340	52
6	434	2234	42,4	34,0	87,4	38,6	46,0	90,8	2,3	0,6	0,4468	0,2760	62
7	564	2264	40,3	35,0	82,5	38,3	42,0	84,7	1,5	0,9	0,4528	0,2700	60
8	603	2266	45,3	30,0	92,9	41,9	40,0	94,6	1,1	0,9	0,4532	0,1980	44
9	634	3170	45,6	27,0	87,5	44,2	30,0	90,0	1,0	0,9	0,6340	0,1800	28
10	638	3173	46,6	26,0	89,4	44,9	30,0	92,8	1,2	0,7	0,6346	0,1680	26
Rata-Rata									1,4	0,79	0,4469	0,2214	52



Gambar 3. Grafik Pengering dengan menggunakan Turbin Ventilator

Tabel 2. Data Pengeringan Jagung tanpa memakai Turbin *Ventilator*.

No	Intensitas Matahari		Kondisi Udara di Rak Ruang Rumah Kaca (Psychrometric Chart)							Kec. Udara Panas (m/dtk)	Q _{in} (kW)	Q _{out} (kW)	η (%)
	W/m ²	Wh/m ²	T ₃ (°C)	RH ₃ (%)	h ₃ (kJ/kg)	T ₄ (°C)	RH ₄ (%)	h ₄ (kJ/kg)	Δh_{3-4} (kJ/kg)				
1	204,0	849	38,3	56,0	99,8	35,8	63,0	100,4	0,6	0,5	0,1698	0,0600	35
2	392,0	1646	41,4	41,0	93,8	38,3	49,0	95,0	1,2	0,7	0,3292	0,1680	51
3	572,0	1734	42,5	47,0	105,6	39,4	54,0	106,2	0,6	0,6	0,3468	0,0720	21
4	566,0	1738	42,6	43,0	100,9	39,5	50,0	101,6	0,7	0,6	0,3476	0,0840	24
5	816,0	1852	40,1	54,0	107,6	35,8	70,0	108,5	0,9	0,8	0,3704	0,1440	39
6	595,0	1855	41,4	36,0	87,1	38,3	43,0	88,5	1,4	0,5	0,3710	0,1400	38
7	649,0	1867	43,1	38,0	96,0	40,5	44,0	96,8	0,8	0,5	0,3734	0,0800	21
8	561,0	1869	40,7	46,0	97,3	38,3	51,0	98,2	0,9	0,7	0,3738	0,1260	34
9	530,0	2231	42,1	38,0	92,4	40,2	42,0	93,6	1,2	0,8	0,4462	0,1920	43
10	526,0	2235	39,9	42,0	89,0	38,2	45,0	89,5	0,5	0,6	0,4470	0,0600	13
Rata-Rata									0,88	0,63	0,3575	0,1126	32

Gambar 4. Grafik Pengering tanpa Turbin *Ventilator*

Dari tabel 1, tabel 2, gambar grafik 3 dan gambar grafik 4, dapat dianalisa sebagai berikut :

- Pada saat sinar radiasi matahari besar, efisiensi pengeringan menurun/kecil, ini patut diduga alat pengering tidak dapat menerima energi yang besar, yaitu makin besar energi yang masuk makin besar pula yang hilang.
- Makin panas ruang pemanas, dan kecepatan angin sekitar Turbin *Ventilator* tinggi maka kecepatan udara pemanas makin tinggi, ini menyebabkan waktu penyerapan panas makin sedikit.
- Dengan menggunakan Turbin *Ventilator*, kecepatan udara pemanas makin cepat apalagi adanya bantuan kecepatan angin yang memutar Turbin.

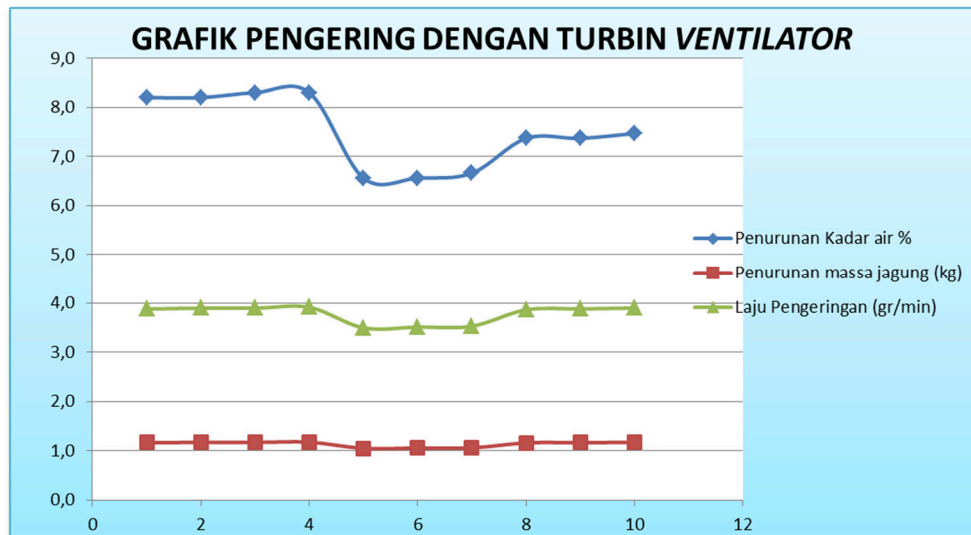
Dari hasil pengambilan data untuk Kadar Air dan Massa Jagung diperoleh hasil seperti dibawah ini :

$$\dot{m} = \frac{W_0 - W_1}{t} \quad (3)$$

dimana: \dot{m} = Laju Pengeringan (gram/menit)
 W_0 = Berat Jagung Awal (gram)
 W_1 = Berat Jagung Akhir (gram)
 T = Waktu yang dibutuhkan (menit)

Tabel 3. Data Kadar Air dan Massa Jagung dengan memakai Turbin *Ventilator*.

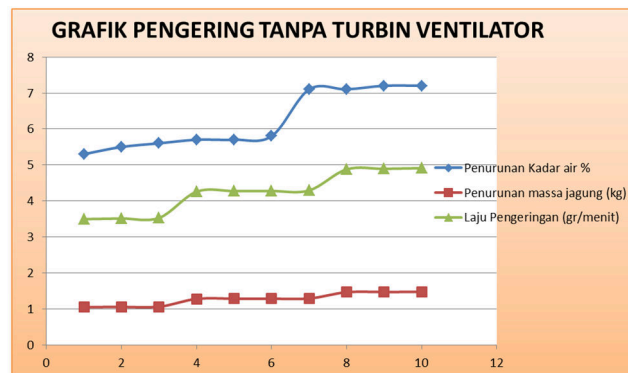
No	Kadar Air Jagung (%)			Massa Jagung (gram)			Laju Pengeringan (gr/menit)
	Awal	Akhir	Selisih	Awal	Akhir	Selisih	
1	19,5	11,3	8,2	3000	1837,5	1162,5	3,88
2	19,6	11,4	8,2	3000	1832,3	1167,7	3,89
3	19,5	11,2	8,3	3000	1832,3	1167,7	3,89
4	19,5	11,2	8,3	3000	1827,1	1172,9	3,91
5	18,5	11,9	6,6	3000	1952,0	1048,0	3,49
6	18,6	12,0	6,6	3000	1947,0	1053,0	3,51
7	18,5	11,8	6,7	3000	1942,0	1058,0	3,53
8	18,5	11,1	7,4	3000	1842,1	1157,9	3,86
9	18,6	11,2	7,4	3000	1836,9	1163,1	3,88
10	18,5	11,0	7,5	3000	1831,7	1168,3	3,89
Rata-Rata			7,5			1131,9	3,77



Gambar 5. Grafik Kadar Air dan Massa Jagung dengan menggunakan Turbin *Ventilator*

Tabel 4. Data Kadar Air dan Massa Jagung tanpa memakai Turbin *Ventilator*.

No	Kadar Air Jagung (%)			Massa Jagung (gram)			Laju Pengeringan (gr/menit)
	Awal	Akhir	Selisih	Awal	Akhir	Selisih	
1	18,8	13,5	5,3	3000	1951,9	1048,1	3,49
2	18,8	13,3	5,5	3000	1946,7	1053,3	3,51
3	18,5	12,9	5,6	3000	1941,6	1058,4	3,53
4	18,7	13,0	5,7	3000	1722,8	1277,2	4,26
5	19,1	13,4	5,7	3000	1717,9	1282,1	4,27
6	18,6	12,8	5,8	3000	1717,6	1282,4	4,27
7	18,5	11,4	7,1	3000	1712,8	1287,2	4,29
8	18,5	11,4	7,1	3000	1537,2	1462,8	4,88
9	18,4	11,2	7,2	3000	1532,3	1467,7	4,89
10	18,5	11,3	7,2	3000	1527,1	1472,9	4,91
Rata-Rata			6,2			1269,2	4,23

Gambar 6. Grafik Kadar Air dan Massa Jagung tanpa menggunakan Turbin *Ventilator*

Hasil pengujian “Uji Beda *Independent Sample t Test* dengan SPSS” pada efisiensi Alat Pengering Jagung, ternyata ada perbedaan antara dengan menggunakan Turbin *Ventilator* dan tanpa menggunakan Turbin *Ventilator* seperti tabel dibawah ini :

Group Statistics					
	PENGERING	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
EFISIENSI HASIL PENELITIAN	DENGAN TURBIN VENTILATOR	10	,5210	,15169	,04797
	TANPA TURBIN VENTILATOR	10	,3190	,11770	,03722

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference
EFISIENSI HASIL PENELITIAN	Equal variances assumed	,343	,566	3,327	18	,004	,20200	,06072	,07444 ,32956
	Equal variances not assumed			3,327	16,954	,004	,20200	,06072	,07387 ,33013

Gambar 7. Uji Beda Statistik Efisiensi *Independent Sample t Test*

Jika nilai *Sig. (2-tailed)* < 0,005, maka terdapat perbedaan yang signifikan antara Efisiensi Dengan Menggunakan Turbin *Ventilator* dan Tanpa Menggunakan Turbin *Ventilator*. Jika nilai *Sig. (2-tailed)* > 0,005, maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara Efisiensi Dengan Menggunakan Turbin *Ventilator* dan Tanpa Menggunakan Turbin *Ventilator*.

Karena nilai Sig. (2-tailed) < 0,005 (0,004 < 0,005), maka terdapat perbedaan yang signifikan antara Efisiensi dengan menggunakan Turbin *Ventilator* dan tanpa menggunakan Turbin *Ventilator* (Gambar 7). Sedangkan untuk Laju Pengeringan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara Laju Pengeringan dengan Menggunakan Turbin *Ventilator* dan tanpa Menggunakan Turbin *Ventilator*, nilai Sig. (2-tailed) > 0,005 (0,026 > 0,005), seperti tabel SPSS (Gambar 8), dibawah ini.

Group Statistics									
PENGERING		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean				
LAJU PENGERINGAN	DENGAN MENGGUNAKAN TURBIN VENTILATOR	10	3,7730	,18215	,05760				
	TANPA MENGGUNAKAN TURBIN VENTILATOR	10	4,2300	,56610	,17902				

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference
									Lower Upper
LAJU PENGERINGAN	Equal variances assumed	6,338	,022	-2,430	18	,026	-,45700	,18805	-,85209 -,06191
	Equal variances not assumed			-2,430	10,844	,034	-,45700	,18805	-,87163 -,04237

Gambar 8. Uji Beda Statistik Laju Pengeringan *Independent Sample t Test*

4. Kesimpulan

1. Dari hasil perhitungan rata-rata efisiensi (η) Alat Pengering dengan menggunakan Turbin Ventilator sebesar 52 % dan Alat Pengering tanpa menggunakan Turbin Ventilator sebesar 32 %
2. Dengan menggunakan Uji Beda Independent Sample t Test dari SPSS, diperoleh nilai Sig. (2-tailed) < 0,005, yaitu 0,004 < 0,005 maka terdapat perbedaan yang signifikan antara Efisiensi dengan menggunakan Turbin Ventilator dan tanpa menggunakan Turbin Ventilator.
3. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara Laju Pengeringan dengan Menggunakan Turbin Ventilator dan tanpa Menggunakan Turbin Ventilator, Selisih/penurunan rata-rata Kadar Air dan Massa Jagung dengan menggunakan Turbin Ventilator dan tanpa menggunakan Turbin Ventilator sebagai berikut : Penurunan Kadar Air = 7,5 (%), Massa Jagung = 1131,9 (gram) dan laju pengeringan = 3,77 (gr/menit), untuk Pengering dengan Turbin Ventilator serta penurunan Kadar Air = 6,2 (%), Massa Jagung = 1269,2 (gram) dan Laju Pengeringan = 4,23 (gr/menit) untuk untuk Pengering tanpa Turbin Ventilator.

Ucapan Terima Kasih

Penulis dengan penuh rasa syukur kepada Allah Yang Maha Kuasa, mengucapkan terima kasih kepada Direktur dan Ketua Unit Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (UPPM) Politeknik Negeri Medan atas bantuannya untuk mendapatkan dana/finansial yang diberikan oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi melalui dana DIPA Politeknik Negeri Medan sesuai dengan kontrak penelitian nomor: B/146/PL5/PT.01.05/2019.

Daftar Pustaka

- [1] Krisnamurthi, B. (2010). Manfaat Jagung dan Peran Produk Bioteknologi Serealialia dalam Menghadapi Krisis Pangan, Pakan dan Energi di Indonesia. *Prosiding Pekan Serealialia Nasional*.
- [2] Pradana, A. J., & Puja, I. G. K. Karakteristik Pengering Energi Surya Menggunakan Absorber Porus Dengan Ketebalan 12 cm.
- [3] Hadi, S. (2015). Laju Pengeringan kapulaga menggunakan alat pengering efek rumah kaca dengan bantuan tungku biomassa. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 5(1).
- [4] Santoso, S. (2012). Panduan Lengkap SPSS Versi 20, Cetakan Kedua. *PT Elex Media Komputindo, Jakarta*.
- [5] <https://www.youtube.com/watch?v=hsWUJEBbEBU>, Cara uji beda Independent sample t Test dengan SPSS lengkap, tanggal 15 Oktober 2019, jam 10.00 WIB.
- [6] Psychometric Chart, Barometric Pressure 760 mm of Mercury, Universal Industrial Gases.
- [7] Sunarti D. & Arnold Turang, 2017, Penanganan Panen dan Pasca Panen Jagung untuk Tingkat Mutu Jagung, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Utara, (<http://sulut.litbang.pertanian.go.id/index.php/info-teknologi/pangan/106-infoteknologi4/810-penanganan-panen-dan-pasca-panen-jagung-untuk-tingkat-mutu-jagung>)
- [8] Subarjo, S., Widodo, T., & Karfiandi, M. Y. (2015). Modifikasi Pengering Tenaga Surya dengan Ventilator Otomatis. *Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian-TekTan*, 7(3), 145-156.
- [9] Syah, H., Agustina, R., & Moulana, R. (2016). Rancang Bangun Pengering Surya Tipe Bak Untuk Biji Kopi. *Rona Teknik Pertanian*, 9(1), 25-39.
- [10] Putra, I. E., & Hadi, P. (2013). Analisa Efisiensi Alat Pengering Tenaga Surya Tipe Terowong Berbantuan Kipas Angin pada Proses Pengeringan Biji Kopi. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 3(2).
- [11] Handoyo, E. A., Kristanto, P., & Alwi, S. (2011). Desain dan Pengujian Sistem Pengering Ikan Bertenaga Surya. *Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra*.

DESIGN OF ELECTRICAL ENERGY POWER SYSTEM BASED ON WIND TURBINE AND SOLAR PANEL

Frendi Maulana¹⁾, Siti Mutmainah²⁾

Teknik Elektro, Universitas Nahdlatul Ulama Lampung
Mataram Marga, Sukadana, Kabupaten Lampung Timur, Lampung 34194
Email : ¹frendimaulana270@gmail.com

Abstract

This research aims to develop the design of wind-solar power plants in shrimp pond areas. The prototype was developed according to the design of the generator made. Design efficiency is demonstrated by analyzing electrical energy generated in the system. The methods include: build generator system design, prototype assembly and testing. The design developed is to maximize work of the radial generator system through manufacturing of rotors with neodymium magnets. The test results obtained an average battery charging of 29.72 watts. The lowest solar intensity occurs at 06.00 WIB (46300 lumens). While the highest intensity occurred at 14.00 WIB (116200 lumens). The highest wind speed of 2.8 m/s at 12:00 WIB. This clarifies that the intensity of the sun and wind speed affect the value of battery, the value will be directly proportional that the greater the intensity and speed, the greater electrical energy produced.

Keywords: *Power plant design, wind turbin, solar panel.*

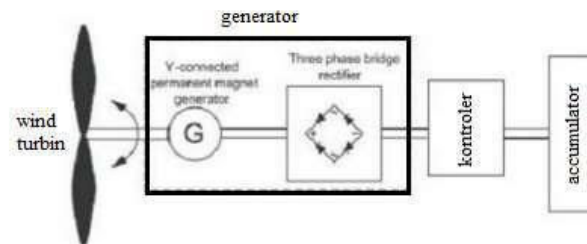
1. Pendahuluan

PT Wahyuni Mandira (WM) merupakan perusahaan tambak udang vannamei di Desa Bumi Pratama Mandira Kecamatan Sungai Menang Kabupaten OKI Sumatera Selatan. Tambak udang tersebut mulai beroperasi pada 14 Juli 2008 sampai dinyatakan pailit diawal tahun januari 2017 dan berhenti beroperasi. Pada perkembangannya PT WM adalah salah satu penghasil udang terbesar di indonesia serta menjadi pelaku eksportir udang ke beberapa negara disekitaran indonesia. Setelah berstatus pailit, eks karyawan PT WM berusaha tetap menjalankan kegiatan budidaya udang sistem tradisional secara mandiri. Hal ini dilatarbelakangi karena biaya operasional yang tinggi dalam setiap siklus budidayanya. Meskipun secara tradisional, rata-rata biaya operasional yang dihabiskan tidak kurang dari 15-30 juta rupiah/hektar kolam. Adanya kenaikan harga disemua jenis bahan bakar minyak (BBM) dipastikan akan berdampak pada meningkatnya biaya pengeluaran operasional pemakaian energi listrik. Ekspansi sumber pembangkit listrik lain merupakan alternatif yang bisa dikembangkan sebagai langkah meminimalisir biaya operasional tambak udang oleh masyarakat.

Secara geografis, wilayah WM berada dikawasan tepian sungai dengan potensi energi angin yang sangat bagus. Kecepatan angin rata-rata berada di 3,7 knot dan durasi penyinaran matahari sebesar 70,5 % [1]. Artinya, melimpahnya potensi energi tersebut dapat dimanfaatkan menjadi salah satu sumber energi listrik alternatif berbasis energi terbarukan. Usulan pengembangan energi listrik tenaga matahari dan angin diperkirakan memiliki tingkat polusi sangat kecil dan ramah lingkungan. Energi listrik dari tenaga angin (bayu) dikonversi melalui modifikasi sistem wind turbine, sedangkan energi listrik dari tenaga matahari dikonversi dengan bantuan panel surya.

Pada prinsipnya pembuatan pembangkit listrik tenaga bayu sangat sederhana yaitu dengan memanfaatkan generator (konsep rotor dan stator) yang digerakan dari tenaga angin untuk menghasilkan listrik. Secara teoritis penggunaan generator akan menkonversi energi

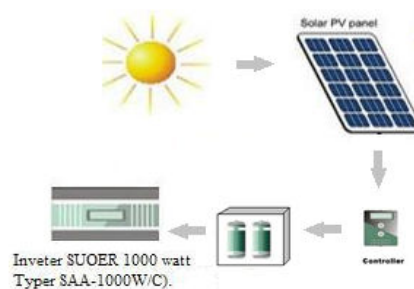
mekanis menjadi energi listrik [3]. Sementara modifikasi konversi energi matahari dapat dikembangkan dengan menggunakan dan memperbanyak panel surya pada sistem solar cell. Pembangkit listrik tenaga bayu/angin merupakan sistem konversi energi angin menjadi energi listrik. Dalam proses konversi energi, perangkat turbin dilengkapi dengan suatu generator untuk merubah energi gerak menjadi listrik. Listrik akan dihasilkan pada proses Bergeraknya atau putaran mekanik rotor terhadap stator [4]. Dalam prakteknya, rotor akan berputar sehingga medan magnet akan memotong lilitan diam pada stator dan menghasilkan gaya gerak listrik. Untuk memaksimalkan turbin, parameter-parameter yang dapat dioptimalkan yaitu memperbesar kapasitas generator. Parameter lain yang harus diperhatikan dalam usulan penelitian adalah panjang lengan turbin dimana akan berpengaruh dalam putaran turbin untuk menggerakkan rotor didalam generator. Semakin pendek lengan turbin, semakin cepat putaran pada turbin [5]. Selain itu untuk memaksimalkan performa turbin pemakaian 3 (tiga) bilah akan lebih stabil dibandingkan pemakaian 2 atau 4 bilah.



Sumber: (modifikasi) pribadi.

Gambar 1. Sistem pembangkit listrik tenaga bayu.

Solar cell atau fotovoltaik adalah suatu alat yang digunakan untuk mengubah atau mengkonversi energi surya menjadi energi listrik searah, yang terbuat dari bahan semi konduktor. Bahan semikonduktor yang dipakai adalah silikon (Si). Solar cell ini bersifat semiconductor yang terbuat dari silikon berkrystal tunggal [6]. Prinsip kerja solar cell. Sinar Matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan Foton. Ketika terkena sinar Matahari, Foton yang merupakan partikel sinar Matahari tersebut menghantam atom semikonduktor silikon Sel Surya sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Posisi atau letak solar cell terhadap matahari juga berpengaruh terhadap besar kecilnya energi listrik yang dihasilkan.



Sumber: (modifikasi) pribadi.

Gambar 2. Sistem pembangkit listrik tenaga surya.

Pada penelitian ini, sistem akan memaksimalkan secara bersamaan atau bergantian kedua sumber energi matahari dan angin. Maka ketika malam hari pembangkit listrik akan digerakan oleh kincir angin, sementara pada siang hari panel-panel sel surya akan menangkap sinar matahari yang secara terus menerus menkonversikan/ memasok listrik. Tehnologi hybrid akan memanfaatkan sinar matahari pada saat kecepatan anginya rendah dan sebaliknya dapat memanfaatkan energi angin pada saat sinar matahari redup [2].

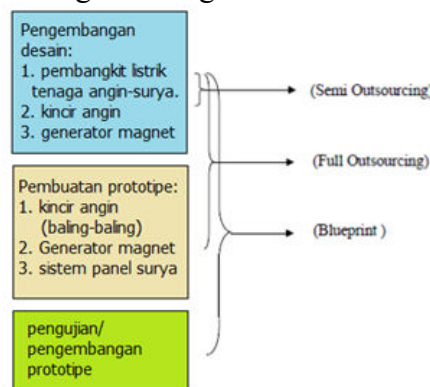
Desain sistem pembangkit energi listrik secara khusus bertujuan untuk mendapatkan rancangan satu sistem konversi energi listrik terbarukan yang lebih efektif, ekonomis dan futuristik. Kebutuhan energi listrik yang tinggi di wilayah pertambakan WM digunakan masyarakat untuk mendukung budidaya udang vannamei dan penerangan di malam hari. Terpenuhi energi listrik akan berdampak dalam upaya mengurangi faktor kegagalan budidaya udang. Energi listrik akan menghidupkan dan memaksimalkan kerja kincir air sehingga bibit-bibit penyakit seperti berak putih (*White Feces Disease*), *White Spot Syndrome* dan kerdil dapat diminimalisir. Oleh sebab itu adanya penelitian ini diharapkan menjadi salah satu solusi tercepat untuk masyarakat pertambakan dalam mengatasi keterbatasan pasokan energi listrik.

2. Metodologi Penelitian

Adapun metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen.

a. Diagram alir penelitian

Penelitian yang dilakukan tersentral pada pengembangan desain sistem pembangkit energi listrik berbasis *wind turbin* dan *panel surya* untuk wilayah pertambakan. Alur penelitian digambarkan secara ringkas sebagai berikut:



Sumber: (modifikasi) pribadi.

Gambar 3. Tahap Pengembangan Desain

Alur penelitian dibagi kedalam tiga tahap: Tahap **pertama** disebut *semi outourcing* (pengembangan desain); **kedua**, *full outourcing* atau pembuatan prototipe sesuai desain yang dikembangkan dan **ketiga** disebut *blueprint* (pengujian prototipe). Kegiatan penelitian secara bertahap dilakukan sesuai dengan diagram alir diatas.

b. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 11 bulan pada rentang bulan Januari-November 2019. Pengembangan desain rancangan dilakukan di lingkungan Universitas Nahdlatul Ulama Lampung, sementara perakitan sebagian prototipe dan pengujian dilakukan di lokasi PT. WM.

3. Hasil dan Pembahasan

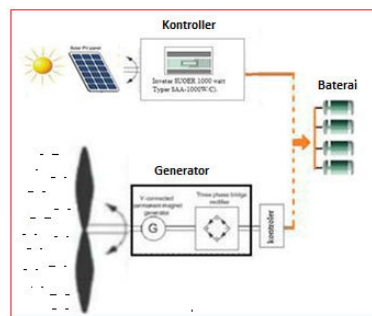
Desa Bumi Pratama Mandira secara geografis adalah kawasan tepian sungai yang memiliki potensi energi angin dan matahari yang cukup bagus. Namun demikian perlu dilakukan pengujian dan pemanfaatan untuk mengkonversi potensi tersebut menjadi energi listrik di daerah tersebut. Penelitian ini berkontribusi dalam upaya pengembangan desain pembangkit listrik sistem hybrid yang lebih efektif. Desain yang dihasilkan/ditawarkan dipercaya sebagai esensi pembeda dari penelitian sejenis terkait. Hasil penelitian ini berbentuk desain sistem pembangkit energi angin-matahari, kincir angin jenis/tipe *wind*

turbin dan generator magnet neodmium N50. Hasil penelitian lainya berupa prototipe dan analisa data pengujian prototype. Adapun deskripsi hasil penelian tersebut diuraikan sebagai berikut:

3.1 Pengembangan desain

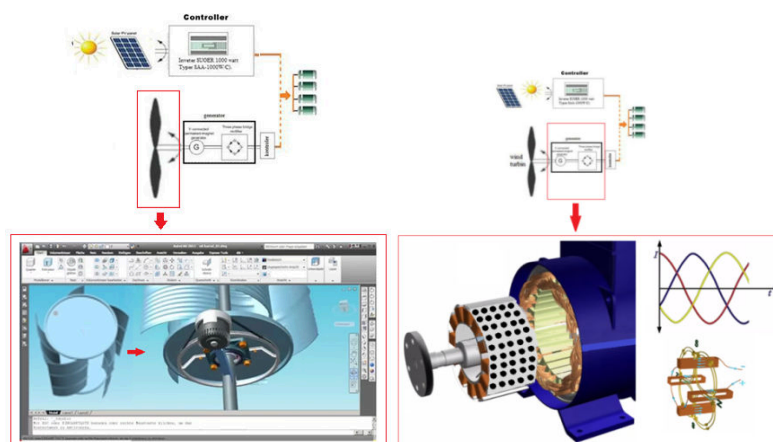
Pengembangan desain pembangkit listrik ini merupakan suatu langkah untuk mengkonversi angin dan surya menjadi energi listrik semaksimal mungkin. Guna mencapai hal tersebut, maka proses yang pertama dilakukan berupa pembuatan desain kincir angin type *wind turbin* dan generator berbasis magnet neodmium N50 untuk sistem pembangkit listrik tenaga angin. Diharapkan efektifitas kerja *wind turbin* akan dipengaruhi terhadap pemaksimalan kerja generator atau sebaliknya. Diyakini desain rotor yang dikembangkan memakai magnet neodmium N50 dalam penelitian ini akan meningkatkan kinerja sistem generator. Secara teoritis pada saat rotor berputar, medan magnet akan memotong lilitan tembaga yang diam pada stator sehingga menghasilkan gaya gerak listrik. Sistem pembangkit listrik ini menghubungkan rotor dengan baling-baling sehingga gerak putaran baling-baling (*wind turbin*) yang tertiuip angin akan memutar rotor dengan optimal. Generator tersebut dihubungkan dengan sistem transmisi dan terhubung kepada baterai.

Adapun esensi pembeda dari desain yang dibuat dalam penelitian ini adalah menghubungkan baterai secara langsung dengan kedua sistem pembangkit tenaga angin dan surya. Baterai yang digunakan sebanyak empat buah untuk menyimpan daya listrik. Desain pembangkit listrik tenaga angin dengan tambahan panel surya secara detail diperlihatkan pada Gambar 4,5 dan 6 berikut.



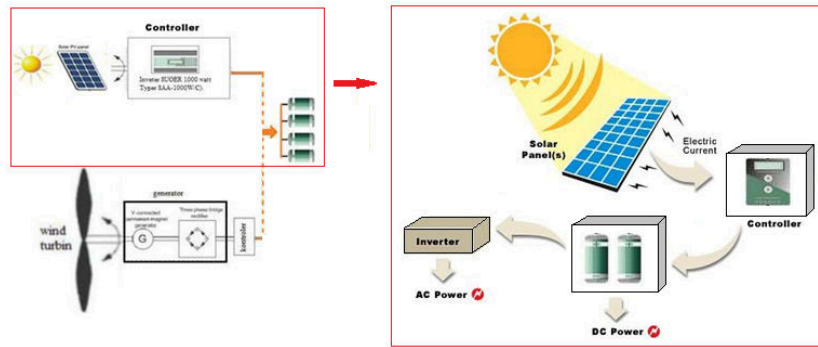
Sumber: (modifikasi) pribadi.

Gambar 4. Desain pembangkit listrik tenaga angin dan tenaga surya.



Sumber: (modifikasi) pribadi.

Gambar 5. Desain baling-baling dan generator berbasis magnet neodmium N50.



Sumber: (modifikasi) pribadi.
Gambar 6. Desain sistem pembangkit listrik tenaga surya/matahari.

3.2 Pembuatan prototip/produk

Setelah pengembangan desain pembangkit listrik dibuat pada penelitian ini dilanjutkan dengan pembuatan prototype/produk. Pembuatan prototype ini adalah tahap terpenting dalam penelitian ini.



Sumber: (modifikasi) pribadi.
Gambar 8. Pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga surya.



Sumber: (modifikasi) pribadi.
Gambar 9. Pembuatan generator berbasis magnet neodmium N50 dan baling-baling pada sistem pembangkit listrik tenaga angin.

3.3 Pengujian daya/kemampuan (full outsourcing)

Data awal hasil pengujian yang terkait pada penelitian ini adalah menentukan besarnya intensitas cahaya matahari/surya dan kecepatan rata-rata pergerakan angin diwilayah tambak udang eks PT. Wahyuni Mandira. Hal ini dilakukan untuk mengetahui keterkaitan atau hubungan kedua sumber energi yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik dengan menghitung besarnya potensi daya yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengukuran potensi intensitas sinar matahari dengan menggunakan alat lightmeter (tingkat pengukuran 1-200.000 Lux) diperoleh data sebagai berikut:

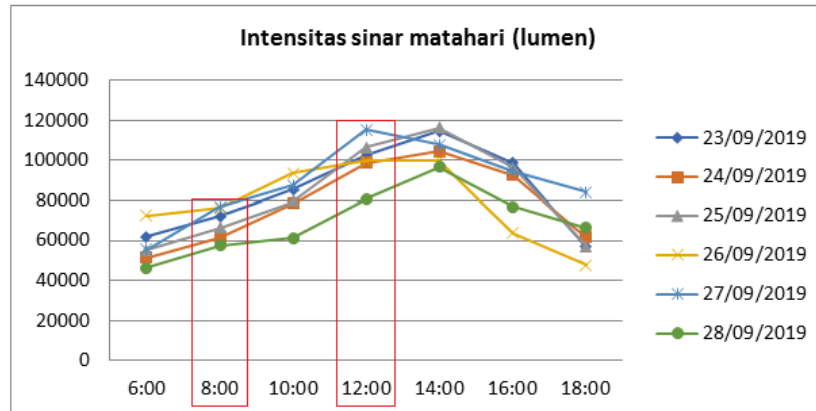


Diagram 1. Pengujian intensitas sinar matahari (lumen)

Berdasarkan Diagram diatas, Intensitas sinar matahari tertinggi didapatkan 116200 lumen pada pukul 14.00 Wib dan intensitas sinar matahari terendah terjadi pada kisaran pukul 06.00 Wib. Adapun untuk mengetahui sebaran intensitas cahaya matahari dengan besarnya kecepatan angin, maka ditetapkan periode waktu uji pada pukul 08:00 WIB dan pukul 12:00 WIB.

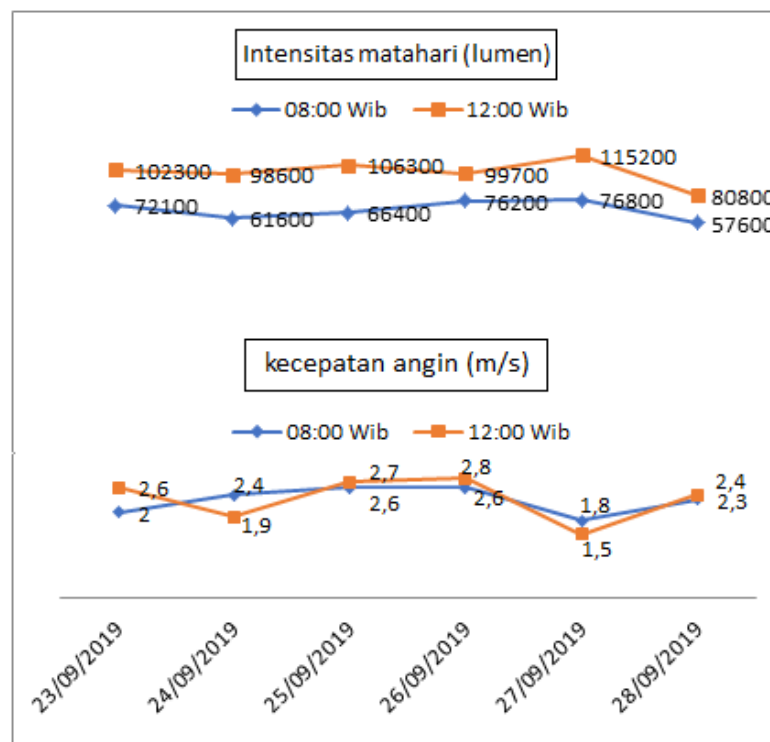


Diagram 2. Pengujian kecepatan angin (m/s) dan intensitas matahari (lumen)

Nilai yang diperoleh pada Diagram 2 diatas memperlihatkan adanya distribusi kecepatan angin yang relatif rendah yaitu kurang dari 3.3 m/s [7] dan cukup fluktuatif di Desa Bumi Pratama Mandira atau PT WM. Keadaan angin/cuaca yang cenderung berubah sehingga kecepatan angin yang diperoleh menjadi tidak konstan sehingga mengakibatkan energi listrik yang dihasilkan menjadi kurang optimal [8]. Hasil pengujian tersebut apabila dihitung rata-rata kecepatan angin yang terjadi pada pukul 08:00 WIB hanya sebesar $\frac{2+2.4+2.6+2.6+1.8+2.3}{6} = \frac{13.7}{6} = 2,28$ m/s, maka potensi dayanya jika dianalisa dengan persamaan $P = \frac{1}{2} \rho A v^3$ [9] didapat sebesar 5,57 watt. Sedangkan pada pukul 12:00 WIB sebesar 5,79 watt untuk penggunaan baling-baling berdiameter 1,1 m. Daya listrik yang dihasilkan oleh sistem panel surya merupakan hasil perkalian dari tegangan keluaran dengan banyaknya electron yang mengalir atau besarnya arus $P = VI$ [10]. Adapun langkah pengujianya adalah dengan meletakkan alat lightmeter (Lux) diletakkan sejajar dengan panel surya sementara voltmeter dipasang secara paralel dengan panel surya dan amper meter dipasang secara seri. Adapun hasil analisis perhitungan daya yang dipengaruhi oleh sistem tenaga angin dan tenaga surya diperlihatkan pada Tabel 1 dibawah.

Tabel 1. Analisis Potensi Daya (watt)

Tanggal	Tenaga angin/bayu	Tenaga surya	Total
23/09/2019	7,68	22,19	29,87
24/09/2019	7,40	17,03	24,43
25/09/2019	6,89	31,80	38,69
26/09/2019	7,05	32,91	39,96
27/09/2019	7,12	8,12	15,24
28/09/2019	7,11	23,15	30,26

Berdasarkan analisa data yang diperoleh bahwa didapatkan daya total yang didapat selama pengujian dengan rata-rata sebesar 29,74 watt setiap harinya. Dengan total daya tertinggi dicapai pada tanggal 26 september 2019 sebesar 39,96 watt, sedangkan daya terendah dicapai pada tanggal 27 september 2019 sebesar 15,24 watt. Adapun perhitungan total daya rata-rata selama penelitian dihitung melalui persamaan sebagai berikut:

$$P (\text{rata-rata}) = \frac{29,87+24,43+38,69+39,96+15,24+30,26}{6} = \frac{178,45}{6} = 29,74 \text{ watt.}$$

4. Kesimpulan

- Desain pembangkit listrik tenaga angin dengan tambahan panel surya telah berhasil dibuat berbantuan program corel draw 12 yang difokuskan pada pembuatan generator berbasis magnet, kincir angin type wind turbin dan setup sistem panel surya.
- Dari hasil pengujian kemampuan pengisian baterai (Battery Charge) pada prototipe, didapat beberapa simpulan seperti berikut ini :
 - Bahwa pemasangan Pembangkit listrik tenaga bayu dengan kombinasi penambahan panel surya didapat intensitas matahari terendah yang terjadi pada pukul 06.00 sebesar 46300 lumen. Sedangkan intensitas cahaya matahari tertinggi terjadi pada pukul 14.00 Wib sebesar 116200 lumen. Sementara kecepatan angin tertinggi sebesar 2,8 m/s pada pukul 12:00 Wib.

- b) Daya rata-rata dari kombinasi sistem tenaga angin/bayu dan tenaga surya setiap pengisian baterai (Battery Change) sebesar 29,72 watt. Hal ini mengklarifikasi bahwa intensitas matahari dan kecepatan angin di wilayah PT. WM mempengaruhi nilai daya baterai, sehingga semakin tinggi intensitas cahaya matahari dan kecepatan angin maka daya yang dihasilkan akan semakin besar.

Daftar Pustaka

- [1] badan pusat statistik kota palembang.2016. <https://palembangkota.bps.go.id/statictable/2017/11/14/81/rata-rata-tekanan-udara-kecepatan-angin-dan-penyinaran-matahari-menurut-bulan-di-kota-palembang-2016.html>
- [2] Bagar, K. H., Wicaksono, W., Rohmadin, N. A., Prasetyawan, A., & Rahman, A. (2013). Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan Inovasi Turbin Heliks Vertikal untuk Kemandirian Energi Sekolah Daerah Pesisir. Program Kreativitas Mahasiswa-Teknologi.
- [3] Rendra, Indra Yasri. (2016). Aspek-aspek perancangan PLTB untuk Penggunaan Rumah Tangga di Kecamatan Tembilahan Hulu. Jom FTEKNIK Volume 3 No. 2 hal 1-4.
- [4] Pramono, W. B., & Hidayat, A. (2015). Perancangan Mini Generator Turbin Angin 200 W Untuk Energi Angin Kecepatan Rendah. Prosiding SNATIF, 421-428.
- [5] Putranto, A., Prasetyo, A., Utomo, A. Z., & Sutomo, S. (2011). Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga (Design Of Vertical Wind Turbine For The Household Lighting Coastal) (Doctoral dissertation, D3 Teknik Mesin).
- [6] Santosa, A. W. B., & Mulyatno, I. P. (2014). Pemanfaatan Tenaga Angin Dan Surya Sebagai Alat Pembangkit Listrik Pada Bagan Perahu. Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan, 11(3), 108-116.
- [7] Widyanto, S. W., Wisnugroho, S., & Agus, M. (2018). Pemanfaatan Tenaga Angin Sebagai Pelapis Energi Surya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Di Pulau Wangi-Wangi. Prosiding Semnastek.
- [8] Asy'ari, H., Budiman, A., & Setiyawan, W. (2012). Desain Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan Turbin Horizontal dan Generator Magnet Permanan Tipe Axial Kecepatan Rendah. In Prosiding Seminar aplikasi sains dan teknologi periode III.
- [9] Yunginger, R. (2015). Analisis Potensi Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Kota Gorontalo. Penelitian Dasar Keilmuan, 1(1491).
- [10] Yuliananda, S., Surya, G., & Hastijanti, R. R. (2016). Pengaruh perubahan intensitas matahari terhadap daya keluaran panel surya. JPM17: Jurnal Pengabdian Masyarakat, 1(02).

ANALYSIS OF PRESSURE AND FLOW PATTERNS ON TWO-PHASE (AIR-WATER) FLOW IN HORIZONTAL PIPES WITH SCALLOPED GROOVE

Gufron Saiful Bachri¹⁾, Rudy Soenoko²⁾, Denny Widhiyanuriyawan³⁾

Program Studi Megister Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Brawijaya

Email : ¹gufron.bachri@yahoo.com

Abstract

The grooved surfaces are widely researched to reduce pressure drop and control a flow on the surface. In applicative fluids flow is turbulen. So, the grove addition capable of affecting the boundary layer condition near the wall pipes. The purpose of this researched is to analyse the impact of the number of grooves in pipes against the pressure drop and the occurred flow patterns. In this researched, we used 3 pipes, which total of grooves were 4,8,16 and the pipes without grooves that used as comparator. The observed flow was two phases flow (air-water). The researched pipes used acrylic pipes with diameter of 1 inch and length of 100 cm with the groove used was type of scalloped groove. Pressure drop occurs in all of the grooves ; 4,8, and 16. The highest pressure drop decrease occurred in groove 16. When the air debit was getting bigger, the bubbly was reduced and followed by the emergence of slug flow. The changes in water debit in the decrising of pressure drop in every single of drop, shows the dencity between the bubbly and slug flow that firmed.

Keywords: Two Phase Flow, Air-Water, Horizontal pipes, Groove, Slug Flow.

1. Pendahuluan

Dalam kehidupan sehari-hari aliran fluida yang terjadi di dalam perpipaan tidak hanya berupa aliran satu fase saja, akan tetapi juga sering terjadi aliran multifase. Aliran multifase adalah aliran yang fasenya terdiri dari padat, cair dan gas yang saling berinteraksi. Contoh pengaplikasian pada aliran multifase diantaranya adalah sistem tenaga, sistem perpindahan panas, sistem pelumasan, maupun sistem biologi. Aliran multifase bisa berupa aliran dua fase ataupun aliran tiga fase. Pada aliran dua fase sendiri adalah aliran yang terdiri dari dua fase berbeda, salah satunya adalah aliran dua fase udara-air.

Fluida yang mengalir melalui sebuah saluran dengan panjang tertentu mengalami suatu hambatan. kerugian energi berupa penurunan tekanan (*pressure drop*) yang disebabkan oleh mayor *losses* akibat dari gesekan sepanjang dinding pipa maupun *minor losses* akibat perubahan bentuk dari saluran dan juga tergantung berdasarkan koefisien gesek pipa tersebut

Hambatan yang dihubungkan dengan energi yang digunakan untuk menggerakkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain sering disebut *pressure drag*. Di alam terdapat bentuk dan cara untuk mengurangi drag pada aliran fluida, dibuktikan dengan efisiensi pada pergerakan ikan lumba-lumba dan hiu. Struktur kulit memudahkan hiu untuk berenang dengan mengurangi drag saat melewati air. Lapisan dalam skala kecil yang melindungi kulit hiu disebut dengan dermal denticle (skin teeth), yang memiliki bentuk mirip dengan alur kecil. Bentuk lapisan kulit ini yang kemudian mulai banyak dimanfaatkan dalam kehidupan manusia.

Alur groove adalah bentuk longitudinal sepanjang searah streamwise yang berfungsi untuk mengurangi drag dengan cara mengubah *near wall flow structure* pada sebuah bentuk. Teknik control aliran untuk pengurangan drag ini sangatlah penting dalam aplikasi engineering.

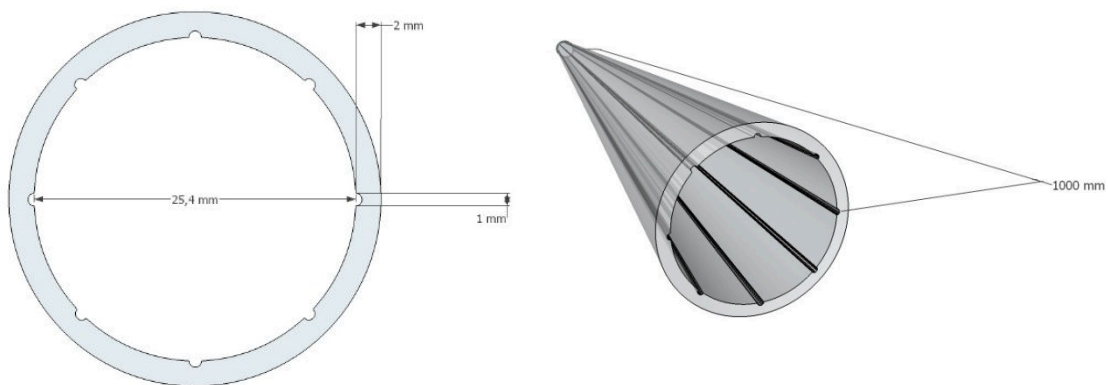
Grüneberger and Hage, (2011), Fungsi groove adalah memberikan penundaan transisi ke turbulen dari lapisan batas laminar disebabkan interaksi antara alur longitudinal dengan *hairpin vortices* untuk memperlambat pertumbuhannya (Choi, 2000). Pengoptimalisasian pengurangan drag dapat dilakukan dengan memaksimalkan *protrusion height* dari alur untuk aliran longitudinal dan *cross flow*. Pengukuran shear stress secara langsung pada alur dengan *trapezoidal grooves* sejajar dengan arah aliran fluida pada *fully developed* turbulen *channel flow* menghasilkan penurunan drag sebesar 7.6% pada *dimensionless spacing* $s^+ = 0.3 - 24$.

Sunu et.al., (2016) Penelitian pada internal flow dengan menggunakan aliran satu fase fluida air yang dilakukan pada pipa beralur dengan diameter 2,6 cm dan panjang 100 cm, pada pipa dengan *rectangular groove* (alur 2, 8, 12, 32) terjadi penurunan drag, friction, kecepatan radial, skewness factor bernilai positif, diameter vortex lebih besar dari lebar alur dan fluida tidak mengalami perputaran selama mengalir dari upstream ke downstream.

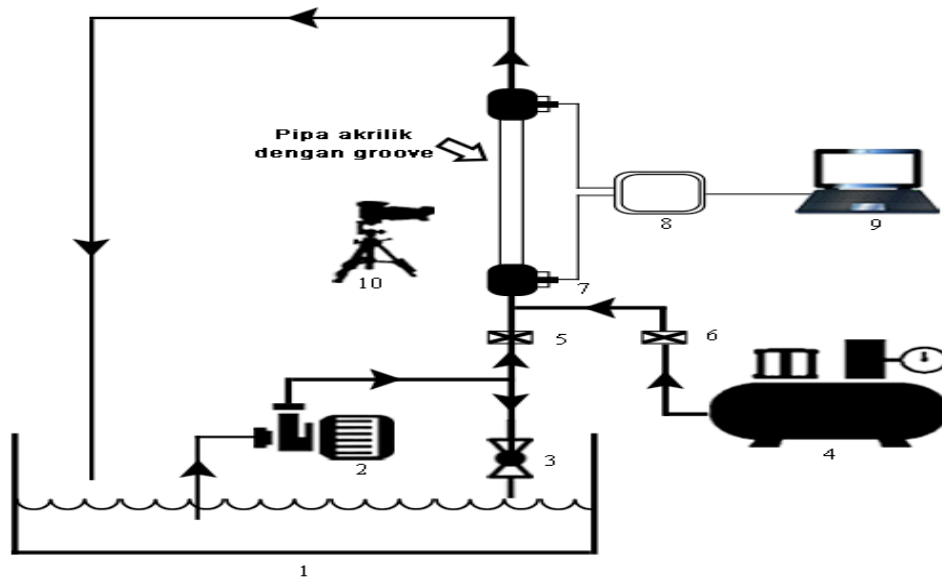
Dari uraian tersebut dan melihat pentingnya penelitian. Maka perlunya melakukan penelitian lebih lanjut tentang fenomena aliran dalam pipa, dengan bentuk groove dan jenis aliran berbeda. Diperlukanlah gambaran berbeda selain daripada aliran satu fase maka perlunya melakukan penelitian dalam bentuk aliran dua fase dengan pipa *scalloped groove*. Jenis *groove* yang digunakan adalah *scalloped groove*. *Scalloped groove* adalah alur lengkung sepanjang dalam pipa. Kita ketahui bahwa ada beberapa bentuk groove diantaranya sawtooth (gigi lancip), rectangular (persegi panjang) dan scalloped (gigi lengkung). Dipilihnya *scalloped groove* karena memiliki kelebihan tanpa adanya sudut pada bentuk alurnya, yang memungkinkan resiko keretakan pada pipa.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental yaitu melakukan pengukuran langsung dan tak langsung.



Gambar 1. Bentuk pipa dengan *scalloped groove*



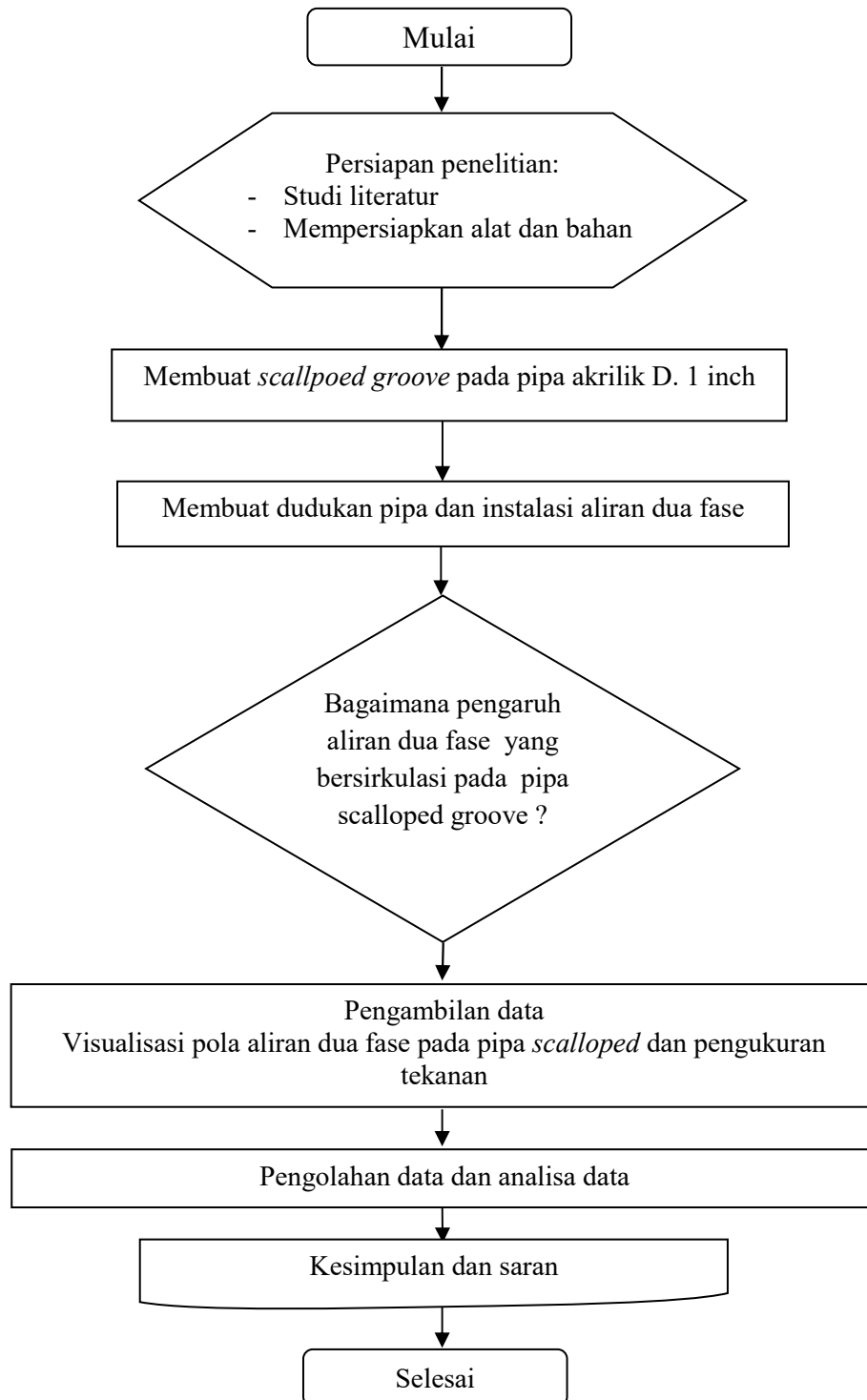
Gambar 2. Instalasi Penelitian

Keterangan :

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1. Tandon air | 6. Rotameter |
| 2. Pompa air | 7. <i>Pressure sensor</i> |
| 3. <i>Valve</i> aliran air | 8. <i>Data logger</i> |
| 4. Kompresor | 9. <i>Laptop</i> |
| 5. <i>Flowmeter digital</i> | 10. Kamera dan tripod |

Air sebagai fase cair pada aliran dua fase disuplai dengan pompa dan udara disuplai dengan kompresor. Air dari tangki input dan diatur laju alirannya menggunakan *by-pass* dan kemudian laju aliran diukur menggunakan *flow meter*. Udara juga diukur laju aliran menggunakan katup berdasarkan nilai dari *flow meter*. Kedua aliran tersebut bercampur pada *mixer*. Kedua aliran membentuk aliran dua fase yang melalui seksi pipa uji. Penelitian dilakukan dengan variasi debit air 14, 16, 18 dan 20 liter/menit. Pada Sedangkan variasi debit udara 0.5, 1, 1.5, 2, dan 2.5 liter/menit. Data tekanan ditangkap oleh *pressure sensor* pada sisi *inlet* dan *outlet* pipa. Data tekanan diukur perdetik selama 1 menit. Aliran air kemudian kembali ke tangki input, sehingga membentuk siklus. Hasil pengamatan ditangkap melalui kamera berkecepatan tinggi pada sisi tengah pipa uji.

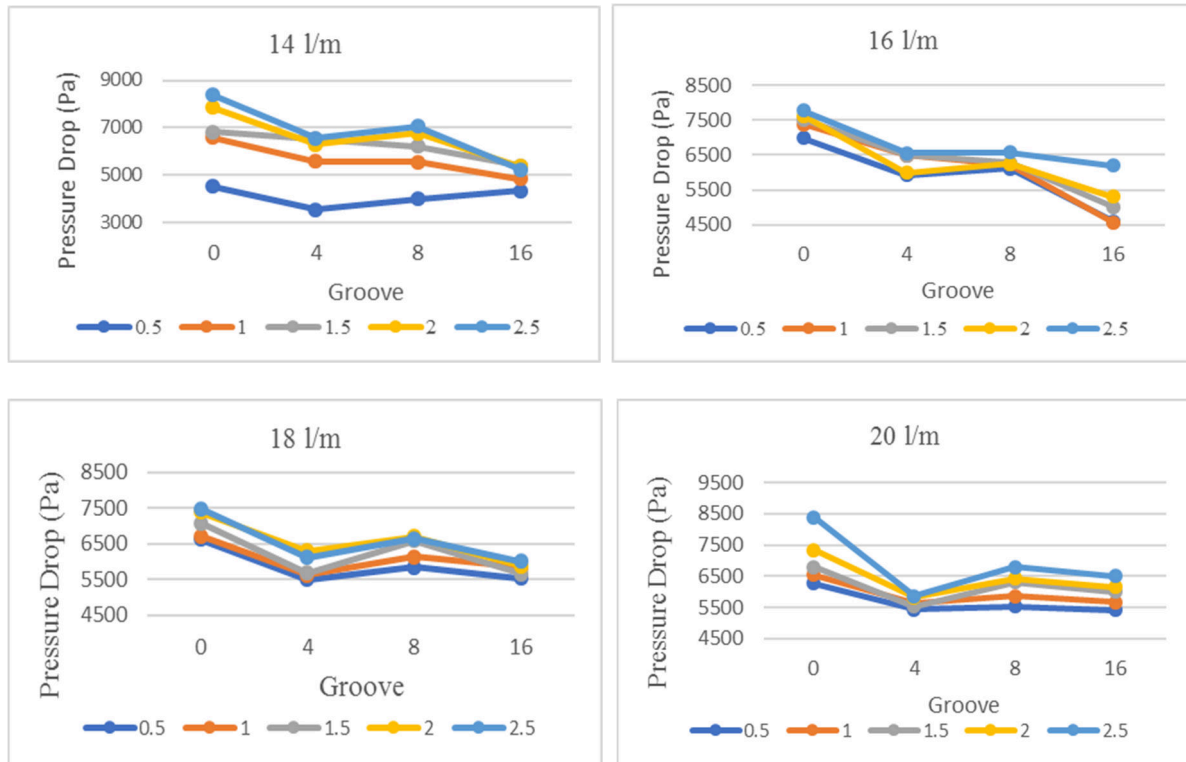
Peneliti sudah melakukan sample pengujian awal yang didapatkan bahwa aliran mulai terbentuknya bubble adalah pada debit 14 liter/menit. Dan total bubble terbentuk adalah pada debit 15 liter/menit. Kemampuan groove dalam memecah aliran terhadap bubble yang terbentuk, menjadikan alasan penelitian yaitu pada debit diatas 14 liter/menit pada kondisi turbulen. Data tekanan diukur perdetik selama 1 menit berdasarkan sensor defential MPX10DP yang kemudian di olah oleh Arduino data logger, yang berfungsi mengubah data analog menjadi digital.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

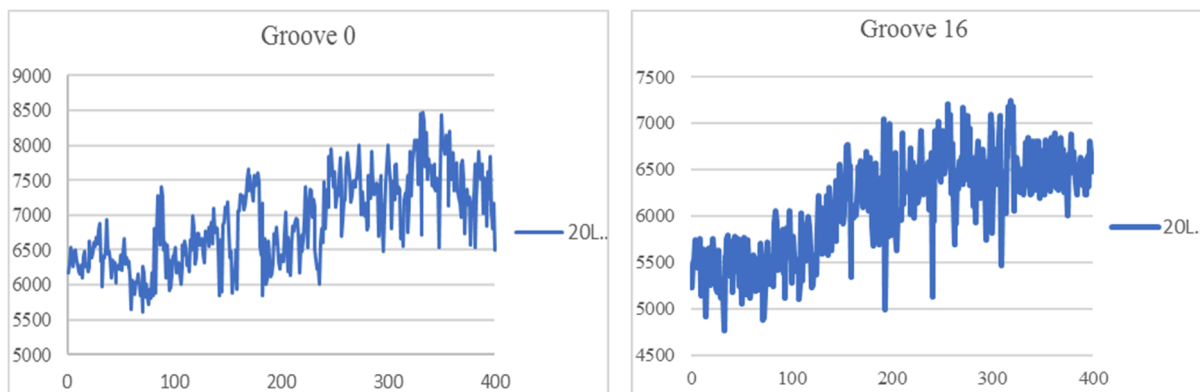
3. Hasil dan Pembahasan

Data pressure digambarkan berupa grafik rata-rata *pressure drop* pada setiap alur. Data tersebut dikelompokkan berdasarkan pada debit 14, 16, 18, dan 20 liter/menit.



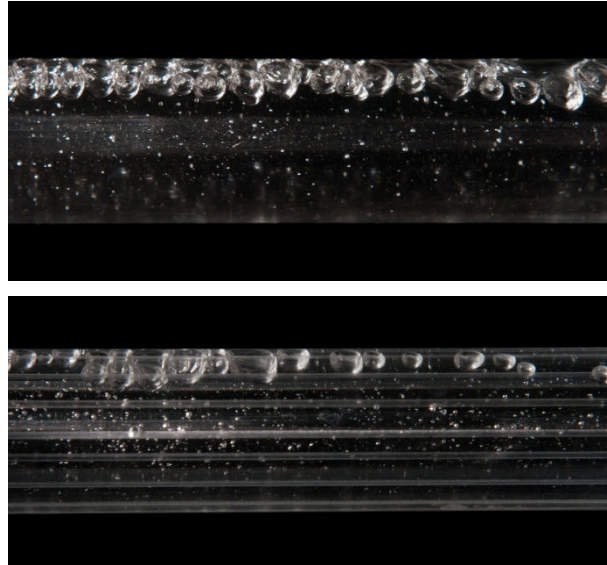
Gambar 4. Data Pressure Pada Tiap Aliran

Pada gambar 4 pipa dengan alur 0, 4, 8 dan 16 secara jelas menunjukkan nilai penurunan pressure drop. Pada tiap-tiap debit, peranan groove mampu mengurangi pressure drop yang terjadi. Pada debit air 14 dan 16 liter/menit, nilai pressure drop tertinggi terjadi pada groove 16, diikuti groove 4 kemudian 8. Pada debit 18 dan 20 liter/menit nilai penurunan pressure drop tertinggi terjadi pada groove 4 dan di ikuti groove 16 kemudian 8. Semakin tinggi debit air dalam pipa, semakin turun nilai pressure drop pada titik groove 4, dan di ikuti naiknya pressure drop pada groove 16.



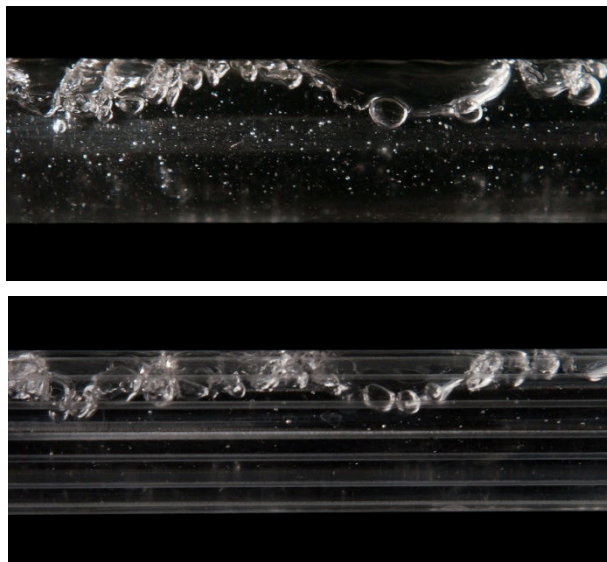
Gambar 5. Data signal Pressure drop pada debit 20 l/menit dikondisi groove 0 dan 16.

Pada gambar 5 dijelaskan tentang pressure drop sebagai fungsi nilai data signal fluktuasi. Pada gambar bahwa naiknya groove mampu meredam nilai fluktuasi getaran pada aliran. Pada groove 0, getaran lebih acak serta kerenggangan pada garis signal. Pada groove 16, garis signal terlihat lebih rapat dan di ikuti dengan fluktuasi yang lebih rendah.



Gambar 6. Pola aliran pada debit 20 l/menit dikondisi udara 0.5 l/menit groove 0 dan 16

Pada dasarnya semakin rendah debit udara maka bentuk udara adalah bubble. Hal ini diikuti dengan tercapai pecahnya udara menjadi bubble adalah pada nilai kenaikan debit air. Begitu halnya jika kenaikan pada debit udara maka kerapatan udara yang terbentuk semakin banyak, yaitu terbentuknya slug. Gambar 6 menunjukkan pola aliran antara groove 0 dengan groove 16. Dimana terlihat pada groove 0 dan groove 16, bentuk aliran yang timbul hanyalah bubble. Tentu dengan debit udara rendah yaitu 0,5 liter/menit. Groove berperan dalam memecah bentuk bubble. Terlihat Bubble pada groove 0 memiliki struktur bubble yang lebih rapat dengan bubble yang lain. Sedangkan pada groove 16, memiliki struktur bubble yang lebih menyebar dan kecil. Hal ini akibat pengaruh groove sebagai fungsi pemisah menyatunya bubble yang nantinya membentuk slug flow.



Gambar 7. Pola aliran pada debit 20 l/menit dikondisi udara 2.5 l/menit groove 0 dan 16.

Kenaikan udara pada setiap debit air, maka kerapatan udara yang terbentuk juga semakin banyak, dan timbullah aliran slug. Aliran udara yang sebelumnya kecil yaitu bubble menyatu, dan semakin rapat dan berkurang dengan di ikuti timbulnya slug. Sebagai gambaran dasar bahwa tidak akan timbul bubble pada kondisi udara tinggi. Gambar 7 pada debit udara tertinggi 2.5 l/m. Terlihat pada gambar terjadi adanya bubble dan slug. Pada groove 0,

memiliki bentuk bubble yang lebih rapat, dan slug yang lebih besar. Sedangkan pada groove 16 memiliki bubble yang cenderung pada bentuk bulatan kecil dan slug yang lebih kecil di banding tanpa groove. Dengan adanya groove mampu mengakomodasi bentuk slug besar untuk memecahnya, karena slug sendiri menciptakan kekuatan besar untuk merubah arah pada belokan pipa.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Pengaplikasian aliran dua fase pada pipa *scalloped groove* berbahan akrilik mampu memberikan gambaran bentuk aliran udara didalamnya.
2. Terjadi penurunan *pressure drop* pada semua groove 4,8 dan 16. Semakin besar *groove* maka bentuk *bubble* dan *slug* semakin padat. Bubble yang terbentuk lebih memisah serta ukuran *slug flow* yang terjadi lebih kecil. Dimana fungsi groove sebagai pemecah udara.
3. *Pressure drop* aliran dua fase melalui *scalloped groove* berbanding lurus dengan fluktuasi *pressure* yang terjadi. Dimana nilai fluktuasi semakin kecil.

Ucapan Terimakasih

Menyampaikan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc. Universitas Brawijaya Malang.
2. Dr. Eng. Denny Widhiyanuriyawan, ST., MT. Universitas Brawijaya Malang

Daftar Pustaka

- [1] Sunu, et al. (2016). Turbulent Flow Characteristics in Internally Grooved Pipe. Australian Journal of Basic and Applied Sciences
- [2] Dean, B., & Bhushan, B. (2010). Shark-skin surfaces for fluid-drag reduction in turbulent flow: a review. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 368(1929), 4775-4806.
- [3] Ahmadi-Baloutaki, M., Carriveau, R., & Ting, D. K. (2013). Effect of free-stream turbulence on flow characteristics over a transversely-grooved surface. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 51, 56-70.
- [4] Aroonrat, K., Jumpholkul, C., Leelaprachakul, R., Dalkilic, A. S., Mahian, O., & Wongwises, S. (2013). Heat transfer and single-phase flow in internally grooved tubes. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 42, 62-68.
- [5] Huang, S. (2011). VIV suppression of a two-degree-of-freedom circular cylinder and drag reduction of a fixed circular cylinder by the use of helical grooves. *Journal of Fluids and Structures*, 27(7), 1124-1133.
- [6] Ma, H., Tian, Q., & Wu, H. (2005). Experimental study of turbulent boundary layers on groove/smooth flat surfaces. *Journal of Thermal Science*, 14(3), 193-197.
- [7] Litvinenko, Y. A., Chernoray, V. G., Kozlov, V. V., Löfdahl, L., Grek, G. R., & Chun, H. H. (2006, March). The influence of riblets on the development of a Λ structure and its transformation into a turbulent spot. In *Doklady Physics* (Vol. 51, No. 3, pp. 144-147). MAIK Nauka/Interperiodica.
- [8] Hadi, A., Wardana, I. N. G., & Sutikno, D. (2011). The Energy Flux Different Stability Estimation Of Hydraulic Flow in a Horizontal Pipeline With Longitudinal Grooves Number Variation. *Rekayasa Mesin*, 2(2), 165-174.

INFLUENCE OF DEFLECTOR USING ON THE PERFORMANCE OF MODIFIED SAVONIUS WATER TURBINE VERTICAL AXES

Franciskus Delaphius Sunarya

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma (USD)
Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta
Email : franciskusphius18@gmail.com

Abstract

Savonius turbine is a simple vertical axis turbine which work because of a difference drag force between blades. This turbine can convert kinetic energy on water flow into mechanical energy. The Savonius water turbine can work on low water flow speed. This research aimed at a Savonius turbine that has some of its parameters modified. The research tested the effects of water flow speed and the use of a deflector towards the modified Savonius turbine's performance. It is concluded that Savonius turbine without the deflector, reached a maximum power coefficient at the flow speed of 1,1 m/s with the value of 0,163 at tip speed ratio of 0,845. As for the same speed (1,1 m/s) the turbine that used the deflector reached a maximum power coefficient of 0,307 at tip speed ratio 1,136. The highest coefficient of power was reached when the turbine got tested with the deflector at flow speed of 0,9 m/s with value of 0,354 at tip speed ratio 1,230.

Keywords: *Savonius, coefficient of power, deflector, modified.*

1. Pendahuluan

Energi Terbarukan hadir sebagai sumber energi alternatif yang dapat digunakan untuk menanggapi masalah ketersediaan energi. Sumber energi alternatif juga diharapkan dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Indonesia memiliki cadangan sumber daya energi terbarukan yang besar. Beberapa contoh energi terbarukan antara lain energi surya, energi panas bumi, energi angin, energi samudra, dan energi air.

Air yang mengalir memiliki energi yang dapat dimanfaatkan. Aliran air memiliki massa serta kecepatan yang dapat menjadi sumber energi. Aliran air dapat kita jumpai pada sungai dan selokan. Meskipun memiliki kecepatan yang rendah, aliran air tetap bisa digunakan sebagai sumber energi. Energi pada aliran air dapat diubah menjadi bentuk energi mekanik menggunakan kincir.

Salah satu kincir yang sering digunakan untuk mengubah energi air menjadi energi mekanik adalah kincir Savonius. Kincir Savonius termasuk ke dalam jenis kincir sumbu vertikal. Kincir ini dapat bekerja dengan baik pada aliran fluida yang memiliki kecepatan serta *head* yang kecil. Kincir Savonius dengan sumbu vertikal memiliki beberapa keunggulan, antara lain: 1) mampu bekerja pada aliran turbulen [1] 2) tingkat kebisingan yang rendah 3) perancangan yang sederhana dan biaya yang rendah [2]. 4) serta mampu menerima aliran fluida dari berbagai arah [6]. Kincir Savonius memiliki keunggulan torsi awalan yang baik, namun memiliki efisiensi serta kecepatan yang rendah dibandingkan kincir jenis lain [7].

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menguji performa dari kincir Savonius. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh M.A. Kamoji et al. [3] meneliti kincir Savonius yang dimodifikasi beberapa parameternya, antara lain aspek rasio, rasio overlap, serta sudut lengkung sudu. Diteliti juga kincir Savonius yang menggunakan poros di antara kedua sudu dan kincir tanpa poros di antara kedua sudu. Penelitian ini menggunakan angin sebagai fluida. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa kincir Savonius modifikasi (tanpa

poros di antara kedua sudu) dengan parameter rasio overlap 0.0, sudut lengkung sudu 124° dan aspek rasio 0.7 memperoleh koefisien daya (C_p) paling tinggi yaitu 0.21.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Kailash Golecha et al. [4] meneliti tentang pengaruh deflektor terhadap kincir Savonius modifikasi. Penelitian dilakukan pada saluran air terbuka. Kincir yang diuji merupakan kincir dua sudu dengan jenis satu tingkat, dua tingkat (dengan pergeseran sudu 0°), dua tingkat (dengan pergeseran sudu 90°), serta tiga tingkat. Berbagai posisi dari deflektor diuji pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruh posisi dari deflektor terhadap C_p dari kincir Savonius. Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa deflektor pada posisi optimal mampu meningkatkan C_p sebesar 50% pada kincir Savonius satu tingkat, serta meningkatkan C_p sebesar 42%, 31%, dan 17% pada kincir Savonius dua tingkat (dengan pergeseran sudu 0°), dua tingkat (dengan pergeseran 90°), dan tiga tingkat.

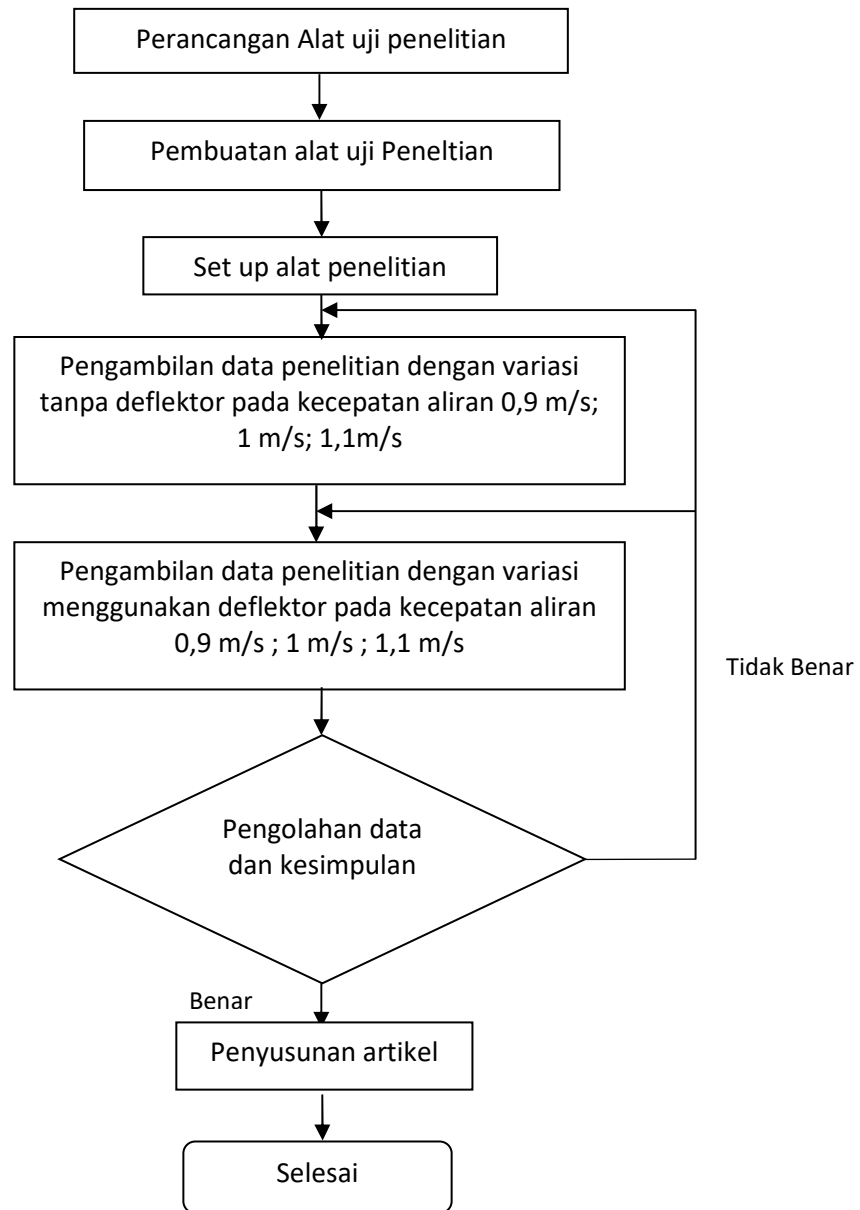
Berbagai penelitian lain telah menguji kincir Savonius untuk meningkatkan performa kincir. Seperti penelitian Daniel P [9] yang menguji kincir Savonius dua tingkat dengan pergeseran sudu 90° menggunakan deflektor pada saluran air tertutup. Serta Yosua D.R [10] yang meneliti kincir Savonius dua tingkat dengan pergeseran sudu 0° menggunakan deflektor pada saluran air tertutup. Hasilnya deflektor dapat meningkatkan performa dari kincir Savonius.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan air dan penggunaan deflektor terhadap unjuk kerja kincir Savonius yang bekerja pada saluran tertutup. Unjuk kerja kincir Savonius diketahui dengan memperoleh nilai koefisien daya (C_p), koefisien torsi (C_t), dan *Tip Speed Ratio* (TSR). Deflektor yang digunakan dirancang berdasarkan penelitian Ari Prasetyo et al. [5] yang menguji kincir pada saluran tertutup. Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa kincir yang menggunakan deflektor dengan sudut 30° memperoleh performa paling optimal.

2. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini kincir air Savonius dimodifikasi beberapa parameternya antara lain aspek rasio, rasio overlap, serta sudut lengkung sudu. Kincir Savonius diuji pada lorong air dengan kecepatan aliran konstan. Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui nilai koefisien daya (C_p), koefisien torsi (C_t), dan *Tip Speed Ratio* (TSR) sehingga dapat diketahui performa dari kincir Savonius. Diagram alir penelitian dapat diperhatikan pada Gambar 1.

Penelitian ini dilakukan pada kondisi lingkungan yang terbatas, sehingga membutuhkan skema serta perancangan yang dapat mendukung penelitian. Kincir air menggunakan aliran sungai atau selokan yang memiliki kecepatan aliran air yang rendah, kemudian air ditampung pada bak penampung yang kemudian terhubung dengan saluran lorong air buatan. Saluran air yang digunakan merupakan saluran air tertutup. Perancangan yang dilakukan bertujuan untuk mempermudah proses pengaturan kecepatan aliran air pada saat proses pengujian dilakukan. Dalam melakukan proses penelitian diperlukan set up alat untuk mempermudah proses kerja.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

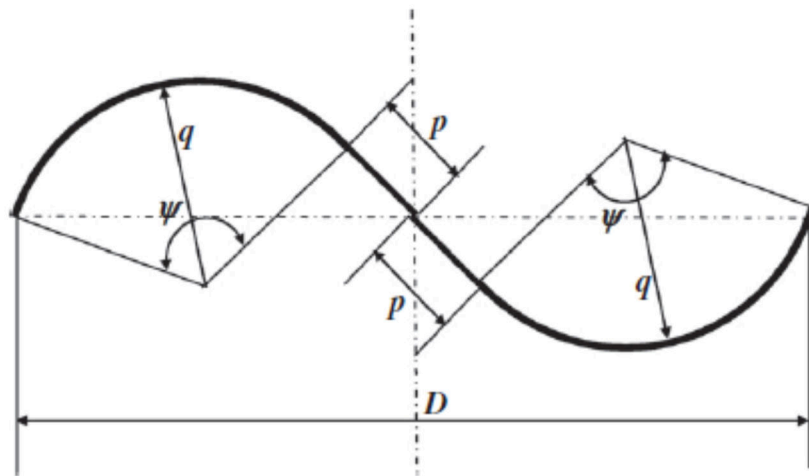
a. Kincir air Savonius

Model kincir yang akan digunakan adalah kincir Savonius modifikasi yang sudah diuji oleh Kamoji et al. [3]. Parameter kincir yang dimodifikasi dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 2.

Tabel 1. Parameter pada kincir yang digunakan

Diameter			Ketinggian Kincir H (cm)	Ujung lurus blade	Aspect Ration (H/D)	Ratio Overlap (cm)
Diameter kincir (D) cm	Jari-jari Sudu (q) cm	Sudut lengkung(ψ)		p (cm)		

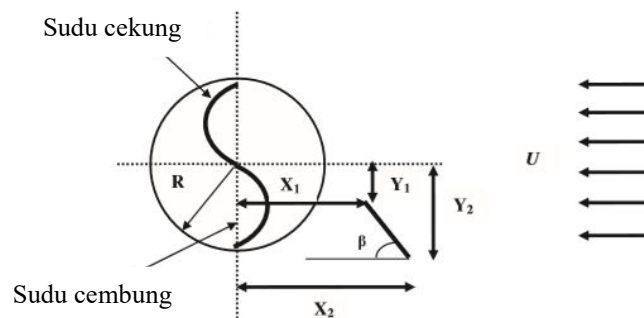
10	2,5	124°	7	1	0,7	0
----	-----	------	---	---	-----	---



Gambar 2. rancangan kincir Savonius tampak atas [8]

b. Deflektor

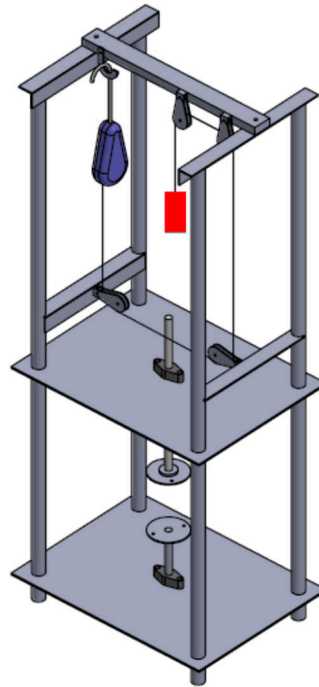
Deflektor adalah sebuah komponen alat yang ditambahkan pada lorong air yang bertujuan untuk meningkatkan kecepatan aliran fluida air pada lorong. Pada Gambar 3 dapat diperhatikan posisi dari deflektor terhadap kincir. Deflektor diharapkan mampu mengarahkan aliran fluida untuk mendorong kincir pada bagian sudu cekung, sekaligus menghindari sudu cembung pada kincir.



Gambar 3 skema kerja deflektor terhadap kincir (tampak atas) [8]

c. Rem torsi

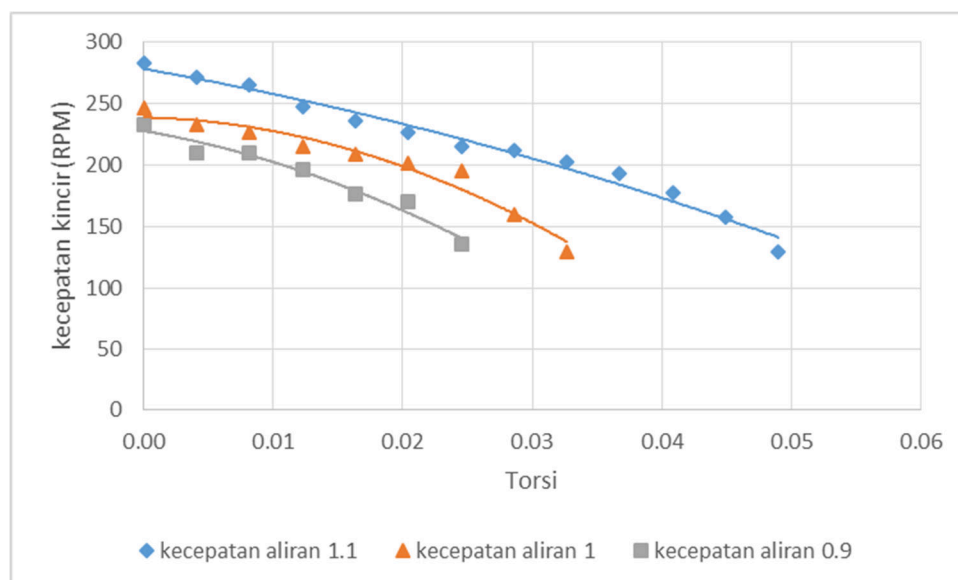
Rem torsi merupakan alat yang digunakan sebagai pengukur daya torsi dengan cara mekanik atau pengereman. Gambar 4 berikut menunjukkan rancangan rem torsi.



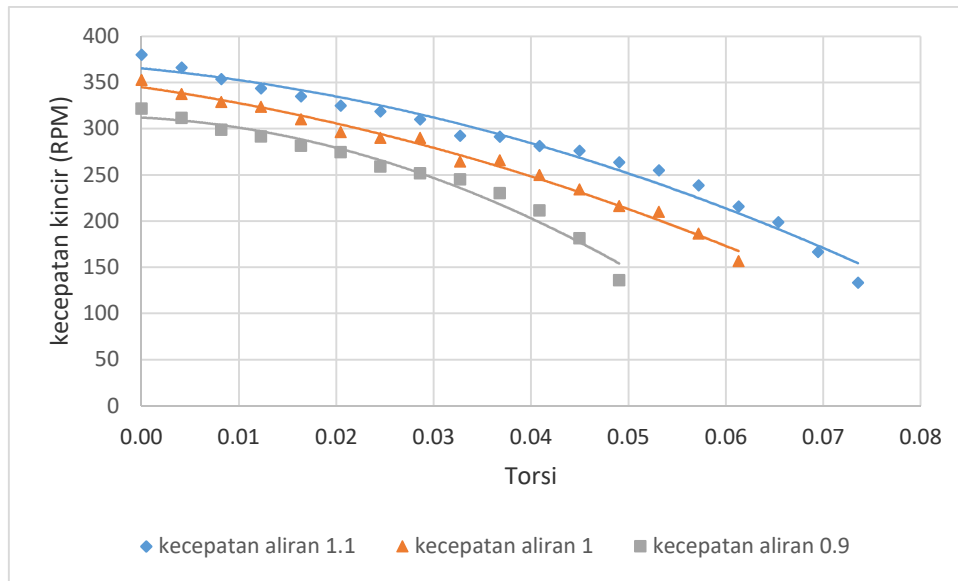
Gambar 4 rem torsi

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengujian terhadap kincir Savonius pada variasi kecepatan aliran 0.9; 1; dan 1.1. diperoleh data yang kemudian diolah untuk memperoleh grafik hubungan antara torsi dengan kecepatan putar kincir, koefisien daya (C_p) dengan *Tip Speed Ratio* (TSR), serta koefisien torsi (C_t) dengan *Tip Speed Ratio* (TSR). Grafik dapat di lihat pada Gambar 5 – Gambar 10.

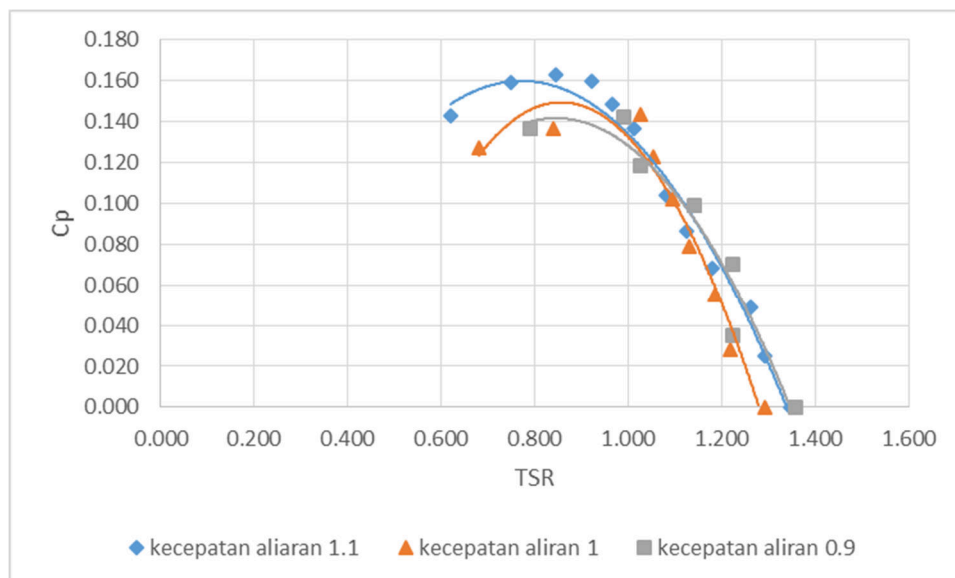


Gambar 5. Grafik hubungan antara kecepatan kincir (RPM) dengan torsi pada kincir tanpa deflektor

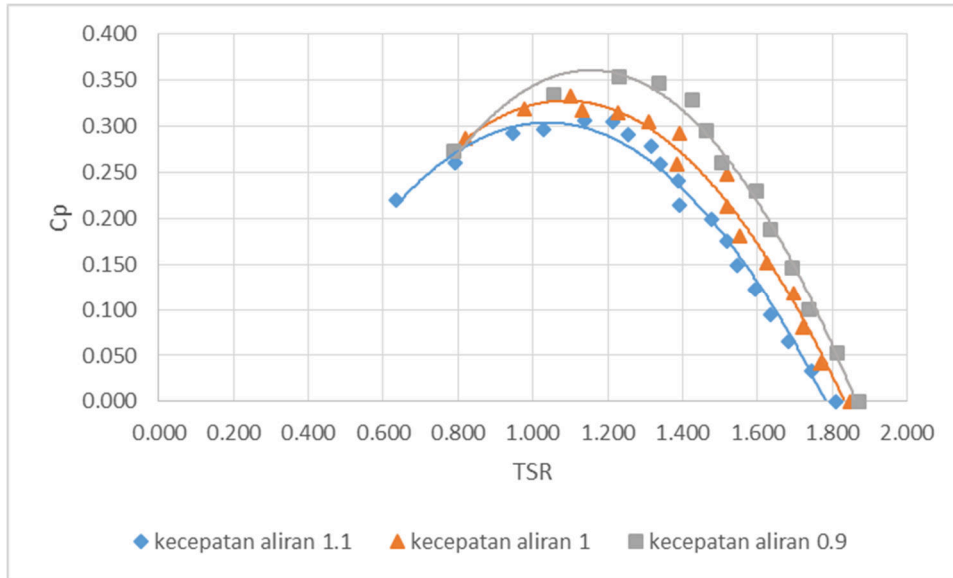


Gambar 6 Grafik hubungan antara kecepatan kincir (RPM) dengan torsi pada kincir dengan deflektor

Berdasarkan Gambar 5 dan Gambar 6 dapat diketahui bahwa kincir yang bekerja pada aliran air 1.1 m/s menghasilkan torsi paling tinggi, baik saat menggunakan deflektor maupun saat tidak menggunakan deflektor. Sedangkan torsi tertinggi diperoleh sebesar 0,074 Nm pada kecepatan aliran 1.1 m/s dan kecepatan kincir 133 rpm (Gambar 6).

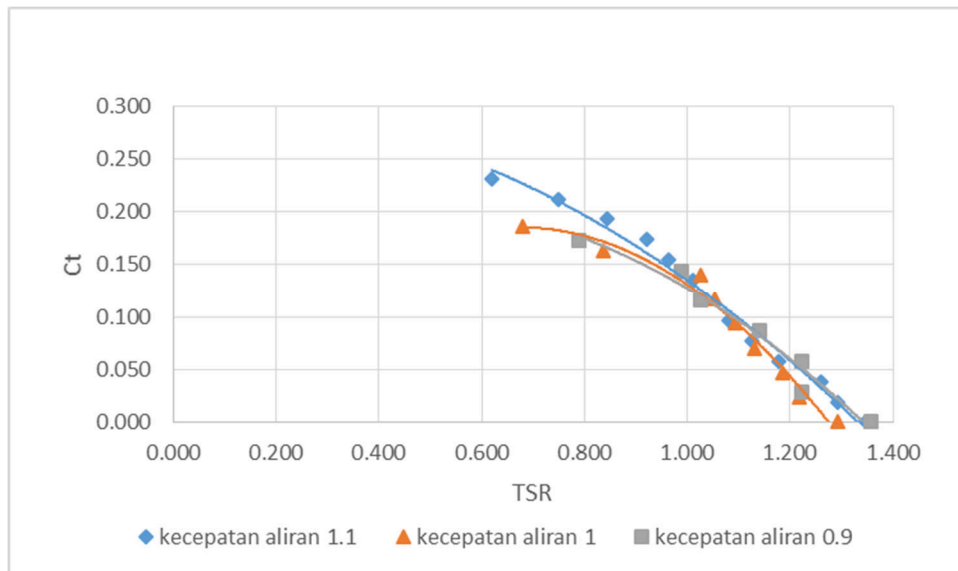


Gambar 7. Grafik hubungan antara koefisien daya (C_p) dengan TSR pada kincir tanpa deflektor

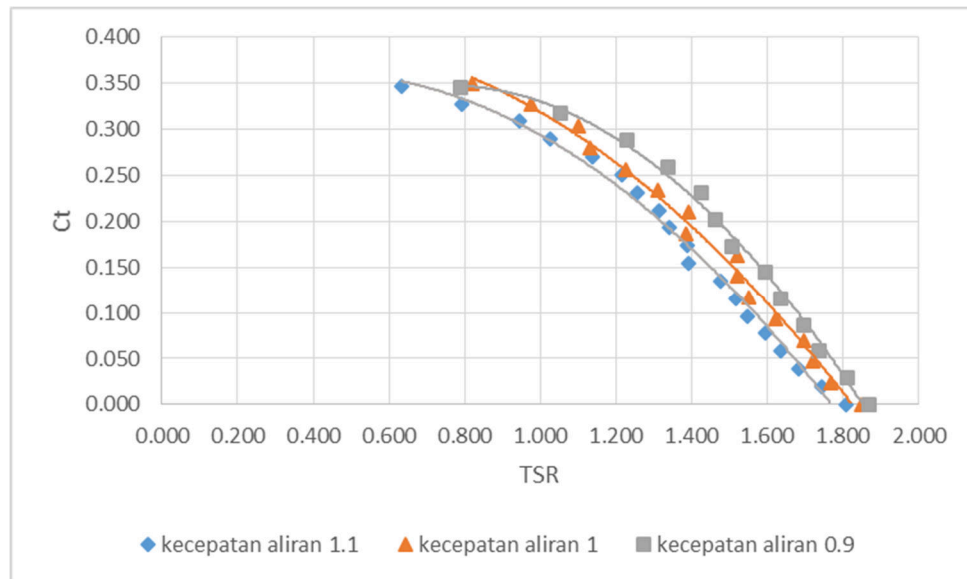


Gambar 8. Grafik hubungan antara koefisien daya (C_p) dengan TSR pada kincir dengan deflektor

Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 8 dapat diketahui bahwa pada kincir tanpa deflektor koefisien daya paling tinggi didapat pada saat kincir bekerja pada kecepatan aliran 1,1 m/s dengan nilai koefisien daya sebesar 0,163 pada TSR dengan nilai 0,845. Sedangkan koefisien daya paling tinggi sebesar 0,354 pada saat kincir menggunakan deflektor pada kecepatan aliran 0.9, dengan nilai TSR sebesar 1,230.



Gambar 9. Grafik hubungan antara koefisien torsi (C_t) dengan TSR pada kincir tanpa deflektor



Gambar 10 Grafik hubungan antara koefisien torsi (C_t) dengan TSR pada kincir dengan deflektor

Berdasarkan Gambar 9 dan Gambar 10 koefisien torsi tertinggi sebesar 0,350 dicapai pada saat kincir menggunakan deflektor pada kecepatan aliran 1 m/s, serta nilai TSR sebesar 0,820. Pada kincir tanpa deflektor koefisien torsi tertinggi sebesar 0,231 pada TSR sebesar 0,619 dengan kecepatan aliran 1,1.

Hasil penelitian yang sudah dilakukan kemudian dibandingkan dengan data penelitian yang sudah ada. Data yang digunakan sebagai pembandingan dari hasil penelitian ini diambil dari penelitian yang dilakukan oleh kalias golecha et al [4]. Data yang ditampilkan merupakan nilai tertinggi yang diperoleh pada masing-masing penelitian untuk jenis kincir yang sama (kincir satu tingkat). Data dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2 Data referensi

	Aspek rasio	C_p	C_t (pada C_p maksimal)	TSR
Tanpa deflektor	0,7	0,14	0,20	0,70
Dengan deflektor	0,7	0,21	0,26	0,82

Tabel 3 Data penulis

	Aspek rasio	C_p	C_t (pada C_p maksimal)	TSR
Tanpa deflektor	0,7	0,16	0,19	0,85
Dengan deflektor	0,7	0,35	0,29	1,23

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3 diketahui bahwa performa kincir tanpa deflektor antara referensi dengan penulis tidak jauh berbeda. C_p terbaik didapatkan oleh penulis dengan nilai 0,16, sedangkan nilai C_t terbaik diperoleh referensi dengan nilai 0,20. Untuk kincir dengan deflektor performa terbaik dicapai oleh penelitian penulis, dengan peningkatan sebesar 66,7% dari C_p yang dicapai referensi. Nilai C_p penulis mencapai 0,35 pada TSR 1,23, dan nilai C_t sebesar 0,29. Berdasarkan data di atas, dapat disimpulkan bahwa kincir Savonius dapat bekerja lebih baik pada saluran air tertutup.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dengan variasi kecepatan aliran air 0,9 m/s; 1 m/s; dan 1,1 m/s, serta pengujian menggunakan deflektor dan tanpa deflektor, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Perbedaan kecepatan aliran dapat mempengaruhi nilai koefisien daya (C_p), koefisien torsi (C_t), serta TSR. Pada kincir tanpa deflektor dengan kecepatan aliran 0,9 m/s diperoleh koefisien daya sebesar 0,143, koefisien torsi sebesar 0,173, serta TSR sebesar 1,357. Pada kecepatan aliran 1 m/s memperoleh nilai koefisien daya sebesar 0,144, koefisien torsi sebesar 0,187, dan TSR sebesar 1,292. Pada kecepatan aliran 1,1 m/s memperoleh koefisien daya sebesar 0,163, koefisien torsi sebesar 0,231, dan nilai TSR 1,346.
2. Deflektor dapat meningkatkan unjuk kerja dari kincir Savonius modifikasi. Kincir tanpa deflektor, memperoleh koefisien daya maksimal pada kecepatan aliran air 1,1 dengan nilai sebesar 0,163 pada TSR 0,845. Sedangkan untuk kecepatan aliran air yang sama (1,1 m/s) kincir yang menggunakan deflektor memperoleh koefisien daya maksimal sebesar 0,307 pada TSR 1,136.
3. Koefisien daya tertinggi dicapai saat kincir diuji menggunakan deflektor pada kecepatan aliran 0,9 m/s dengan nilai sebesar 0,354(35,4%) pada TSR 1,230.
4. Kincir Savonius dapat bekerja lebih baik pada saluran air tertutup dibandingkan pada saluran air terbuka.

Terimakasih kepada :

1. Keluarga Saya yang selalu memberikan dukungan.
2. Segenap staf pengajar Program Studi Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis, sehingga sangat berguna dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Serta semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu yang telah ikut membantu menyelesaikan penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Pope, K., Dincer, I., & Naterer, G. F. (2010). Energy and exergy efficiency comparison of horizontal and vertical axis wind turbines. *Renewable energy*, 35(9), 2102-2113.
- [2] Tian, W., Song, B., VanZwieten, J., & Pyakurel, P. (2015). Computational fluid dynamics prediction of a modified Savonius wind turbine with novel blade shapes. *Energies*, 8(8), 7915-7929.
- [3] Kamoji, M. A., Kedare, S. B., & Prabhu, S. V. (2009). Experimental investigations on single stage modified Savonius rotor. *Applied Energy*, 86(7-8), 1064-1073.
- [4] Golecha, K., Eldho, T. I., & Prabhu, S. V. (2011). Influence of the deflector plate on the performance of modified Savonius water turbine. *Applied Energy*, 88(9), 3207-3217.
- [5] Prasetyo, A., Kristiawan, B., Danardono, D., & Hadi, S. (2018, March). The Effect of Deflector Angle in Savonius Water Turbine with Horizontal Axis on the Power Output of Water Flow in Pipe. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 979, No. 1, p. 012043). IOP Publishing.
- [6] Ali, M. H. (2013). Experimental comparison study for Savonius wind turbine of two & three blades at low wind speed. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 3(5), 2978-2986.
- [7] Sahim, K., Ihtisan, K., Santoso, D., & Sipahutar, R. (2014). Experimental study of Darrieus-Savonius water turbine with deflector: effect of deflector on the performance. *International Journal of Rotating Machinery*, 2014.

- [8] Golecha, K., Eldho, T. I., & Prabhu, S. V. (2011). Influence of the deflector plate on the performance of modified Savonius water turbine. *Applied Energy*, 88(9), 3207-3217.
- [9] Pakpahan, Daniel (2019) Pengaruh deflektor pada unjuk kerja kincir air savonius modifikasi berporos vertikal dua tingkat.
- [10] Riyanto, Yosua Dino (2019) unjuk kerja kincir air savonius vertikal dua tingkat sudu sejajar dalam saluran tertutup.

LOAD CONTROL FOR ENERGY OPTIMALIZATION IN UNSTABIL ELECTRIC POWER PLANT

Iswanjono

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma
Jl. Paingan, Maguwoharjo, Depok, Krodan, Maguwoharjo, Kec. Depok, Kabupaten Sleman,
Daerah Istimewa Yogyakarta 55281
E-mail : iswan_id@usd.ac.id

Abstract

The power generated by a power plant driven by windmills and waterwheels and solar power is unstable, each depends on wind speed, water flow, and solar radiation, respectively. This results in the acquisition of energy not being optimal if the load is not adjusted to the capability of the generating power. In this study a load control automation system has been created that can adjust to the ability of the resource so that optimal energy is obtained by the hysteresis method. When the power goes up or down, so the load adjusts hysterically, so that optimal energy is obtained.

Keywords: renewable energy, enegy gain optimalization, load control.

1. Pendahuluan

Dalam suatu sistem pembangkit tegangan harus selalu diusahakan agar daya yang dibangkitkan sama dengan permintaan daya sistem. Pengaturan pembangkitan untuk memenuhi permintaan tenaga listrik, disusun menurut prioritas, yaitu pembangkit dengan biaya bahan bakar paling murah ditempatkan untuk mendukung beban dasar, sedangkan pembangkit yang tidak efektif digunakan untuk mendukung waktu beban puncak. Pengaturan penggunaan tenaga listrik adalah program pengaturan waktu dan besaran pemakaian tenaga listrik agar diperoleh pemakaian yang efisien dan hemat. Pengaturan dilakukan dengan menurunkan atau menghemat tenaga listrik, pemangkasan beban puncak dan pengalihan beban dari waktu beban puncak (WBP) ke luar waktu beban puncak (LWBP), sehingga suplai pembangkit yang tidak efisien bahan bakarnya dapat berkurang [1].

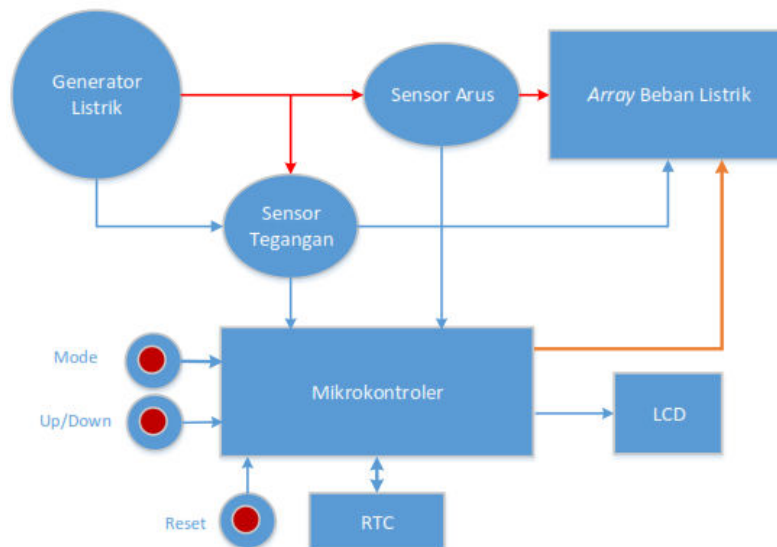
Sistem kontrol otomatis yang diterapkan untuk membatasi daya listrik telah dirancang dan dikembangkan berbasis mikrokontroler ATMEGA16. Dalam melakukan pengontrolan, sistem tersebut menggunakan aksi kontrol on-off. Sebagai aktuator digunakan relay beserta drivernya sedangkan sensornya menggunakan sensor arus berbasis efek Hall. Sistem tersebut dilengkapi keypad untuk memasukkan set point daya listrik dan peraga LCD untuk memantau arus yang terukur. Hasil pengujian alat pada proyek akhir ini mampu menghasilkan arus error rata-rata sebesar 4.88% pada setiap ruang dan daya listrik error rata-rata sebesar 2.76% pada setiap ruang [2].

Generator listrik tak stabil yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB), atau pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTH mikro) memerlukan kestabilan kerja, misalnya dengan penambahan baterai atau beban semu [3-6].

Pada penelitian ini didesain dan diimplementasikan suatu sistem kontrol beban otomatis dimana beban yang aktif dapat menyesuaikan kemampuan sumber listrik agar supaya diperoleh daya yang maksimal dan energi yang optimal.

2. Metode Penelitian

Gambar 1 menunjukkan blok diagram desain yang akan diimplementasikan dalam penelitian. Kontroler PID merupakan kontroler yang berfungsi mengubah sinyal kesalahan (error) menjadi sinyal kontrol [7]. Kontroler ini tersusun dari kontroler propotional ditambah integral ditambah derivative. PID merupakan salah satu mekanisme umpan balik yang banyak digunakan dalam system pengaturan industri. Sebuah kontroler PID menghitung nilai kesalahan sebagai perbedaan antara keluaran terukur dengan masukan yang diinginkan. Hubungan sinyal kesalahan dan sinyal kontrol pada kontroler tipe-PID standart dinyatakan persamaan:



Gambar 1. Blok Diagram Desain Penelitian.

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{\tau_I} \int e(t) dt + \tau_D \frac{d}{dt} e(t) \right] \quad (1)$$

Dalam bentuk fungsi alih,

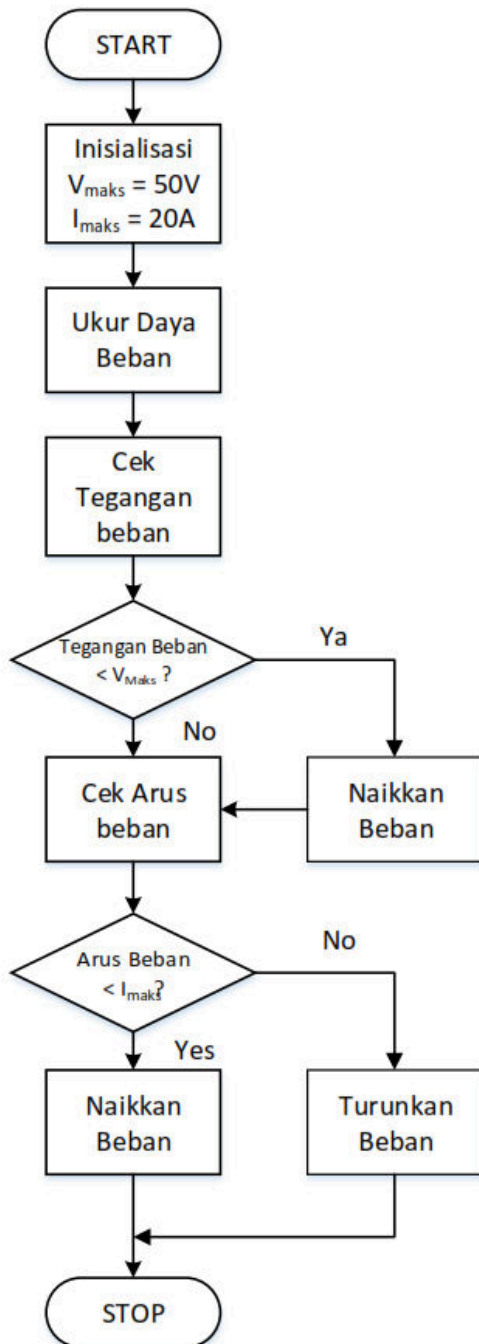
$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{\tau_I s} + \tau_D s \right) \quad (2)$$

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_p (\tau_I \tau_D s^2 + \tau_I s + 1)}{\tau_I s} \quad (3)$$

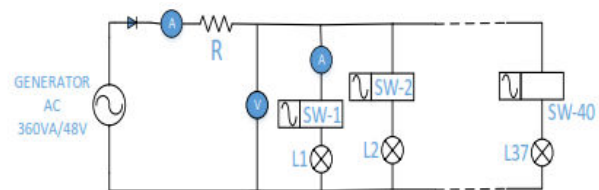
Komponen yang digunakan dalam pengontrolan beban adalah sebagai berikut:

- Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Competible;
- Solid State Relay 8 channel 5 buah;
- Sensor arus 35A;
- Sensor tegangan 70 volt;
- Lampu beban 12volt, 10 watt;
- Rumah lampu

Gambar 2 menunjukkan diagram alir pengontrolan pemilihan beban agar diperoleh daya yang optimal dengan pengaturan jendela histerisis. Gambar 3 menunjukkan blok diagram implementasi sistem otomatisasi pengontrolan beban berbasis mikrokontroler atmega 2560 pada board Arduino dengan metode kontrol histerisis[8-9].



Gambar 2. Diagram alir kontrol sistem



Gambar 3. Blok diagram implementasi rangkaian kontrol beban

3. Hasil dan Pembahasan

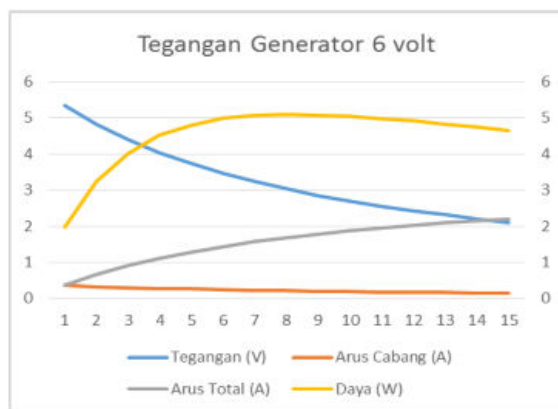
Pengujian dilakukan dengan mengatur tegangan generator 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, dan 60 volt. Grafik hasil uji ditunjukkan pada Gambar 4.

Sumbu horisontal menunjukkan jumlah beban yang dipasang, sumbu vertikal kiri adalah sumbu tegangan atau arus, dan sumbu vertikal kanan adalah sumbu daya yang diserap beban. Beban yang tersedia adalah 40 buah lampu pijar 10W dengan tegangan kerja 12V dan secara paralel.

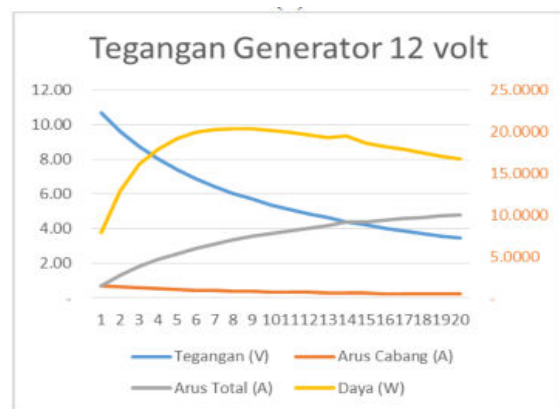
Hasil uji coba saat tegangan generator 6V ditunjukkan pada Gambar 4(a). Saat dipasang 1 buah beban, tegangan drop menjadi 5,12V, arus 0,41A, dan daya 2,04W. Ketiga dipasang 2 buah beban diperoleh pengukuran tegangan 4,73V, arus cabang 0,32A, arus total 0,65A dan daya total pada kedua lampu adalah 4,72W. Untuk menghasilkan daya yang lebih besar beban masih bisa ditambah sampai 7 buah beban, yaitu 5,1W pada drop tegangan 3,37V dan arus total 1.5A. Semakin ditambah beban akan mengakibatkan drop tegangan semakin besar dan daya di setiap bebanpun semakin kecil dan lampu pijarpun tidak akan menyala.

Pada pengaturan tegangan generator 12V hasil uji coba ditunjukkan pada Gambar 4(b). Drop tegangan dengan beban 1 buah lampu pijar adalah 10,87V dengan arus beban 0,49A, dan daya beban 4,91W. Pembebanan dapat dilakukan sampai 16 buah lampu dalam keadaan menyala dan diperoleh drop tegangan 3,8V, arus total 4,26A dengan daya 18,15W. Jika penambahan beban diteruskan maka lampu akan padam walaupun masih tegangan dan arus masuk bisa diukur.

Untuk pengaturan tegangan generator 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, dan 60 volt pada saat drop tegangan sampai 12V terjadi pada keadaan pembebanan masing-masing 4, 9, 13, 17, 22, 26, 29, dan 33 buah lampu. Lihat Gambar 4(d) – 4(j).

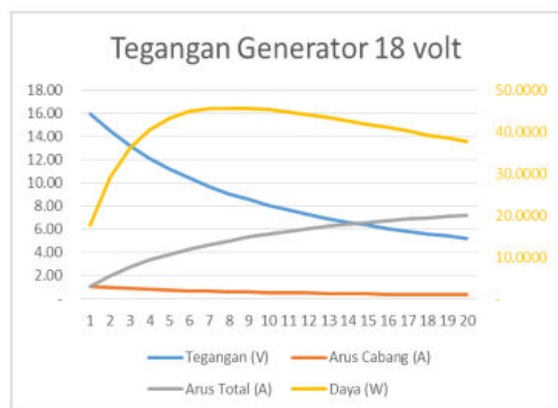


(a)

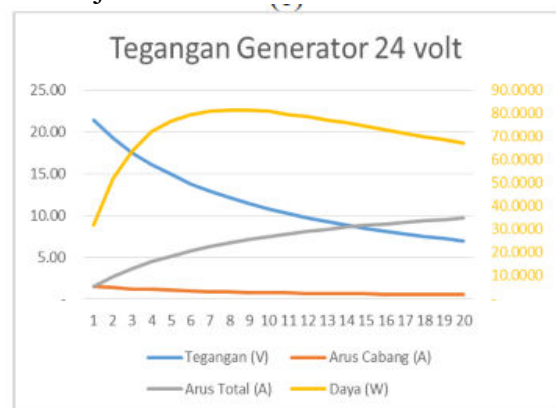


(b)

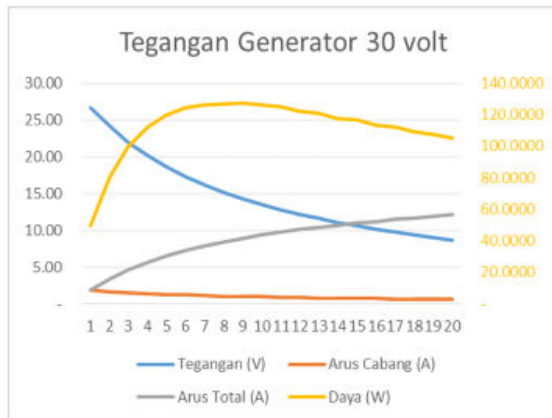
Gambar 4. Grafik hasil uji beban



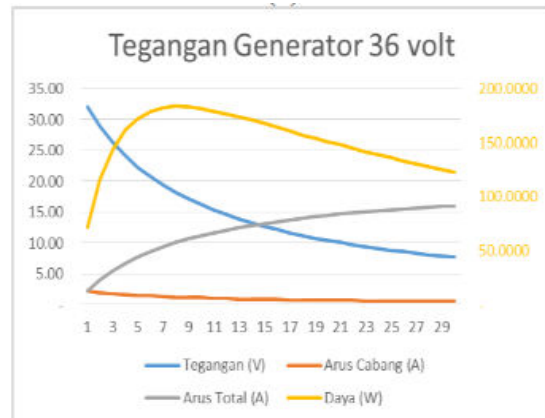
(c)



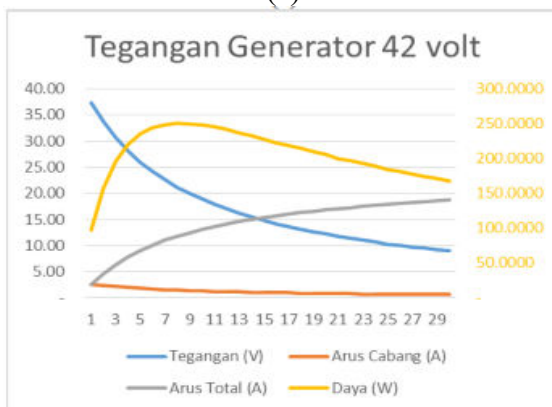
(d)



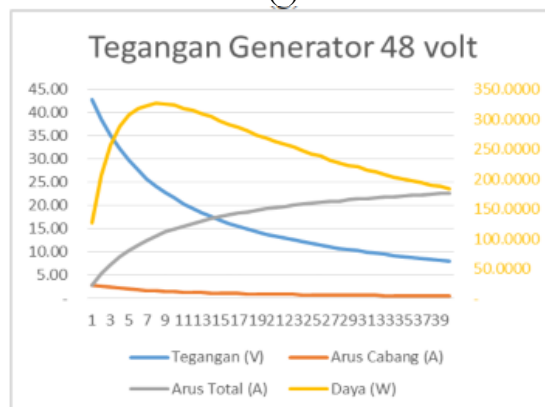
(e)



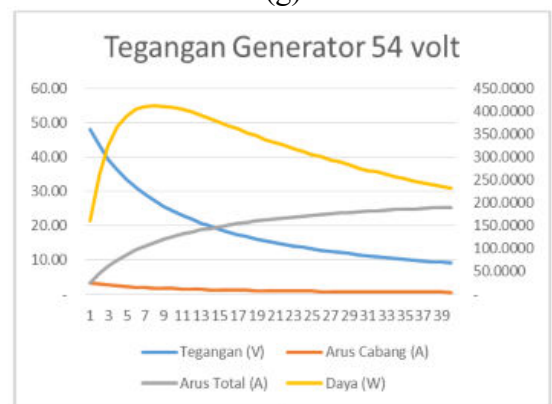
(f)



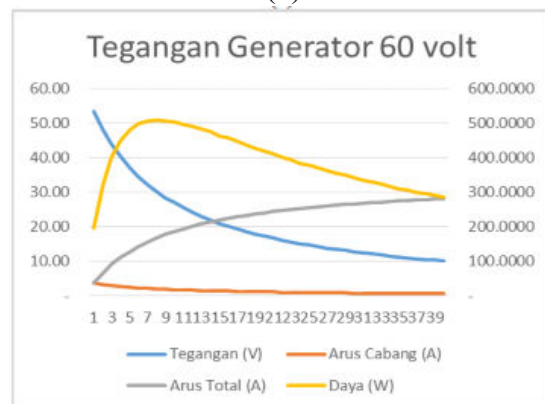
(g)



(h)



(i)



(j)

Gambar 4. Grafik hasil uji beban (*lanjutan*)

Dari Gambar 4, dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan kecenderungan yang sama (identik). Daya beban yang digunakan pada sistem adalah 10 watt sebanyak 40 buah dengan tegangan kerja 12 volt. Dari hasil uji coba diperoleh bahwa semakin besar tegangan generator ternyata tidak menghasilkan daya yang semakin besar, akan tetapi menunjukkan daya yang relatif sama, yaitu mencapai daya maksimum ketika jumlah beban 8 buah (80 watt) atau 9 buah (90 watt).

4. Kesimpulan

1. Generator mampu menghasilkan daya sesuai yang diharapkan yaitu kurang lebih 360VA.

2. Beban yang terkontrol dengan tegangan kerja 12 volt, 10 watt dapat dikontrol sesuai dengan daya yang dihasilkan generator.

Daftar Pustaka

- [1] Agung Nugroho. (2006). Metode Pengaturan Penggunaan Tenaga Listrik Dalam Upaya Penghematan Bahan Bakar Pembangkit dan Energi. *Jurnal Transmisi*, 11(1).
- [2] Riny Sulistyowati, Dedi Dwi Febriantoro. (2012). Perancangan Prototype Sistem Kontrol dan Monitoring Pembatas Daya Listrik Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal IPTEK*, 16(1).
- [3] Lukas Bayu Pratomo, Mohmammad Rameli. (2012). Pengendalian Daya Reaktif Pembebanan Dengan Menggunakan Kontroler PID Predictive Pada Simulator Plant Turbin-Generator. *JURNAL TEKNIK POMITS*, 1(1).
- [4] Made Padmika, I Made Satriya Wibawa, dan Ni Luh Putu Trisnawati. (2017). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan Turbin Ventilator sebagai Penggerak, *Buletin Fisika*, 18(2) pp. 68 – 73.
- [5] Ari Wibawa Budi Santosa dan Imam Pujo Mulyatno. (2014). Pemanfaatan Tenaga Angin dan Surya Sebagai Alat Pembangkit Listrik pada Bagan Perahu. *Jurnal Kapal*, 11(3), pp. 108 – 116.
- [6] Subiyanto. (2014). Model Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terpadu dengan Baterai Terhubung Jaringan Listrik, *sainsteknol Jurnal Sains dan Teknologi*, 12(2), pp. 147 – 158.
- [7] Mahalla, Suharyanto, dan M. Isnaeni B.S. (2013). Evaluasi Kinerja IMAG pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Cokro Tulung Kabupaten Klaten, *JNTETI*, 2(4), pp. 85 – 90.
- [8] Asis Pattisahusiwa, Delia Meldra, Yopy Mardiansyah, dan Hendro. (2014, 17-18 Novemver). Manajemen dan Otomatisasi Pengontrolan Penggunaan Daya Listrik Secara Masal Menggunakan Jaringan Arduino Uno, In *Prosiding Seminar Kontribusi Fisika 2014 (SKF 2014)*, Bandung, Indonesia (pp. 59-62)
- [9] Thiang, Fengky, Anies Hannawati, Resmana. 2017, *Pengendalian Kecepatan Motor DC Dengan Menggunakan Fuzzy Logic Kontroler Berbasis PLC*, online <http://faculty.petra.ac.id/thiang/download/paper/paperplc.pdf>, diakses tanggal 4 Maret 2017.

THE SCHEDULING SYSTEM OF CIVIL AVIATION BASED ON WEB-BASED AVIATION SAFETY REGULATION

Anton Setiawan Honggowibowo¹⁾, Nurcahyani Dewi Retnowati²⁾, Koko Wiyono³⁾

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto

Jl. Janti Blok-R Lanud Adisutjipto Yogyakarta

Email : ¹anton_s_h@yahoo.id, ²nurcahyanidr@stta.ac.id, ³kokowiyono5@gmail.com

Abstract

Cabin crew scheduling in the world of flight must be made very carefully. Because in making cabin crew scheduling there are several requirements that must be met by the scheduling officer such as flight time, cabin crew working hours and rest hours. In making the scheduling it takes a long time because the scheduling officer must ensure the cabin crew's duties in carrying out their duties do not exceed or violate these requirements. Therefore, a cabin crew scheduling system was created to assist schedulers in making cabin crew scheduling using PHP and Oracle databases. This scheduling system is designed to be able to calculate flight time, cabin crew working hours and cabin crew rest time so that scheduling officers no longer have difficulty synchronizing these requirements so that cabin crew officers do not violate these requirements with just one step in the process. This system succeeds in doing 9 Minutes 50 Seconds faster than doing it manually in making just 1 flight route. The time difference can be greater if in 1 day there are more than 1 flight route.

Keywords: Cabin Crew Scheduling, Cabin Crew, Aviation, Aviation safety regulation

1. Pendahuluan

Di era globalisasi dan perkembangan teknologi yang semakin pesat ini, semua pihak berlomba-lomba melakukan percepatan perkembangan disemua sektor baik dibidang teknologi dan alat transportasi. Percepatan perkembangan alat transportasi dilakukan disemua sektor alat transportasi baik darat, laut maupun udara. Salah satu alat transportasi yang mengalami percepatan paling pesat adalah alat transportasi udara yaitu penerbangan udara.

Salah satu bidang yang dilakukan percepatan pada alat transportasi udara adalah bidang pelayanan. Salah satu pelayanan yang didorong percepatannya adalah pengefisiensian waktu agar mengurangi waktu kerja yang dibutuhkan sehingga pekerjaan dilakukan dengan cepat [1]. Pelayanan tersebut meliputi pelayanan *pre-flight service*, *in-flight service*, dan *post-flight service* [2]. Untuk mendukung peningkatan pelayanan pada moda transportasi udara perlu didukung oleh personel yang memiliki kompetensi dan sarana keselamatan penerbangan yang efektif dan tepat guna [3]. Dukungan personel tersebut terkait dengan adanya sistem penjadwalan dikarenakan terdapat penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa perkiraan penyebab kecelakaan penerbangan yang paling dominan adalah faktor manusia persentasenya mencapai 60% [4]. Semakin meningkatnya jumlah penerbangan yang dibutuhkan saat ini harus dibarengi dengan jaminan keselamatan [5], jaminan tersebut salah satunya bisa dengan pengaturan penjadwalan awak cabin sehingga dapat diminimalisir jam kerja yang berlebihan. Keselamatan menjadi bagian yang melekat dari setiap prosedur, produk, kebijakan dan teknologi [6].

Saat ini penjadwalan yang dilakukan oleh *crew sheduling* masih menggunakan cara manual. Sedangkan, penjadwalan kerja awak *cabin* berbeda dengan penjadwalan karyawan biasa yang bekerja disebuah perusahaan [7]. Ada dua faktor yang mempengaruhi sistem

penjadwalan awak *cabin* yaitu *maximum working hours* dan *maximum flight time*. Dua faktor tersebut yang membedakan penjadwalan awak *cabin* dengan karyawan biasa.

Maximum Working Hours adalah maksimum jam kerja dari mulai awak *cabin* keluar dari kediaman hingga kembali ke kediamannya, maksimum jam kerja awak *cabin* adalah 12 jam/hari. Sedangkan untuk maksimum waktu terbang atau *flight time* adalah waktu ketika awak *cabin* berada didalam penerbangan. Maksimum jam terbang dari awak *cabin* 10,5 jam/hari [8]. Dari permasalahan tersebut maka *crew scheduling* memiliki kemungkinan melakukan kesalahan sangat tinggi untuk menentukan penjadwalan awak *cabin* dengan cara manual. Dalam penentuan penjadwalan juga perlu diperhatikan tentang manajemen keberangkatan dan kedatangan terintegrasi dapat meningkatkan koordinasi dalam menangani penerbangan masuk dan keluar untuk meningkatkan kapasitas dan meminimalkan waktu tunda [9]. Sehingga dalam penelitian ini peneliti meneliti tentang sistem penjadwalan awak *cabin* pada Pesawat NAM Air.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan untuk penyelesaian masalah pada penelitian ini adalah:

1. Metode Pengumpulan Data
 - a. Metode Observasi
Metode ini digunakan untuk mengumpulkan informasi tentang data yang dibutuhkan untuk membangun sistem penjadwalan awak *cabin* pada penerbangan sipil.
 - b. Metode Kepustakaan
Metode ini dilakukan dengan cara mengambil informasi dari berbagai sumber seperti internet dan mencari referensi lewat buku-buku yang berkaitan dengan perangkat lunak.
 - c. Metode Wawancara
Metode ini dilakukan dengan bertemu Petugas di PT. Sriwijaya Air yang berada pada bagian *Scheduling* di Kantor Sriwijaya Jakarta.
2. Metode Perancangan Perangkat Lunak
 - a. Analisa Kebutuhan Perangkat Lunak
Langkah awal yang dilakukan dengan mengumpulkan kebutuhan *software* maupun *hardware* untuk dipahami seperti apa yang dibutuhkan oleh pengguna.
 - b. Desain
Tahap ini adalah perancangan tampilan perangkat lunak yang nantinya agar dapat diimplementasikan menjadi program termasuk struktur data, arsitektur perangkat lunak, antarmuka, dan prosedur pengodean.
3. Implementasi
 - a. Pembuatan Kode Program
Pada tahap ini menghasilkan program komputer sesuai dengan desain yang dibuat pada tahap sebelumnya.
 - b. Pengujian
Pada tahap terakhir ini memastikan program komputer semua bagian sudah diuji. Hal ini untuk memastikan program berjalan dengan baik dan benar serta meminimalisir terjadinya *error*.

2.1 Penjadwalan Penerbangan

Definisi Penjadwalan adalah suatu petunjuk atau indikasi apa saja yang harus dilakukan dengan siapa, dan dengan peralatan apa yang digunakan untuk menyelesaikan

suatu pekerjaan pada waktu tertentu. Dalam suatu penjadwalan yang diartikan pada penugasan berupa mengurutkan pekerjaan dan waktu untuk memulai pekerjaan, dimana untuk menentukan semuanya itu harus diketahui urutan operasi terlebih dahulu. Penyusunan jadwal penerbangan adalah hal yang wajib dilakukan oleh setiap maskapai penerbangan [10]. Jadwal yang tersusun akan mempengaruhi keoptimalan utilisasi pesawat dan juga biaya operasional. Penyusunan jadwal adalah hal yang cukup rumit karena dalam penyusunan jadwal banyak faktor yang harus di perhitungkan.

Schedule Design pada tahap ini terbagi menjadi empat bagian yaitu:

a. *Time table construction*

Adalah sebuah proses penentuan jadwal penerbangan dan pertimbangan banyaknya permintaan terhadap suatu rute pada suatu segmen waktu.

b. *Yield management*

Adalah sebuah proses untuk menentukan jumlah kapasitas penumpang pada tiap kelas untuk mengoptimalkan pendapatan dengan mempertimbangkan hasil dari proses *time table management*.

c. *Crew Pairing*

Adalah proses penentuan *crew* dengan menentukan siapa saja yang akan melayani dalam suatu rute penerbangan yang biaya yang minimal tanpa mempedulikan spesifikasi *crew* tersebut. Proses penentuan ini menentukan *crew* yang sama dalam penerbangan yang berurutan dengan titik awal dan titik akhir *crew* yang sama. Hasil optimal dari penentuan *crew* ini adalah biaya yang dikeluarkan seminimal mungkin dan semaksimal mungkin *crew* tersebut dapat melayani kebutuhan yang ada dengan memperhatikan peraturan keselamatan yang ada [11]. Selanjutnya proses pengaturan *crew* akan dilanjutkan dengan berfokus pada penugasan masing-masing individu dengan mempertimbangkan kualifikasi, waktu perjalanan, permintaan dari *crew* tersebut dari faktor lainnya dengan meminimalkan fungsi biaya.

d. *Fleet Assignment*

Fleet Assignment hanya berlaku pada maskapai yang cukup besar dan memiliki beberapa tipe pesawat dengan perbedaan kapasitas yang cukup signifikan. Pada maskapai yang tidak memiliki banyak pesawat dengan tipe berbeda-beda, tahap ini dapat diabaikan. Setelah tahap *Schedule Design* dilakukan dan diperoleh hasil berupa jadwal dari rute yang akan dilayani, tahap selanjutnya menentukan jenis pesawat mana yang akan ditugaskan untuk setiap rute yang telah ditentukan. Tahap inilah yang disebut tahap *fleet assignment*.

2.2 Awak Cockpit

Cockpit atau *Flight Deck* adalah sebuah ruangan khusus yang biasanya terdapat di bagian depan pesawat yang dari dalamnya pilot bisa mengendalikan pesawat terbang. *Cockpit* terdiri dari *Flight Instrument* dan *Flight Control* yang memungkinkan pilot untuk mengendalikan pesawat [12]. *Flight instrument* adalah perangkat alat yang terdapat di dalam pesawat yang dapat memberikan informasi kepada pilot/ penerbang mengenai posisi pesawat terbang, kecepatan angin dan ketinggian dari pesawat tersebut.

Untuk menentukan beberapa *instrument* pengukuran tentang penjadwalan penerbangan dinyatakan sebagai berikut :

1. *Flight Time*

Adalah waktu tugas terbang yang dimulai dari pesawat bergerak dari posisi parkirnya (*Block-Off*) hingga pesawat berhenti di akhir penerbangan pada tempat parkirnya (*Block On*).

2. *Flight Duty Time*

Adalah waktu tugas awak pesawat yang diawali mulai dari waktu *preflight* sebelum memulai terbang hingga *post flight* sesaat setelah pesawat mendarat. Umumnya maskapai

penerbangan menentukan standard *preflight* 60 menit untuk penerbangan domestik dan 90 menit untuk penerbangan internasional.

Sementara *Standard Postflight* ditetapkan 30 menit untuk penerbangan domestik dan 45 menit untuk penerbangan international.

Keterkaitan antara *flight time* dan *flight duty time* adalah;

$$\text{Flight Duty Time} = \text{Preflight} + \text{Flight Time} + \text{Postflight} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\text{Flight Duty Time} < \text{Max Allowed FDT} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$FT_1 + FT_2 + FT_3 + \dots < \text{Max Allowed FT} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\% \text{ Galat} = \frac{\text{Manual}}{\text{Aplikasi}} \times 100 \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\text{FDT} = \text{Flight Duty time}$$

$$\text{FT} = \text{Flight time}$$

$$\% \text{ Galat} = \text{Kesalahan}$$

Maximum Flight Duty Time dan *Maximum Flight Time* sesuai dengan tabel

Preflight = 60 menit (domestik *flight*)

= 90 menit (international *flight*)

Postflight = 30 menit (domestik *flight*)

= 45 menit (international *flight*)

3. *Flight Deck Duty Time*

Adalah waktu tugas terbang yang dimulai dari awak pesawat *flight crew* memasuki ruang *cockpit* untuk memulai tugas terbang hingga awak pesawat keluar ruang *cockpit*.

Sehingga *flight deck duty time* merupakan bagian dari *flight time*. *Flight deck duty time* dihitung 30 menit sebelumnya *actual time departure* (ATD) dan hal ini berlaku untuk:

- a. Komposisi awak pesawat terdiri dari tiga pilot; atau
- b. Petugas penerbangan yang melakukan prosedur *preflight* saat komposisi krunya terdiri lebih dari tiga.
- c. Penerbangan selanjutnya, *flight deck duty Time* dihitung 20 menit sebelum ATD. Ini berlaku untuk:
 - 1) Komposisi awak pesawat terdiri dari tiga pilot; atau
 - 2) Petugas penerbangan yang melakukan prosedur *preflight* saat komposisi krunya terdiri lebih dari tiga.
- d. *Flight Deck Duty Time* dihitung 10 menit setelah ATA. Hal ini berlaku untuk:
 - 1) Komposisi awak pesawat terdiri dari tiga pilot; atau
 - 2) Awak penerbangan yang melakukan tugas setelah prosedur pendaratan saat komposisi kru terdiri lebih dari tiga.
- e. *Flight Deck Duty Time* dihitung 5 menit sebelum memulai tugas setelah istirahat dalam penerbangan periode dan berakhir 5 menit sebelum mengambil waktu istirahat dalam penerbangan atau seperti yang dijelaskan diatas.

4. Kriteria Kurung Waktu

Waktu terbang dan waktu penerbangan tidak melebihi batas maksimum, periode penggunaan waktu didefinisikan sebagai berikut:

- a. Harian : 24 jam berturut-turut
- b. 7 hari : 7 hari berturut-turut
- c. Bulanan : bulan kalender
- d. Tahunan : tahun kalender
- e. 30 hari : 30 hari berturut-turut
- f. 90 hari : 90 hari berturut-turut
- g. 12 bulan : 12 bulan berturut-turut

2.3 NAM Air

NAM Air adalah maskapai penerbangan Indonesia yang didirikan pada tahun 2013. Maskapai penerbangan ini adalah anak perusahaan dari maskapai penerbangan Sriwijaya Air. Maskapai penerbangan ini merupakan maskapai pengumpan di kelas medium dengan mengoperasikan pesawat Boeing 737-500 Winglet dengan konfigurasi 120 kursi (8 kelas bisnis dan 112 kelas ekonomi) dan pesawat ATR 72-600 dengan 72 kursi kelas ekonomi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 *Flight Attendant-Flight Time dan Flight Duty Time*

Tabel 1. *Flight ime – Flight Duty Time.*

(Sumber : *Civil Aviation Safety Regulation (CASR)*)

Time Period	Number of Crew	Flight Time	Flight Duty Time	Subject to Note		
				1	2	3
Daily	Minimum FA	9 hours	14 hours	Yes	No	No
	Minimum FA+1	12 hours	16 hours	No	Yes	No
	Minimum FA+2	-	18 hours	No	Yes	No
	Minimum FA+2	-	20 hours	No	Yes	Yes
Weekly	Minimum FA	30 hours				
	Minimum FA+1					
30 days		120 hours				
12 month		1050 hours				

Catatan 1:

- A. Periode istirahat harus 9 jam berturut-turut atau dapat disetujui menjadi 8 jam berturut-turut jika Petugas Penerbangan diberi waktu istirahat paling lama 10 jam berturut-turut. Periode istirahat berikutnya harus dimulai paling lambat 24 jam setelah dimulainya periode istirahat dan harus terjadi antara selesainya masa tugas yang diminta dan dimulainya masa tugas berikutnya.

Catatan 2:

- A. Waktu istirahat harus 12 jam berturut-turut atau dapat disetujui menjadi 10 jam berturut-turut jika Petugas Penerbangan berhak atas waktu istirahat berikutnya sekurang-kurangnya 14 jam berturut-turut. Periode istirahat berikutnya harus dimulai paling lambat 24 jam setelah dimulainya periode istirahat dan harus terjadi antara selesainya masa tugas yang diminta dan dimulainya masa tugas berikutnya.
- B. Petugas awal dilarang memulai jangka waktu lebih dari 14 jam selama periode 24 jam dimulai setelah periode awal selesai.
- C. Bila kursi lompatan tidak tersedia, untuk kursi penumpang Penumpang Penerbangan tambahan di kompartemen penumpang harus disediakan.

Catatan 3:

- A. Jika jadwal tugas diberikan satu kali atau lebih, jadwal pendaratan atau lepas landas di luar Indonesia

3.2 Perancangan Perhitungan Waktu Istirahat

Dalam membuat jadwal awak kabin *crew scheduling*, harus menghitung waktu istirahat yang telah ditentukan. Ada beberapa ketentuan istirahat diantaranya istirahat harian dan mingguan.

3.3 Perhitungan Istirahat Harian

Istirahat harian adalah waktu istirahat yang harus didapat oleh awak kabin setiap harinya, pada komposisi pesawat ATR dengan 2 awak kabin maka waktu istirahat yang harus didapat adalah 9 jam perhari. Konfigurasi istirahat dapat dikurangi menjadi 8 jam akan tetapi untuk waktu istirahat dikemudian hari harus sekurang-kurangnya 10 jam.

3.4 Perhitungan Istirahat Mingguan

Istirahat mingguan adalah waktu istirahat yang harus didapat oleh awak kabin minimal 24 jam setelah 6 hari kerja.

3.5 Proses Perhitungan Waktu Istirahat

Tabel 2. *Crew Scheduling*

		PSU	123	PNK	124	SRG
ATR	ETA		1. DESI NURAENI	08.30	1. DESI NURAENI	11.00
02-03-19	ETD	07.00	2. EKA PUPITA	09.00	2. EKA PUPITA	

Keterangan :

- Kode Bandara
- Kode Penerbangan
- Estimate Time Arrival*
- Estimate Time Departure*

1. Kode Bandara

Kode Bandara adalah penamaan bandara yang dibuat guna mempermudah penyebutan dan proses pengkodean sebuah bandara.

2. Kode Penerbangan

Kode Penerbangan merupakan kode rute dari bandara A ke bandara B. Kode tersebut didapat setelah maskapai mendaftarkan rute dari bandara A ke bandara B.

3. *Estimate Time Arrival*

Estimate Time Arrival (ETA) adalah waktu kedatangan dari sebuah pesawat.

4. *Estimate Time Departure*

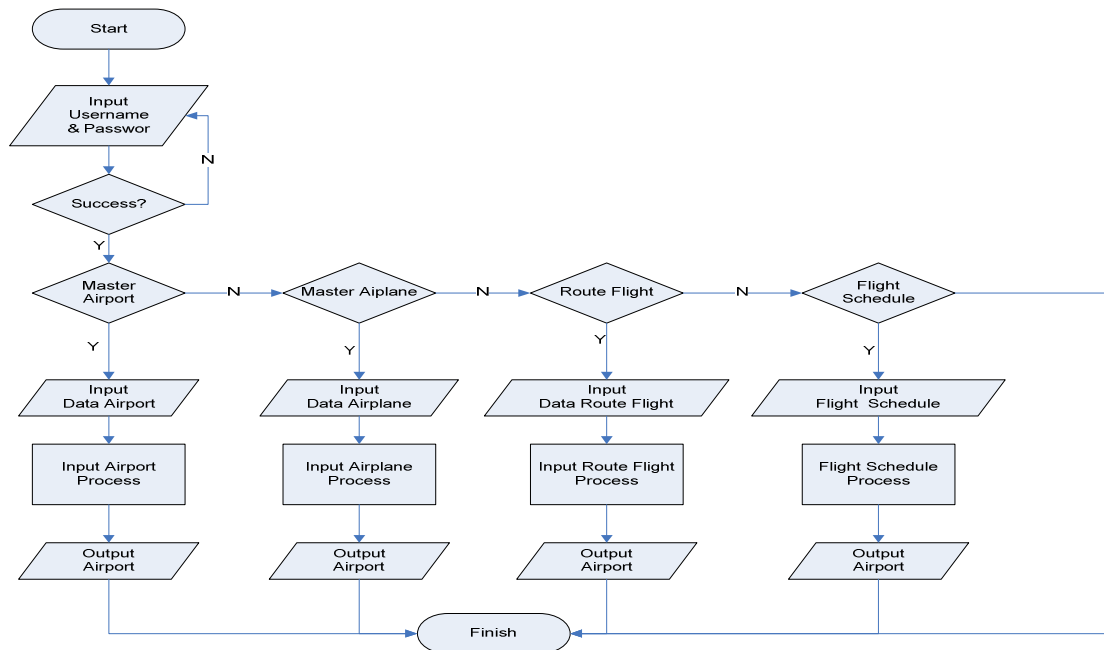
Estimate Time Departure (ETD) adalah waktu kedatangan dari sebuah Keberangkatan.

Proses perhitungan harian adalah dengan menambahkan 30 menit dari ETA terakhir. Contoh ETA terakhir adalah pukul 11.00 maka waktu istirahat dimulai dari pukul 11.00 ditambah 30 menit. Oleh karena itu waktu istirahat dimulai pada pukul 11.30 hingga 9 jam kemudian. Setelah waktu istirahat harian terpenuhi maka awak kabin dapat ditugaskan pada esok harinya.

Sementara untuk proses perhitungan waktu istirahat mingguan adalah hanya dengan membatasi jam kerja awak kabin pada 6 hari kerja. Setelah awak kabin melaksanakan 6 hari kerja secara berturut-turut maka awak kabin harus mendapatkan waktu istirahat sekurang-kurangnya 24 jam.

3.6 Flowchart Sistem Penjadwalan Pesawat & Awak Cabin

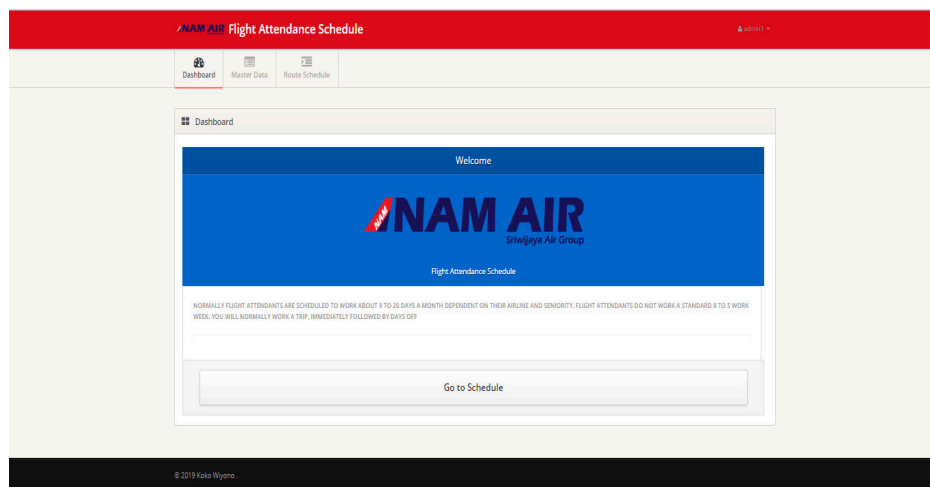
Flowchart admin 1 merupakan alur yang menggambarkan proses kerja *admin 1* yang di gambarkan pada gambar 1. Dari *flowchart* tersebut dapat dilihat *admin 1* memulai menginputkan *username* dan *password*. Jika salah maka akan kembali ke *menu input username* dan *password*. Sedangkan apabila benar *username* dan *password* benar maka akan menuju ke tampilan berikutnya yang terdapat 4 menu yaitu *master airport*, *master airplane*, *route flight* dan *flight schedule*. Dari ke empat *menu* tersebut dapat di inputkan data sesuai inputan data tersebut. Setelah berhasil di proses dan menghasilkan *output* maka akan kembali ke tampilan utama yang berupa 4 *menu* tersebut hingga *admin 1* menyelesaikannya.



Gambar 1. *Flowchart Admin 1.*

3.7 Tampilan Antarmuka Penjadwalan Awak Kabin

Setelah berhasil *login*, maka akan secara otomatis akan masuk pada menu *dashboard* yang merupakan tampilan utama dari sistem penjadwalan awak kabin ini. Selain menu *dashboard* juga terdapat dua menu yang berada di sebelahnya.



Gambar 2. Antarmuka penjadwalan Awak Kabin.

3.8 Pengujian

Dalam pembahasan ini akan melakukan perhitungan penjadwalan awak kabin di maskapai Nam Air dengan menggunakan proses manual. Di dalam pembahasan dibawah ini peneliti menggunakan data pemisalan yang di buat dari contoh oleh peneliti sendiri. Hal ini bertujuan untuk melindungi data-data dari perusahaan Nam Air. Sehingga semua data yang berada pada perhitungan manual dibawah ini seperti kode penerbangan, waktu yang ditempuh dari bandara ke bandara B merupakan *sample* dari peneliti.

Tabel 3. *Crew Scheduling*

		PSU	123	PNK	124	SRG
ATR	ETA		1. DESI NURAENI	08.30	1. DESI NURAENI	11.00
2-Mar-19	ETD	07.00	2. EKA PUPITA	09.00	2. EKA PUPITA	11.30

125	BDO	126	SRG	127	SBY
1. DESI NURAENI	13.30	1. DESI NURAENI	16.30	1. DESI NURAENI	18.00
2. EKA PUPITA	15.00	2. EKA PUPITA	17.00	2. EKA PUPITA	18.30

128	JOG	129	HLP
1. PITRI SAVITRI	20.00	1. PITRI SAVITRI	21.30
2. SUZY NURHAYATI	20.30	2. SUZY NURHAYATI	

Keterangan :

	Kode Bandara		Jenis Pesawat
	Kode Penerbangan		Tanggal
	Estimate Time Arrival		
	Estimate Time Departure		
	Awak Kabin		

Dalam pengisian tabel *crew scheduling* ada dua *admin* yang harus melakukan pengisian tabel tersebut yaitu admin 1 bertugas mengisikan Jenis Pesawat, Tanggal, ETA, ETD, Kode Penerbangan dan Kode Bandara sedangkan admin 2 bertugas mengisikan daftar nama awak kabin yang akan bertugas. Akan tetapi dalam pengisian daftar nama admin 2 harus memperhitungkan *flight time*, *flight duty time* dan *rest hour*.

3.9 Hasil Perhitungan Proses Perhitungan Manual

Dari proses perhitungan manual dapat disimpulkan bahwa proses perhitungan manual membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga dibutuhkan sebuah sistem untuk membantu mempermudah perhitungan.

3.10 Perbandingan Waktu

Pada perbandingan waktu saat ini peneliti akan membandingkan waktu pengisian penjadwalan awak kabin yang diinputkan secara manual dengan waktu pengisian yang diinputkan melalui sistem penjadwalan awak kabin. Proses perbandingan ini akan digambarkan pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Proses Perbandingan A

NO	Proses	Waktu Manual			Waktu Sistem		
		Satuan			Satuan		
		Detik	Menit	Jam	Detik	Menit	Jam
1	Pengisian Kolom Jenis Pesawat	4	0	0	6	0	0
2	Pengisian Kolom Tanggal	3	0	0	6	0	0
3	Pengisian Kolom Kode Penerbangan	20	0	0	6	0	0
4	Pengisian Kolom Kode Bandara	5	0	0	6	0	0
5	Pengisian Kolom Kode ETA	4	0	0	6	0	0
6	Pengisian Kolom Kode ETD	8	0		6	0	0
	JUMLAH	44 Detik			36 Detik		

Pada Tabel 4 memperlihatkan perbandingan waktu dalam melakukan pembuatan penjadwalan pesawat menunjukkan perbedaan 8 detik. Perbedaan tersebut tidak terlalu signifikan. Sedangkan perbandingan waktu proses pembuatan penjadwalan awak kabin akan di tunjukan pada Tabel 5.

Tabel 5. Proses Perbandingan B

NO	Proses	Waktu Manual			Waktu Sistem		
		Satuan			Satuan		
		Detik	Menit	Jam	Detik	Menit	Jam
1	Pengisian Nama Awak Kabin	0	10	0	10	0	0
	JUMLAH		10 Menit		10 Detik		

Pada Tabel 5 memperlihatkan perbandingan waktu pembuatan penjadwalan awak kabin dari inputan manual dengan menggunakan sistem memiliki perbandingan waktu yang sangat signifikan yaitu 9 menit 50 detik.

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dalam pembuatan sistem penjadwalan awak kabin penerbangan sipil berdasarkan pada regulasi keselamatan penerbangan berbasis *web* antara lain sebagai berikut:

1. Sistem ini sudah memiliki tampilan yang sudah standar untuk dapat digunakan dengan mudah oleh pengguna.
2. Sistem ini sudah dapat membantu pengguna dalam menentukan penjadwalan awak kabin dengan waktu yang lebih cepat sehingga dapat menghemat waktu dan tenaga.
3. Sistem ini dapat mempermudah pengguna dalam menentukan nama-nama awak kabin tanpa harus memperhitungkan kembali apakah awak kabin tersebut dapat ditugaskan pada hari itu atau tidak. Hal ini dikarenakan sistem sudah memberikan informasi daftar nama awak kabin yang memenuhi persyaratan untuk ditugaskan pada hari tersebut.

Daftar Pustaka

- [1] Latumone, Y. R., Sajati, H., & Retnowati, N. D. (2016). *Pencarian Informasi Data Pesawat Menggunakan Nomor Registrasi Pesawat dengan Menfaatkan Database dan Json*. *Compiler*, 5(2).
- [2] Wardani, D., Sulisty, S., & Mustika, I. W. (2018, November). The Blueprint of AWOS Implementation for Aviation Services at BMKG. In *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta* (Vol. 4, pp. 157-166).
- [3] Fahlevi, W. R., Lukito, I., & Sajati, H. (2019). Notification Using Telegram to Identify and Determine the Needs of Handling Packaging Dangerous Goods. *Compiler*, 8(1), 11-18.
- [4] Poerwanto, E., & Mauidzoh, U. (2016). Analisis Kecelakaan Penerbangan Di Indonesia Untuk Peningkatan Keselamatan Penerbangan. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 8(2), 9-26.
- [5] Wibowo, A. S. (2018, November). Interactive Multimedia Development of Aircraft Safety System Based on Adobe Flash. In *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta* (Vol. 4, pp. 473-482).
- [6] Poerwanto, E., Sajati, H., & Andaruwati, R. (2018, November). The Ergonomic Analysis of the Airline Passengers Message Service to Improve the Flight Safety. In *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta* (Vol. 4, pp. 201-210).
- [7] Suseno & Efaoga Dhuha. (2017). Penjadwalan Tenaga Kerja Untuk Tiga Shift Kerja, Seminar Nasional Teknik Industri [SNTI2017] Lhoukseumawe-Aceh, ISSN 2338-7122.
- [8] Purba, Hasim. (2017). Mewujudkan Keselamatan Penerbangan Dengan Menggunakan Hukum Bagi *Stakeholders* Melalui Penerapan *Savety Culture*, *Jurnal Hukum Samudra Keadilan*, Volume 12 No 1, Januari-Juni 2017.
- [9] Ruseno, N., & Sadono, M. (2019). Body of Knowledge in Research of Air Traffic Management: Case Study in Indonesi. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 11(1), 9-24.
- [10] Situmorang, U.C. (2017). Penerapan Aspek Keselamatan Penerbangan Di Bandara X Pada Maskapai Y. *Jurnal Higeia* 1 (2).
- [11] Widiastuti, R. , Honggowibowo, A. S. , & Indrianingsih, Y. (2012). *Analisis Direct Operating Cost Dalam Sistem Pendukung Penentuan Tipe Pesawat Terbang Untuk Pembukaan Rute Baru Penerbangan*. *Compiler*, 1(1).
- [12] Kementrian Perhubungan. (2016). CASR Part 121 Amdt. 10 - *Certification and Operating Requirements Domestic, Flag and Supplemental Air Carrier* [pdf], dalam: <http://hubud.dephub.go.id/?id/dsku/download/6684> [diakses pada 24 Juli 2018].

IMPLEMENTATION OF MEL FREQUENCY CEPSTRAL COEFFICIENT AND DYNAMIC TIME WARPING FOR BIRD SOUND CLASSIFICATION

Hari Prapcoyo¹⁾, Bertha Pratama Adhita Putra²⁾, Rifki Indra Perwira³⁾

Dept. of Informatics Engineering, Faculty of Industrial Engineering

UPN "Veteran" Yogyakarta

Jl. Babarsari 2 Tambakbayan Yogyakarta

Email : ¹hari.prapcoyo@upnyk.ac.id, ²pasienandroid@gmail.com, ³rifki@upnyk.ac.id

Abstract

Lovebird (Agapornis) is a type of bird that has become the belle of new pet birds lately. The interest of the hobbyist in this one song is because Lovebird has a unique chirp. For beginner lovebird fans, the lack of knowledge and experience about lovebird birds results in various cases of fraud in choosing a quality lovebird. They were disappointed expensive lovebirds that had been purchased but did not match what was expected. Lovebird chirping voice recognition can be learned and recognized through the learning process of speaker recognition, which is part of voice recognition. Speaker recognition captures the frequency of the lovebird's voice, then compares it with the sound frequency of the existing training data. The sound frequency and the long duration of chirping of lovebird birds will be extracted through the Mel-Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) method. Information in the form of Mel Frequency Cepstrum Coefficients from input data and training data is then compared to the Dynamic Time Warping method. The methodology used in this study uses the grapple method. The results of this study were obtained an accuracy value of sound validation by 80%. It is hoped that with the capabilities of this system, it can help bird chirping lovers know the sound quality of lovebird birds that are good, moderate, and less. Also, it can help the jury of birds chirping, so that it can be used as an accurate standard in classifying lovebird sounds.

Keywords: Lovebird, Voice Recognition, MFCC, DTW.

1. Introduction

Lovebird (Agapornis) is a type of bird that has become the belle of new pet birds lately. The interest of the hobbyist in this one song because lovebird has a unique chirp [1]. Therefore, there is no doubt that the existence of a lovebird which continues to creep up and is increasingly taken into account even though not immediately skyrocketed when contested. Its popularity as a contest bird can be said to be more stable compared to other birds, such as green cucumbers, stone magpie, and pitcher pots in the contest arena, which immediately appears horrendous and exorbitant prices [6].

For beginner lovebird fans, the lack of knowledge and experience about lovebird birds results in a variety of fraud cases in choosing a quality lovebird that has a long blistering sound, while birds that have long blistering are not necessarily good quality. They were disappointed, expensive lovebirds that had been purchased but did not match what was expected [6]. Also, for fans who have a busy life, they can not monitor the development of their lovebird at any time.

Previous studies discussing speaker recognition technology using MFCC and DTW methods, namely research conducted by [2] with the title Lovebird Voice Classification with the Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) Method and Fuzzy Logic. This study applies the Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) method as a characteristic to

distinguish the quality of lovebird chirping and the Fuzzy Logic algorithm for the classification of lovebird chirping. The results of this study were obtained an accuracy value of 91.67% with a computing time of 190,229 seconds. As for some suggestions for further research is to change the method of feature extraction and classification to increase the value of accuracy. Also, it is hoped that the system can then be developed on an android application and can be used in real-time [2].

Research conducted by [13] with the title Implementation of the MFCC and DTW Methods for the Introduction of Male and Female Voice Types. MFCC (Mel - Frequency Cepstral Coefficient) and DTW (Dynamic Time Warping) are a method of processing sounds, in this study sound processing is conducted aimed at the introduction of male and female voice types. Determination of the type of male or female voice is usually done in the determination of the choir group. MFCC is a method for feature extraction; in addition to MFCC, another method is used, namely, DTW, which is a method of matching training sounds and test sounds, this technique is useful for calculating the distance between two data with different patterns and calculating the value and distance from the data. In this study, a system was built that could recognize male and female voice types; male voice types were divided into Tenor, Bariton, and Bass, while in women were divided into Sopran, Mezzosopran, and Alto. The research results obtained are for the level of accuracy in women with alto type of voice obtained a percentage of 80%, for the level of accuracy of the type of mezzo-soprano voice obtained 90%, for the level of accuracy of the type of soprano voice obtained 80%. Then in the type of male voice, for the type of bass sound obtained an accuracy rate of 80%, for the type of baritone sound obtained an accuracy rate of 70%, and for the type of tenor, sound obtained an accuracy rate of 60% [13].

Research conducted by [14] with the title Speaker Recognition Using MFCC and DTW Algorithms. Speaker recognition is the ability of a machine or program to recognize or ascertain the identity of a speaker based on the characteristics of his voice. There are two types of text in speaker recognition, namely text-dependent and text-independent. Several studies have verified the sound using Dynamic Time Warping (DTW) has got good results. Likewise, voice identification research with Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) and GMM algorithm. Most of these studies use English, Indian, Persian, Tamil, and Indonesian. Speech data generally take sound samples, say a word or several words, and are text-dependent. Therefore, a speech recognition study will be conducted using the MFCC method and the DTW algorithm with independent text types and tells several 30-second sentences. Data obtained from the results of the recording itself 20 speakers. In three different room conditions. Testing is known by using the Maximum Likelihood Classification method. The test results show the ability of the system to verify speakers by 70% for dimensions one and two, and the ability to identify speakers by 15% for dimensions one and two [14].

As for several things that distinguish this study from previous research, namely, no one has used the Dynamic Time Warping (DTW) method to classify lovebird sounds after extraction using the Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) method. In this study, the system can be used to record lovebird bird sounds directly, after getting a lovebird bird voice recording file then directly processed to get a classification of the quality of the lovebird sounds. Also, the performance of the system in assessing and classifying the sound quality of lovebird birds in this study is different. The main contributions of this paper are:

- 1) Propose MFCC and DTW for the classification of bird sounds.
- 2) Test the accuracy of the birds sound classification system using MFCC and DTW
- 3) Help chirping mania and bird judges in choosing quality birds.

Based on these problems, this research will create applications that can help to classify the sounds of lovebird birds using speaker recognition technology with the MFCC and DTW methods. The assessment is done based on the sound of the chirping produced.

2. Research Method

Data collection research methods consist of observational studies, interviews, and related methods used in this study.

2.1 Observations

Observations were made with several fellow lovebird hobbyists scattered throughout Indonesia and focused in Solo, Central Java. The observations were made by observing lovebird birds that have good, moderate, and poor sound quality. Observations were made starting from December 2018 - August 2019 in several places, including in Solo, Central Java, Yogyakarta, and in some fellow lovebird hobbyists.

2.2 Interview

This interview is a data collection process that is carried out with a question and answer process. The results of the observation through observation were strengthened by interviews with several sources related to the sound quality of lovebird birds, including with fellow lovebird hobbyists.

2.3 Speaker Recognition

Speaker recognition can be defined as the process of selecting speakers (speakers) that have characteristics that are close to the same sound as the input sound. The input sound is extracted in its characteristics to be compared with some existing reference models of speakers, and it is sought which ones are close to the same to be decided as the input voice speaker earlier. This process compares the 1: N speaker reference model and generally consists of three main parts, as in Figure 1.

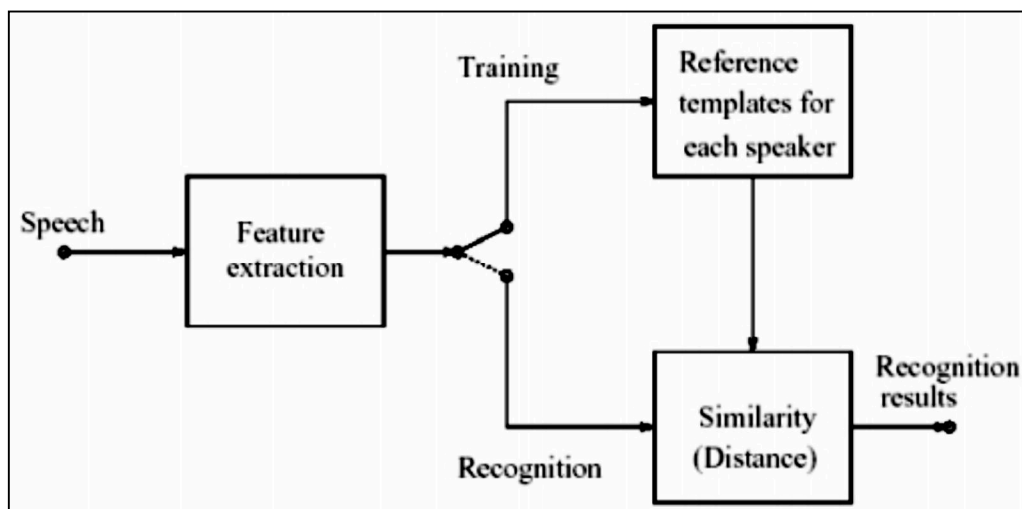


Figure 1. Reference model speaker

The first part is Feature extraction; here, the input voice signal is extracted by the signal characteristics using the feature extraction method, the Mel-Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) method.

The second part is the Training phase section, in this section the characteristics of the input sound signal was in the form of a series of acoustic vectors, classified and then stored as a speaker reference model, in classifying the speaker reference model this can use the Dynamic Time Warping (DTW) method.

The third part is the Recognition or Testing phase, looking for the similarity of sound features by measuring the distortion between some existing speaker model references and the input voice signal that will be recognized. The closest or smallest distance is decided as the speaker of the input voice signal. When applied to speaker verification, it measures the distance only between the input signal and the recognized speaker reference model [12]

2.4 *Mel-frequency Cepstral Coefficient (MFCC)*

MFCC is one method used to perform feature extraction on a signal. This method is a standard method for character extraction, where this method adopts the workings of human hearing. Sound signals will be filtered linearly for frequencies below 1000 Hz and logarithmic for frequencies above 1000 Hz [2]. The process of the MFCC method can be seen in Figure 2.

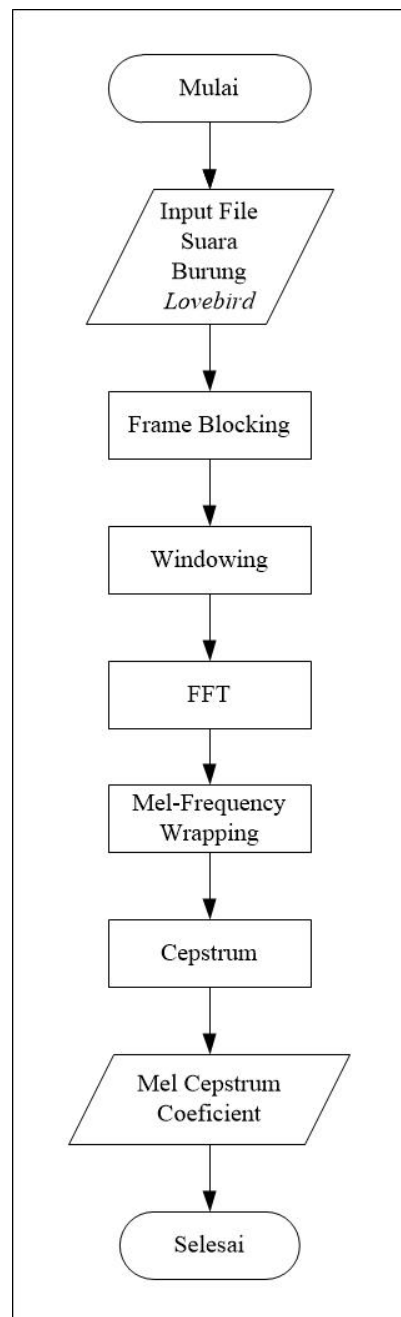


Figure 2. Proses *MFCC*

The feature extraction process is the process of extracting audio data from an incoming sound file to produce a coefficient value. The process starts with reading the input sound file. The incoming sound file is then processed by frame blocking. Frame blocking is the process of dividing the sound into several frames, and one frame consists of several samples. Then each frame produced is windowed to minimize signal discontinuity at the beginning and end of each frame. The next process is FFT (Fast Fourier Transform), which changes each sample frame from the time domain to the frequency domain. The next process is frequency wrapping, where each FFT value is multiplied by the corresponding filter gain, and the results are summed. The final step in the MFCC process is to change the spectrum of time so that it produces MFCC (Mel Frequency Cepstrum Coefficients [12].

2.5 Dynamic Time Warping (DTW)

DTW (DynamicTime Warping) is a method for calculating the distance between two-time series data. The advantage of DTW over other distance methods is that it can calculate the distance of two data vectors of different lengths. The distance of DTW between two vectors is calculated from the optimal warping path of the two vectors. Illustration of matching with the DTW method is shown in Figure 3 below.

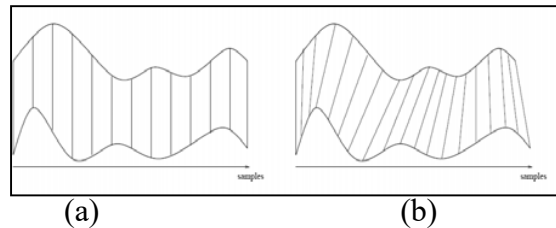


Figure 3. The DTW matching *sequence a and b*

Of the several techniques used to calculate DTW, one of the most reliable is the dynamic programming method. The distance of DTW can be calculated by the formula [3]:

$$D(U, V) = \gamma(m, n)$$

$$\gamma(m, n) = d_{base}(u_i, v_j) + \min \begin{cases} \gamma(i-1, j) \\ \gamma(i-1, j-1) \\ \gamma(i, j-1) \end{cases}$$

3. Result and Discussion

The results of this study are to make a lovebird bird sound classification application using speaker recognition technology with MFCC and DTW methods. The results and discussion are presented based on the interface in the application accompanied by pictures from each interface.

3.1 The Lovebird Sound Classification

This page functions to make the lovebird bird sound classification process. There are three menus on the menu bar, namely home, process, and database. Lovebird bird, sound classification process, begins when the user inputs the name of the owner and the name of the bird, after that the user can input the existing sound file or record directly the sound of lovebird birds for 150 seconds. After inputting the owner's name, the bird's name, and the lovebird's voice recording file, the user presses the process button. The application will start processing the sound or recording file that was previously inputted. The first process is the application will divide the sound file into five parts, where each part of the sound file is 30 seconds long. Files that have been shared will be saved into an existing folder. Once saved,

the sound file is extracted using the MFCC function, which will then generate the MFCC coefficient from the input data. After getting the MFCC coefficient from the input data, the next step is to extract the training data to get the MFCC coefficient from the training data. After getting the results of the MFCC coefficient from the input data and training data, then it is compared to find the closest distance between the MFCC coefficient from the input data and training data with the DTW function. After completion, the application will display lovebird bird voice data and classes from the audio training data, which have the closest distance in the process table. Then the results are displayed on the interface of the lovebird sound classification process on the right in the result grub box. The interface of the lovebird bird sound classification process can be seen in Figure 4.

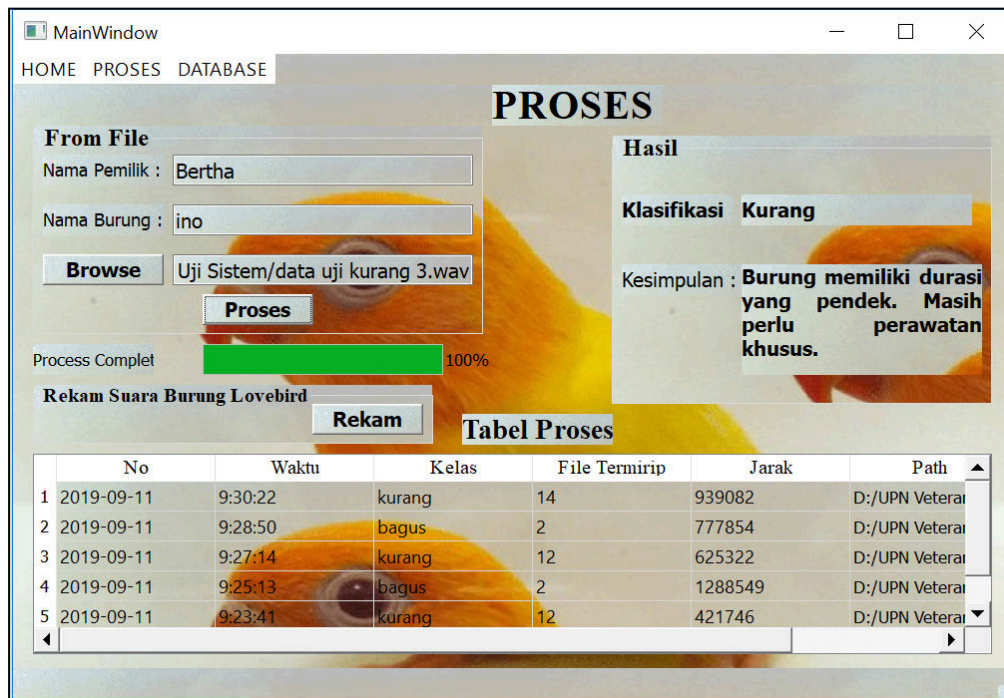


Figure 4. Page of lovebirds voice classification

In Figure 4, there is a process table that contains no, time, class, similar file, distance, and path. This table explains the results of bird sound files that have been processed, where each column has a different function. One of them is a class; the column explains the parameters of the lovebird sound class, which is a good, medium, and less class. In a similar column file, it explains the similarity between the audio data input and the existing training data. In the distance column, explain the distance of the MFCC coefficient between the audio data input and the training data that has previously been extracted using the MFCC function, and the final result of the outgoing distance is calculated using the DTW function.

3.2 Data Training

The employee database page is the interface used to display all training data that is registered in the database. Users can access the training database page by accessing training actions on the database menu. On this page, the menu bar contains a home, process, and database. The page title is at the top of the table. When the application displays the training database page, all registered training data is displayed in a table. The columns in the table consist of the data-id, no, name, class, and path. There are three buttons located next to the table. The play button functions to play training data sound files. Change button functions to

change files. The plus button functions to access the voice data added interface. The training database page interface can be seen in Figure 5.

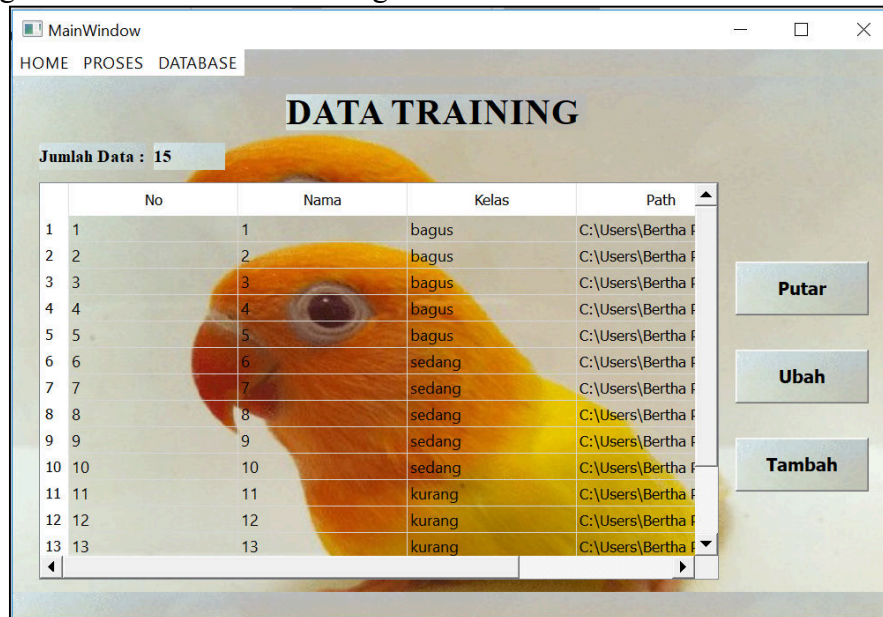


Figure 5. Data training database

3.3 Process Result

The results database page is an interface that is used to display all results data that are registered in a database that has previously been processed. Users can access the results database page by accessing the result's actions in the database menu. On this page, the menu bar contains a home, process, and database. The page title is at the top of the table. When the application displays the results database page, all listed result data is displayed in the results table. The columns in the table consist of the data-id, no, date, time, owner's name, bird's name, class, conclusion, and path. There is a button located below the table. The play button functions to play the result data sound file. The results database page interface can be seen in Figure 6.

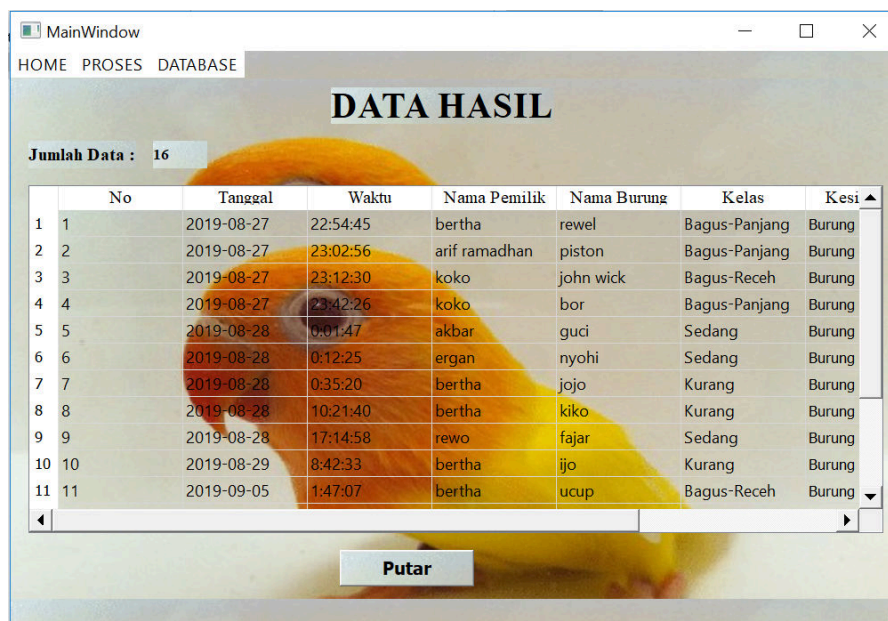


Figure 6. Process result

Based on the analysis, design, and research results, this paper produces an application that has a degree of accuracy in classifying the quality of bird sounds compared to previous studies [2] and [6].

Another difference is in terms of system performance in classifying lovebird quality. Research conducted by Hanesia [2] and Sejati [6] focuses on the number of breaks or the number of pauses that occur when lovebirds emit their chirping in a time of observation. The less the number of pauses, the better the sound quality of the lovebird, conversely the more pauses performed by the lovebird when singing, the sound quality will be worse because it will sound dotted [6]. The results of research by Sejati [6] are getting an accuracy rate of 92.16% with a computing time of 0.1886 seconds and a good MOS category while the results of research by Hanesia [2] obtained an accuracy value of 91.67% with a computing time of 190,229 seconds [2].

However, in this study, the level of system speed in classifying lovebird bird sounds has the disadvantage of relatively long computation time for 150 seconds recording requires 454 seconds of computation time but has been equipped with direct bird sound recording features.

4. Conclusion

Based on the results of the analysis, design, and discussion that have been done before, it can produce sound classification applications to determine the quality of lovebird birds with the method of MFCC and dynamic time warping. The conclusions that can be drawn from this study include:

1. The results of this study can assess the quality of lovebird birds based on their chirping sound classification.
2. The results of this study can reduce fraud cases in choosing quality lovebird birds
3. The Mel-Frequency Cepstral Coefficient and Dynamic Time Warping method can extract and classify lovebird sounds based on the sound quality with the highest accuracy level of 80% on the sound validity test conducted.

Reference

- [1] Ariawan, J., W, E. T. B., Alfahmi, N., Stmik, D., Sarana, B., Stmik, M., & Sarana, B. (2016). Sistem Pakar Menentukan Gen Anakan pada Lovebird, 6(2).
- [2] Hanesia, W. I. (2015). Klasifikasi Suara Lovebird Dengan Metode Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) Dan Fuzzy Logic Warble Of Lovebird Classification Using Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) and Fuzzy Logic, 2(2), 2968–2976.
- [3] Mfcc, M., & Dtw, D. (2011). Verifikasi Biometrika Suara Menggunakan, 2(1), 8–21.
- [4] Permana, I. S., & Nurhasanah, Y. I. (2018). Dan Wanita, 3(1), 49–63.
- [5] Rasyid, M. F. (2018). Aplikasi Pengenalan Penutur Pada Identifikasi Suara Penelepon Menggunakan Mel-Frequency Cepstral Coefficient Dan Vector Quantization (Studi Kasus : Layanan Hotline Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta).
- [6] Sejati, T. G., Rizal, A., Gozali, A. A., Prodi, S., Telekomunikasi, T., Elektro, F. T., & Telkom, U. (2015). Klasifikasi Suara Burung Lovebird Dengan Algoritma Fuzzy Logic Classification Of Lovebird Sound ' S With Fuzzy Logic Algorithm, 2(2), 3171–3178.
- [7] Studi, P., Informatika, T., & Inggris, B. (2012). Speaker Recognition Menggunakan MFCC dan Algoritma DTW, (x), 1–11.
- [8] Distance, E., & Citra, P. (n.d.). Pengenalan jenis burung lovebird dengan menggunakan content based image retrival berbasis color histogram, 1–11.
- [9] Effendi, Z., Erlina, T., & Aisuwarya, R. (2015). Pengenalan Suara Menggunakan Metode MFCC (Mel Frequency Cepstrum Coefficients) dan DTW (Dynamic Time

- Warping) untuk Sistem Penguncian Pintu ISBN : 979-26-0280-1 ISBN : 979-26-0280-1, 239–243.
- [10] Elektro, J. T., Brawijaya, U., & Mustofa, A. (2007). Sistem Pengenalan Penutur dengan Metode Mel-frequency Wrapping, 7(2), 88–96.
 - [11] Prabandaru, B. (2016a). Ekstraksi Ciri Suara Burung Berdasarkan Domain Waktu dan Frekuensi.
 - [12] Rasyid, M. F. (2018). Aplikasi Pengenalan Penutur Pada Identifikasi Suara Penelepon Menggunakan Mel-Frequency Cepstral Coefficient Dan Vector Quantization (Studi Kasus : Layanan Hotline Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”
 - [13] Permana, I. S., & Nurhasanah, Y. I. (2018). Dan Wanita, 3(1), 49–63.
 - [14] Studi, P., Informatika, T., & Inggris, B. (2012). Speaker Recognition Menggunakan MFCC dan Algoritma DTW, (x), 1–11.

REGION OF INTEREST (ROI) DETERMINATION SYSTEM ON SO-40F PIAS CARD'S TYPE FOR MEASUREMENT OF SUNSHINE DURATION (CASE STUDY: ST. BARONGAN)

Asih Pujiastuti

Departemen Informatika

Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta

Jl. Janti, Blok-R, Lanud Adisucipto Yogyakarta

Email: asih_puji@yahoo.co.id

Abstract

The burn marks on the Pias Card are located on a scale of 6 -18 data is the sunshine duration. Determination of Region of Interest (RoI) is done with the aim of reducing noise in the Pias Card image segmentation process. solar irradiation system developed to determine areas that are considered important according to scale using the Cropping method. The system testing was carried out using 107 data of Pias Cards. Type Pias Card is SO-40F. Cropping principle is still manual, namely by setting the height of the image (Height), the left border (Left), and the right border (Right) in pixels. Based on testing, the best value settings are Height (H) = 5, Left (L) = 125, and Right (R) = 250 with a percentage of cropping success is 91.67%.

Keywords: Pias Card, Burn Marks, Cropping, RoI

1. Pendahuluan

Pengukuran lama penyinaran matahari di Stasiun Klimatologi Barongan dilakukan dengan menggunakan pasangan alat Campbell Stokes dan Kartu Pias[1]. Campbell stokes adalah bola kaca yang berfungsi memusatkan sinar matahari pada Kartu Pias, sehingga jejak penyinaran matahari terekam pada kartu pias tersebut. Bekas bakar yang terekam pada Kartu Pias memanjang sesuai dengan lintasan peredaran matahari. Pada Kartu Pias terdapat skala jam yang dimulai dari jam 6-18, skala tersebut memudahkan perhitungan jejak lama penyinaran matahari yang terekam. Area skala pada Kartu Pias dibagi ke dalam 12 bagian dengan tujuan mempermudah penghitungan setiap jamnya. Perhitungan lama penyinaran matahari dilakukan oleh operator stasiun cuaca Barongan secara manual. Perhitungan dilakukan dengan membandingkan panjang bekas bakar penyinaran matahari dengan panjang perbagian pada skala.

Perhitungan manual operator stasiun cuaca memerlukan ketelitian dan kecermatan, ketepatan perhitungan tergantung pada persepsi hasil dari perbandingan Panjang yang dilakukan. Sebagai alat bantu perhitungan dibuatlah suatu sistem untuk perhitungan lama penyinaran matahari berbasis komputer. Sistem yang dibuat bertujuan untuk mempermudah perhitungan lama matahari atau dapat digunakan sebagai alat koreksi perhitungan manual yang dilakukan operator. Sistem penghitung lama matahari dibangun dengan metode segmentasi[2][3][4]. Kartu Pias dipindai menggunakan *scanner* dan citra kartu pias yang dihasilkan dari pemindaian digunakan sebagai input sistem.

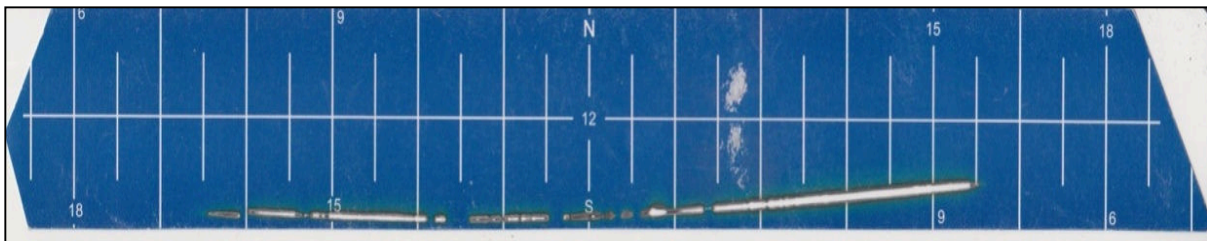
Metode segmentasi pada sistem dilakukan untuk mendapatkan area bekas bakar kartu pias, sedang noise removing adalah metode untuk menghilangkan noise yang terjadi akibat proses segmentasi ataupun noise pada kartu pias yang disebabkan oleh hujan atau panas. Adapun perancangan yang sudah dilakukan masih terdapat kelemahan, diantaranya adalah sistem belum dapat menghilangkan *noise* secara keseluruhan pada Kartu Pias yang

mempengaruhi proses segmentasi[3][4]. Pengurangan noise dapat dilakukan dengan memfokuskan daerah yang dianggap penting *Region of Interest* (RoI) [5][6]. RoI pada kartu pias adalah area pada kartu yang dimulai dari skala jam 6 sampai dengan skala 18. Area diluar skala menjadi area yang tidak penting dan dihilangkan, dengan cara mengambil (*Cropping*) area RoI. Penelitian ini mengusulkan perancangan sistem penentuan RoI pada Kartu Pias. Kartu Pias yang diteliti adalah Kartu Pias tipe SO-40F. Penelitian ini dilakukan sebagai bagian pengembangan sistem penghitung lama penyinaran matahari[2][3][4].

Terdapat beberapa penelitian terkait yang sudah dilakukan, persamaan dalam penelitian ini adalah proses pemindaian citra Kartu Pias sama-sama menggunakan *scanner*. Proses akuisisi citra dilakukan manipulasi dengan memberikan *background* warna merah atau hijau [7][8]. Tujuan manipulasi warna *background* kedua penelitian adalah mempermudah segmentasi untuk mendapatkan objek penyinaran matahari yang terekam pada kartu pias. Terdapat juga penelitian tanpa melakukan manipulasi warna *background* pada saat akuisisi citra kartu pias, hanya saja metode binerisasi yang digunakan berbeda [2][3][9]. Tujuan dari penelitian berbeda-beda, terdapat penelitian citra Kartu Pias dengan *output* yang berupa histogram kemudian dibandingkan dengan sinyal hasil pengukuran periodisitas langsung [7][8]. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang sudah dilakukan adalah penelitian ini dilakukan untuk menentukan area yang menjadi fokus perhitungan lama penyinaran matahari yaitu skala 06.00-18.00 pada Kartu Pias dengan *Cropping*.

2. Metode Penelitian

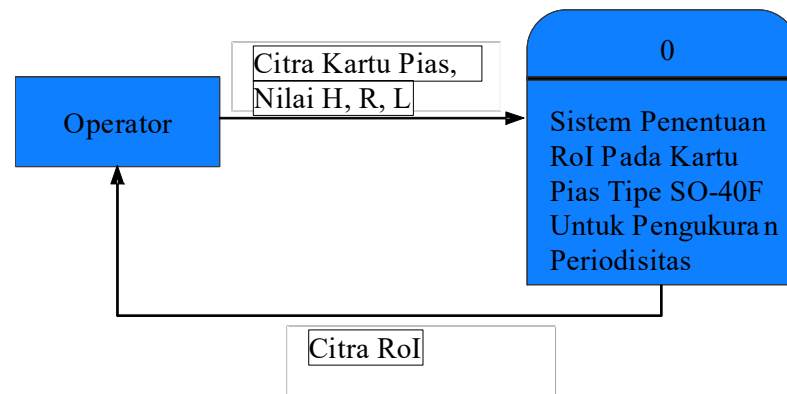
Data pada penelitian ini diambil dari Stasiun Klimatologi Barongan yang terletak di Jetis Kabupatarn Bantul. Tipe Kartu Pias yang digunakan adalah SO-40F yaitu kartu pias lurus dan dapat dilihat pada gambar 1. Prinsip kerja dari penelitian ini adalah memfokuskan objek penelitian pada kartu pias hanya pada skala 06.00-18.00 dengan tujuan memaksimalkan hasil segmentasi. Adapun penjelasan metode *Cropping* dan langkah kerja sistem dijelaskan sebagai berikut;



Gambar 1. Citra Kartu Pias Tipe SO-40F dengan Bekas Bakar

2.1. Data Flow Diagram (DFD)

Perancangan alir data digambarkan dengan diagram konteks dan diagram level 0. Sebagai entitas luar dari system adalah operator. Diagram konteks menjelaskan bahwa ada alir data secara umum, yaitu menggambarkan aliran data input dari user dan aliran data sebagai output sistem. Diagram konteks dapat dilihat pada gambar, aliran data dari operator ke system adalah menginputkan citra Kartu pias dan pengaturan nilai Height(H), Right(R), dan Left(L). Sedangkan aliran informasi yang dihasilkan dari system sebagai output adalah citra RoI yaitu citra kartu pias dengan skala jam 06.00-18.00. Diagram konteks dapat dilihat pada gambar 2 dan diagram level 0 dapat dilihat pada gambar 3. Pada diagram level 0 proses utama system sudah terpisah menjadi 5 proses yang merupakan langkah penting. Pada level 0 ini perancangan dilengkapi dengan data storage sebagai tempat penyimpanan data citra kartu pias yang akan diolah dan informasi citra RoI yang merupakan hasil pengolahan dari system.



Gambar 2. Diagram Konteks

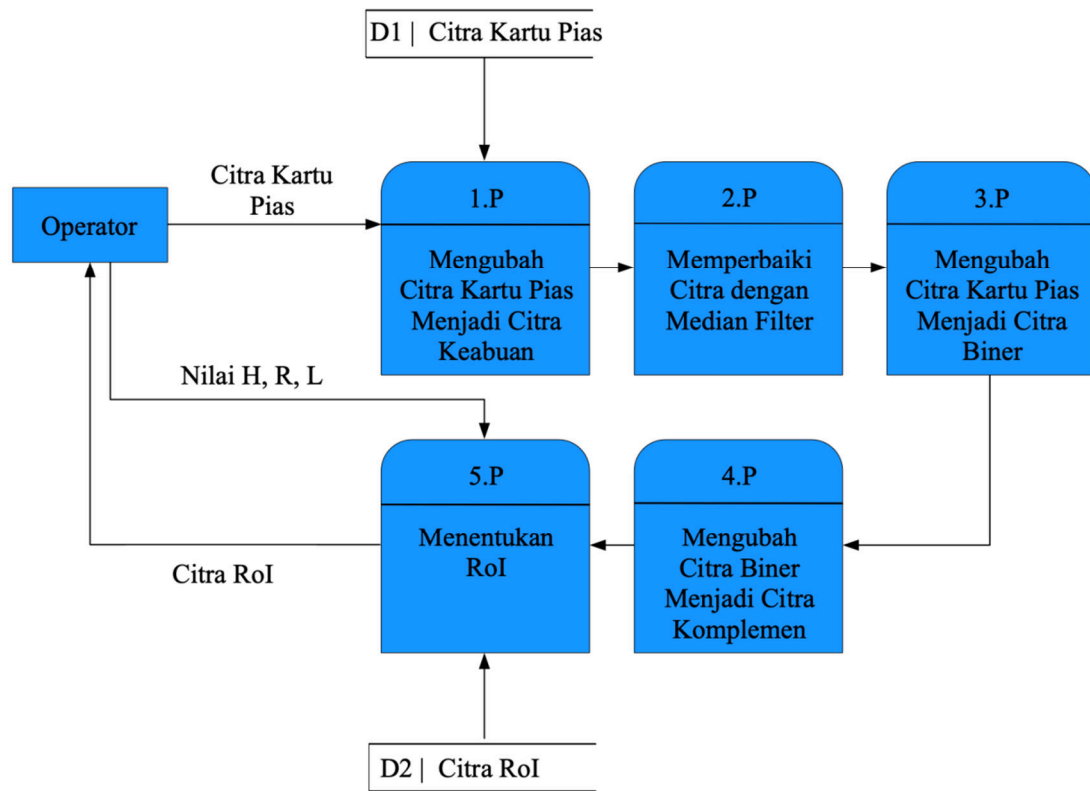
Aktifitas dari operator sebagai eksternal entity pada diagram level 0 masih sama seperti pada diagram konteks, perbedaannya adalah input data dari operator terpecah sesuai dengan proses system yang dilakukan. Secara lengkap diagram level 0 dapat dijelaskan sebagai berikut;

1. Operator memulai penggunaan system dengan menginputkan citra Kartu Pias dari data storage Kartu pias (D1) untuk diubah menjadi citra keabuan dengan metode *Grayscale* pada proses 1.P. Citra keabuan kemudian diperbaiki atau dihaluskan dengan metode Median Filter pada proses 2.P, untuk selanjutnya citra hasil dari 2.P diubah menjadi citra biner di 3.P dengan metode binerisasi (*Thresholding*). Setelah citra menjadi citra biner selajutnya akan dikomplemenkan pada 4.P dengan tujuan objek luka bakar menjadi hitam dan lebih jelas.
2. Pada proses 5.P, operator menginputkan nilai Height (H), Right(R), dan Left(L) untuk menentukan RoI dengan metode cropping. Sebagai output operator mendapatkan citra RoI

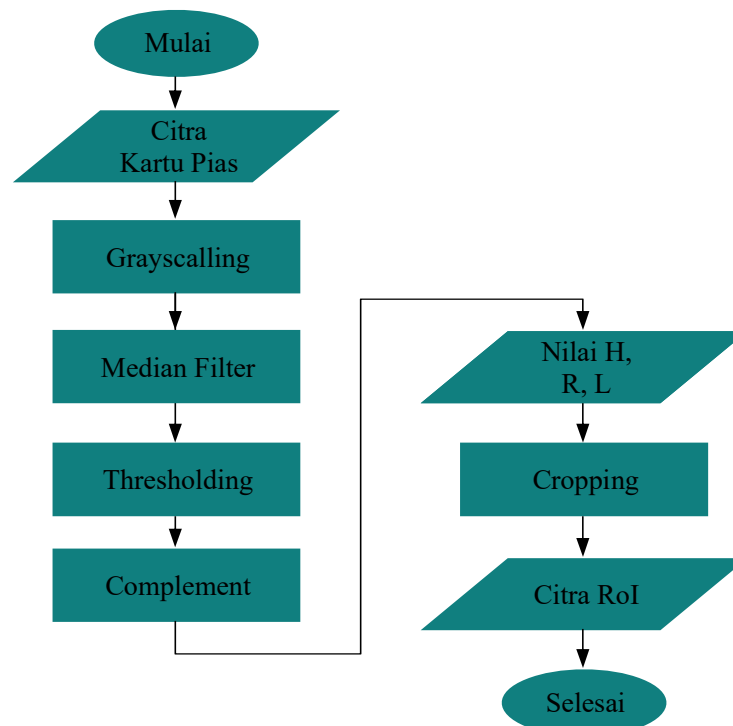
2.2. Flowchart

Flowchart sistem merupakan gambaran prosedur yang menjadi acuan dalam berjalannya sebuah sistem. Prosedur berjalannya system dapat dijelaskan dengan tahapan berikut:

1. Sistem dimulai dengan input citra kartu,
2. Sistem melakukan proses greyscale, untuk mendapatkan citra keabuan,
3. Output dari grayscale kemudian dilakukan proses threshold untuk mendapatkan citra biner,
4. Median filter dilakukan dengan tujuan memperbaiki citra kartu pias,
5. Proses complement dilakukan untuk membalik citra biner dengan tujuan objek yg diteliti menjadi lebih jelas,
6. Setelah proses complement dilakukan, proses selanjutnya adalah mengatur nilai Height (H) yaitu tinggi citra, Left (L) yaitu batas kiri, dan Right (R) yaitu batas kanan citra.
7. Sistem menghasilkan citra kartu pias yang sesuai dengan pengaturan H, L, dan R, selesai. Flowchart dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 3. Level 0



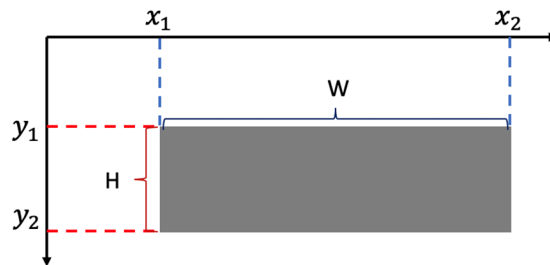
Gambar 4. Flowchart

2.3. Cropping

Penentuan RoI adalah proses untuk mengambil wilayah kartu pias yang merupakan area perekam penyinaran matahari. RoI yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah wilayah kartu pias dari pukul 06.00-18.00. *Cropping* (proses pemotongan citra) adalah proses

pengolahan citra dengan memotong bagian dari citra[10]. *Cropping* dilakukan dengan tujuan untuk memperjelas area observasi pada citra. Sebuah citra di-*cropping* sebesar $W \times H$. Titik awal (x_1, y_1) dan akhir (x_2, y_2) merupakan titik pojok kiri atas dan pojok kanan bawah citra yang akan di-*cropping* dengan persamaan (1) dan dapat dilihat pada Gambar 5.

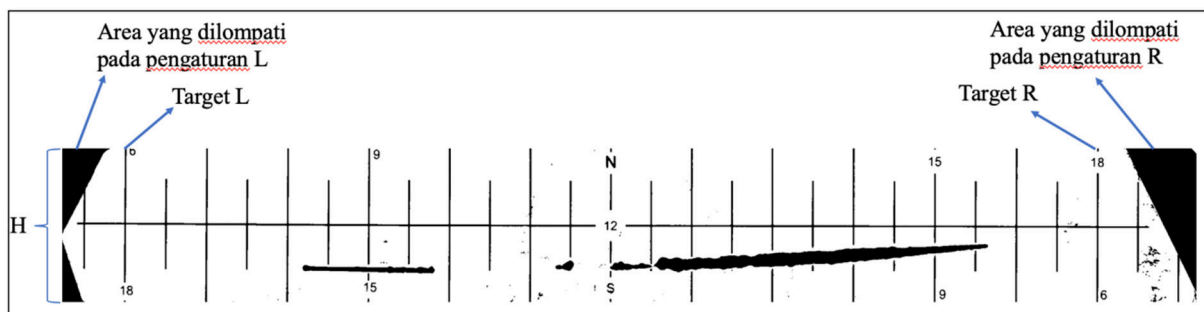
$$W = (x_2 - x_1) \text{ dan } (y_2 - y_1) \dots\dots\dots (1)$$



Gambar 5. Citra Di-*cropping* Sebesar $W \times H$

Pada penelitian ini proses yang dipentingkan adalah cropping. Preprocessing sistem yang dikembangkan merujuk pada penelitian yang pernah dilakukan[2][3][4]. Pengaturan nilai H, L, dan R dilakukan berdasarkan citra hasil preprocessing yang dapat dilihat pada gambar 6, maka prinsip cropping disusun sebagai berikut;

1. Atur nilai L agar dapat melewati area hitam (kiri atas), kemudian scan pixel ke kanan. Jika pixel ditemukan hitam maka pixel tersebut adalah x_{1baru} .
2. Atur nilai R agar dapat melewati area hitam (kanan atas), kemudian scan pixel ke kiri. Jika pixel ditemukan hitam maka pixel tersebut adalah x_{2baru} .
3. Atur nilai H jika diperlukan untuk menghindari noise yang berupa garis hitam di awal baris pixel pada citra.



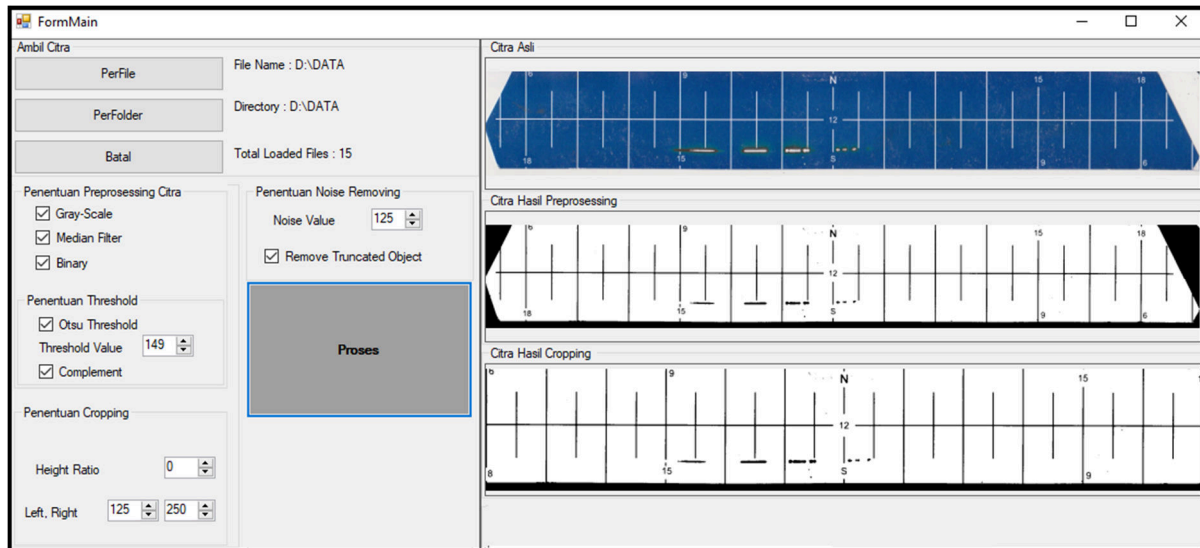
Gambar 6. Citra Hasil *Preprocessing*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Implementasi Sistem

Setelah sistem berhasil dikembangkan, maka untuk selanjutnya sistem siap untuk diimplementasikan sesuai dengan fungsi sistem pada saat perancangan. Implementasi sistem pada gambar 7 yang merupakan tampilan FormMain dapat terlihat citra asli, citra hasil preprocessing, dan citra hasil cropping. Berdasarkan implementasi yang dilakukan, maka dapat dikatakan sistem berjalan sesuai dengan fungsinya. Kemudian sistem di uji dengan citra Kartu Pias tipe SO-40F sejumlah 107 kartu. Sebelum pengujian utama dilakukan, terlebih dahulu akan dilakukan penentuan nilai H, L, dan R yang tepat mengingat bahwa sistem yang

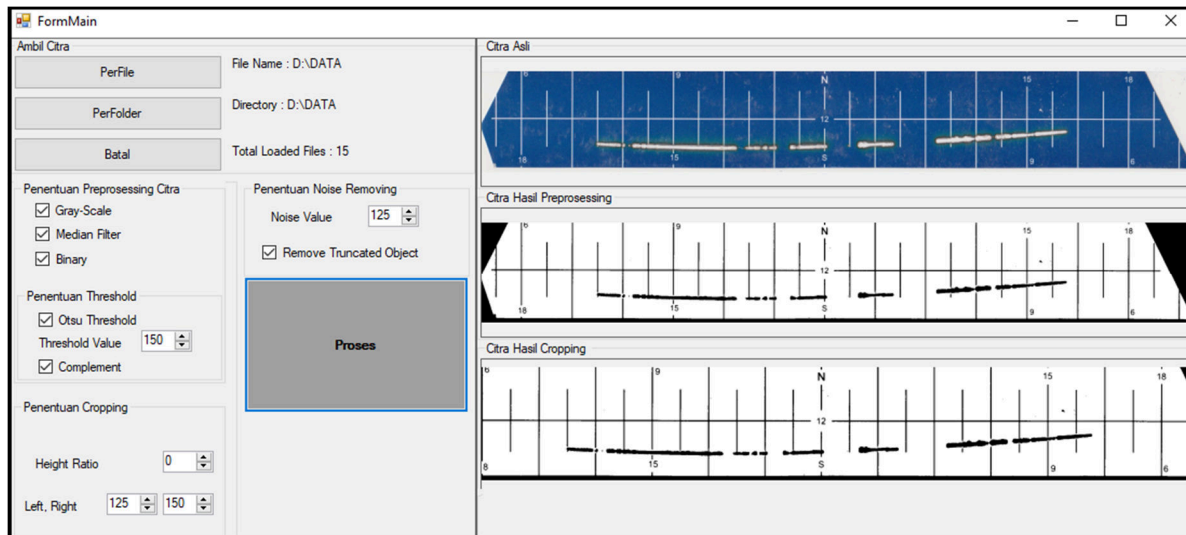
dikembangkan masih menggunakan pengaturan yang manual. Pengaturan nilai hanya menggunakan 31 data kartu untuk menghasilkan pengaturan yang terbaik.



Gambar 7. Implementasi Pengujian Sistem

3.2 Pembahasan

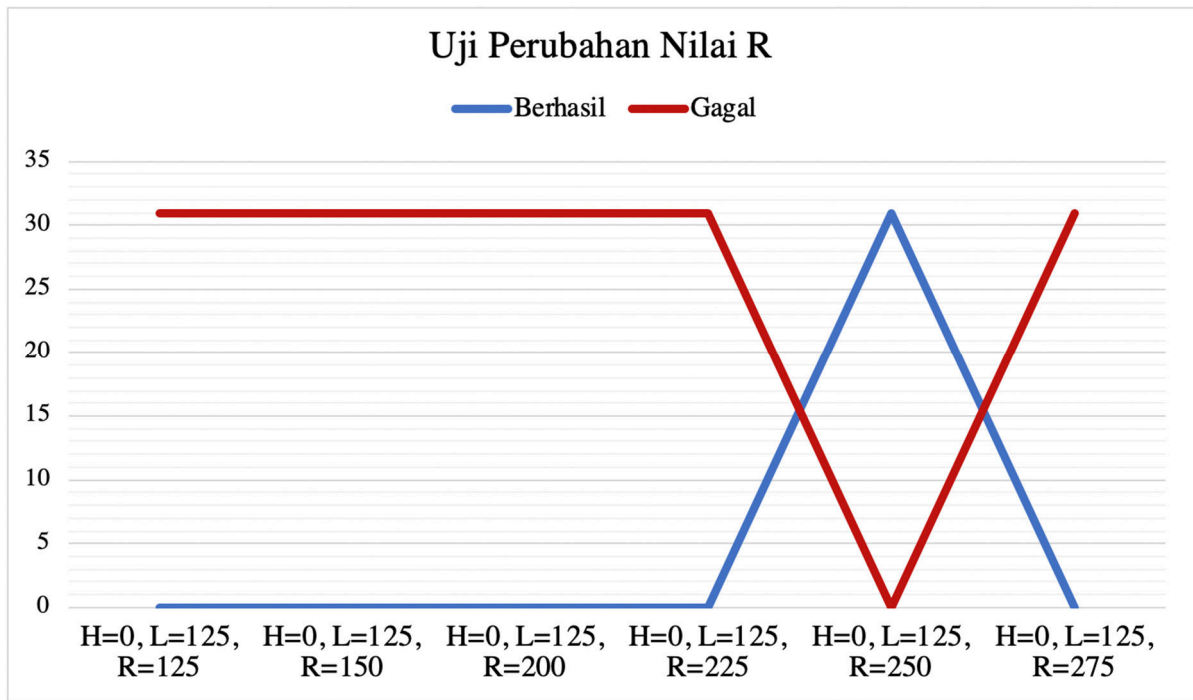
Pengaturan nilai Height (H), Left (L), dan Right(R) masih dilakukan secara manual dengan melakukan percobaan terhadap data citra Kartu pias periode Maret 2018 sebanyak 31 kartu. Nilai H, L, dan R dalam satuan pixel. Kegagalan pengaturan nilai H, L, R terjadi jika hasil cropping yang dilakukan tidak sesuai skala 06.00-18.00 pada kartu. Pengaturan dimulai dengan pemberian nilai H=0, L=50, dan R=50, semua 31 citra Kartu Pias yang diujicobakan masih gagal. Komponen pertama yang diperbaiki adalah nilai dari L dengan meningkatkan nilai L=125, maka batas kiri dari citra Kartu Pias tepat berada di skala 06.00, dan dapat dilihat pada gambar 8.



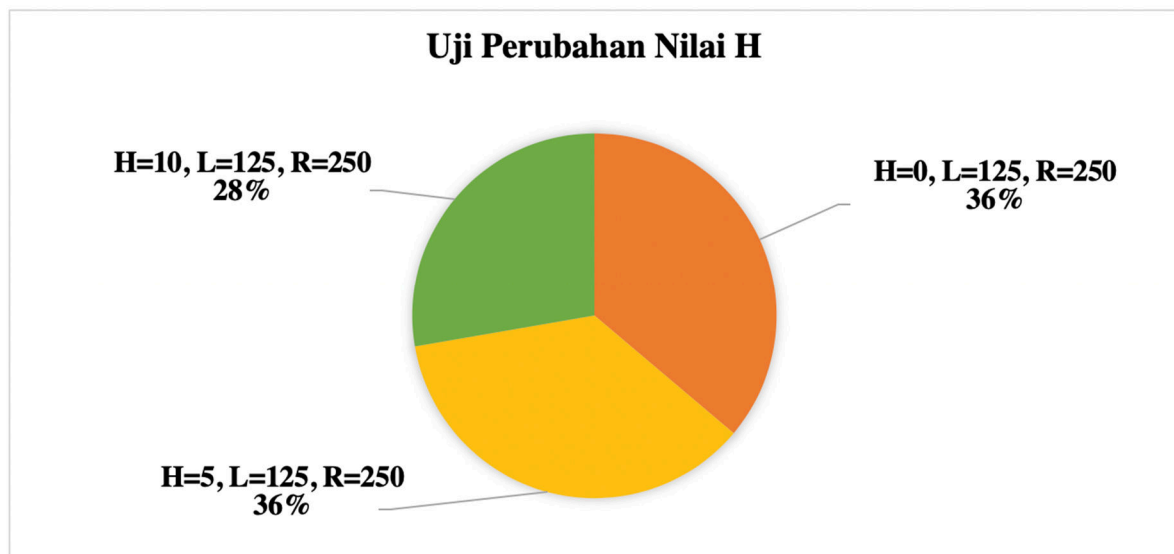
Gambar 8. Pengaturan L=125

Pengaturan nilai R juga dilakukan dengan mekanisme yang sama, yaitu dengan meningkatkan nilai R tersebut. Nilai pengaturan R dimulai dari 125, 150, 200, 225, 250, 275. Data uji yang digunakan adalah data kartu pias yang sama pada pengaturan nilai L. Berdasarkan pengaturan nilai R yang dilakukan, maka didapatkan bahwa nilai R=250 adalah

penentuan yang paling tepat karena dari 31 data uji memperoleh 1 kegagalan data uji. Keberhasilan pengaturan nilai R selengkapnya dapat dilihat pada gambar 9. Dari pengaturan L dan R, maka ditetapkan bahwa nilai $L=125$ dan nilai $R=250$. Selanjutnya dilakukan pengaturan nilai H untuk meningkatkan keberhasilan proses cropping, pengaturan nilai H yang dilakukan dimulai dari 0, 5, dan 10. Hasil pengaturan nilai H dapat dilihat pada gambar 10 yang menunjukkan bahwa nilai $H=0$ dan $H=5$ memiliki prosentase keberhasilan dari total keberhasilan yang sama yaitu sebesar 36%, sedangkan nilai $H=10$ hanya 28%. Dengan demikian ditetapkan nilai H untuk pengujian selanjutnya adalah $H=0$ dan $H=5$.



Gambar 9. Uji Perubahan Nilai R



Gambar 10. Hasil Keberhasilan Uji Pengaturan H

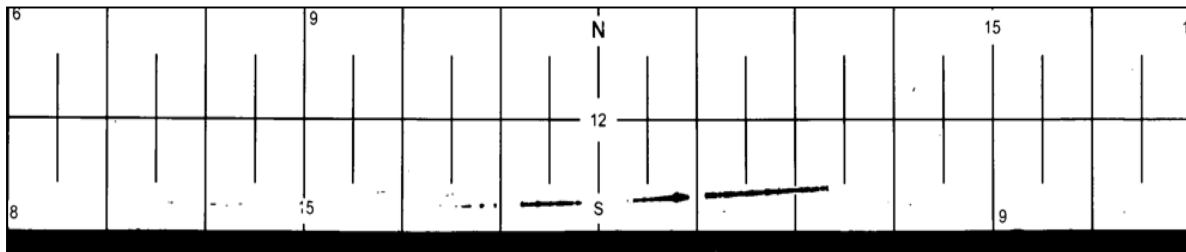
Dari hasil pengaturan yang sudah dilakukan, maka ditetapkan pengujian sistem yang

dilakukan dengan 107 data citra Kartu Pias dengan menggunakan pengaturan pertama dengan $H=0$, $L=125$, $R=250$ dan pengaturan kedua $H=5$, $L=125$, $R=250$. Berdasarkan dari pengujian yang dilakukan dapat dikatakan bahwa pengaturan kedua dengan $H=5$, $L=125$, $R=250$ lebih tepat dengan keberhasilan 91,67%. Selengkapnya hasil pengujian dapat dilihat pada table 3.

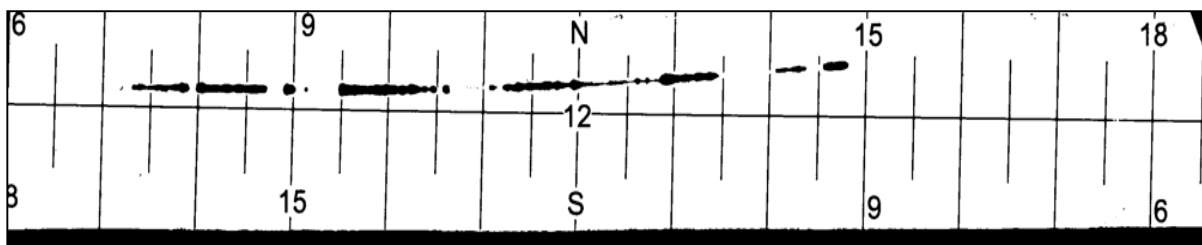
Tabel 3. Uji Kartu Pias Dengan Pengaturan Terpilih

No	Kartu Pias		H=0, L =125, R = 250		H=5, L =125, R = 250	
	Periode	Jumlah	Berhasil	Gagal	Berhasil	Gagal
1	Maret 2015	31	10	21	30	1
2	Maret 2018	31	30	1	30	1
3	Maret 2019	31	28	3	28	3
4	April 2019	15	11	4	11	4
Total		108	79	29	99	9
% Keberhasilan			73,15	26,85	91,67	8,33

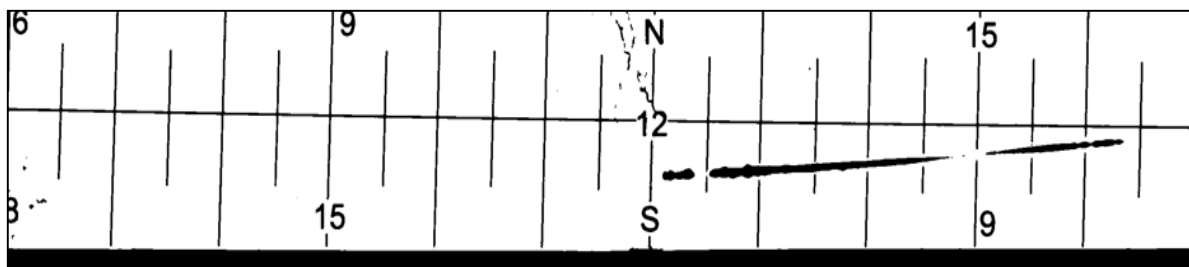
Gambar 11 adalah salah satu output citra RoI yang berhasil, sedangkan gambar 12, 13, dan 14 adalah output yang termasuk gagal.



Gambar 11. Output Citra RoI Berhasil



Gambar 12. Output Citra RoI Gagal



Gambar 13. Output Citra RoI Gagal

Gambar 12 termasuk output yang gagal, disebabkan oleh batas kanan bukan skala 18.00. Sedangkan gambar 13 termasuk gagal, disebabkan oleh batas kanan terletak pada skala 17.00. Kegagalan *cropping* disebabkan diantaranya adalah penentuan nilai L atau nilai R yang kurang tepat, sehingga scan pixel tidak dapat berjalan dengan baik. Penentuan nilai H juga berpengaruh, jika terdapat baris pixel hitam diawal citra yang mengganggu aktivitas

scan pixel sehingga prinsip kerja untuk mendapatkan pixel berwarna hitam tidak sesuai dengan target.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada latar belakang permasalahan, tujuan penelitian dan hasil pengujian, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaturan nilai Height(H), Left(L), dan Right(R) dapat mempengaruhi output *cropping* area RoI.
2. *Cropping* dengan pengaturan nilai Height(H)=5, Left(L)=125, dan Right(R)=250 merupakan pengaturan terbaik dengan prosentase keberhasilan 91,67% dari 107 data citra kartu tipe SO40F yang diujicobakan.
3. Kegagalan penentuan area RoI disebabkan oleh kondisi citra kartu pias yang barisan pertama merupakan *pixel* hitam sehingga prinsip kerja scan *pixel* hitam batas skala tidak dikenali oleh sistem.

Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta atas pendanaan pada penelitian ini, yang disalurkan melalui program hibah Penelitian Dosen Pemula Internal Tahun Anggaran 2019 No. 001/K.2.1/P3M/V/2019. Besar harapan peneliti bahwa dengan adanya penelitian lanjutan, maka rancang bangun aplikasi terus berkembang dan dapat meningkatkan kualitas *outputnya*. Sehingga dapat dimanfaatkan secara nyata untuk membantu pekerjaan operator stasiun klimatologi dan informasi yang dihasilkan teruji valid. Peneliti menyadari bahwa penelitian yang dilakukan ini masih jauh dari sempurna. Untuk perbaikan ke depan maka peneliti menerima saran maupun kritik yang bersifat membangun.

Daftar Pustaka

- [1] Hamdi, S. (2014). Mengenal Lama Penyinaran Matahari Sebagai Salah Satu Parameter Klimatologi. *Berita Dirgantara*, 15(1).
- [2] Pujiastuti, A., & Harjoko, A. (2016). Sistem Perhitungan Lama Penyinaran Matahari dengan Metode Otsu Threshold (Studi Kasus: St. Klimatologi Barongan). *Compiler*, 5(2).
- [3] Pujiastuti, A. (2017). Segmentasi Citra Kartu Pias Tipe SO-40U (1400-40S) pada Perhitungan Lama Penyinaran Matahari. *Angkasa*, 9(2), 9-22.
- [4] Pujiastuti, A. (2019). The Analysis Of Comparison Results Using Erosion And Opening On The Pias Card Segmentation Process (Case Study: ST. Barongan). *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 11(1), 43-53.
- [5] Gonzalez, R. C., & Wintz, P. (1977). Digital image processing(Book). Reading, Mass., Addison-Wesley Publishing Co., Inc.(*Applied Mathematics and Computation*, (13), 451).
- [6] Putra, D. (2010). *Pengolahan citra digital*. Penerbit Andi.
- [7] Horseman, A., Richardson, T., Boardman, T., Tych, W., Timmis, R., & Mackenzie, R. (2013). Calibrated digital images of Campbell–Stokes recorder card archives for direct solar irradiance studies. *Atmospheric Measurement Techniques*, 6(5), 1371-1379.
- [8] Sánchez-Romero, A., González, J. A., Calbó, J., & Sánchez-Lorenzo, A. (2015). Using digital image processing to characterize the Campbell–Stokes sunshine recorder and to derive high-temporal resolution direct solar irradiance. *Atmospheric Measurement Techniques*, 8(1), 183-194.
- [9] Fan, Q., & Zhang, Y. (2013, October). A scorch extraction method for the Campbell-Stokes sunshine recorder based on multivariable thresholding. In *2013 IEEE*

- International Conference on Imaging Systems and Techniques (IST)* (pp. 410-414).
IEEE.
- [10] Sutoyo, T. D., Mulyanto, E., & Suhartono, V. (2009). *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi.

APPLICATION OF CASE BASED REASONING FOR STUDENT RECOMMENDATIONS DROP OUT (CASE STUDY: ADISUTJIPTO COLLEGE OF TECHNOLOGY)

Harliyus Agustian

Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto
Jl. Janti, Blok-R, Lanud Adisucipto Yogyakarta
Email : harliyus@stta.ac.id

Abstract

The data of non-active students is an obstacle in a university because it is counted as a student body, thus affecting the lecturer ratio. For that reason, in order to improve the lecturer ratio, a way is needed in addition to adding lecturers, but also by evaluating the data of students who are not active and active to be filtered back by looking at academic data that is known so that students can continue their studies or should be advised to resign or also drop out . To solve these problems a system model is needed that can recommend students as drop out students and can also provide other recommendations that can be used as evaluations. Case-based reasoning method is used to see new data matching with old data, where active student data to be evaluated will be matched with student data that has been dropped out or received a warning letter, so that it will be used as a new solution. Case-based reasoning methods can help in recommending students to drop out or get a warning letter.

Keywords: Case based reasoning, Drop out, Similarity

1. Pendahuluan

Rasio dosen merupakan perbandingan antara jumlah mahasiswa dengan jumlah dosen, dimana data mahasiswa yang digunakan adalah data *student body* mahasiswa, dimana *student body* dihitung dari jumlah mahasiswa yang memiliki status Cuti, Aktif (ada aktifitas perkuliahan) dan *Non Aktif* (tidak memiliki aktifitas perkuliahan). Data mahasiswa yang *Non Aktif* menjadi kendala di suatu Perguruan Tinggi karena terhitung sebagai *student body*, sehingga mempengaruhi rasio dosen. Untuk itu dalam memperbaiki rasio dosen diperlukan suatu cara selain menambahkan dosen, tapi juga dengan mengevaluasi data mahasiswa yang non aktif dan aktif untuk difilter kembali dengan melihat data akademis yang dimiliki sehingga diketahui mahasiswa yang dapat meneruskan perkuliahan atau sebaiknya di sarankan mengundurkan diri atau juga *drop out*. Pengurangan mahasiswa dengan melakukan *drop out* dapat membantu dalam meringankan dalam mencapai rasio dosen dan juga membantu program studi untuk fokus pada mahasiswa yang aktif secara perkuliahan.

Dalam menangani mahasiswa yang Non Aktif di Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto (STTA), mahasiswa yang jarang aktif atau jumlah semester yang melebihi batas maksimum akan dievaluasi dengan mengeluarkan surat *drop out*. Mahasiswa yang di *drop out* sebelumnya dilakukan evaluasi mulai dari mendapatkan surat peringatan sebelumnya sampai diputuskan untuk *drop out*. Data mahasiswa yang sangat banyak ditambah dengan jarangnyanya dilakukan evaluasi setiap semester, membuat evaluasi data mahasiswa *student body* sering terlewatkan. Sehingga diperlukan suatu model yang dapat menganalisa dan mempermudah dalam mendeteksi mahasiswa yang dapat direkomendasikan untuk mendapatkan surat peringatan ataupun di *drop out*. Untuk menyelesaikan permasalahan

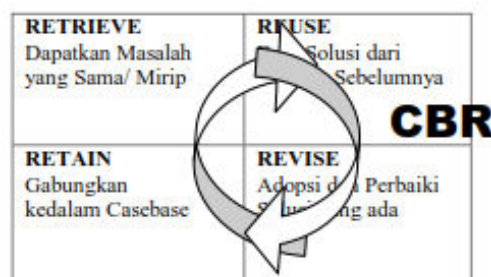
tersebut diperlukan suatu model sistem yang dapat merekomendasikan mahasiswa sebagai mahasiswa *drop out* dan juga dapat memberikan rekomendasi lain berupa surat peringatan yang digunakan sebagai evaluasi akademis mahasiswa.

Case Base Reasoning (CBR) yang merupakan suatu metodologi untuk penyelesaian masalah dengan memanfaatkan pengalaman sebelumnya [1]. Dengan CBR seseorang yang melakukan penalaran dapat menyelesaikan masalah baru dengan memperhatikan kesamaan dengan satu atau beberapa penyelesaian dari permasalahan sebelumnya. CBR dapat memiliki makna yang berbeda tergantung tujuan dari penalaran : penyesuaian dan penggabungan solusi sebelumnya untuk menyelesaikan sebuah masalah baru [2]. CBR pada dasarnya terdiri pada tahap pengambilan di mana kasus-kasus yang paling mirip dengan yang diberikan diambil, dan tahap adaptasi yang menggabungkan kasus-kasus yang sudah ada untuk membangun solusi[3]. *Case based reasoning* memanfaatkan pengetahuan yang secara spesifik berdasarkan pengalaman sebelumnya, situasi permasalahan konkrit[4]. Langkah –langkah dalam penyusunan penyelesaian dengan menggunakan metode *case based reasoning* dieksekusi dengan kepercayaan bahwa permasalahan yang sama akan memiliki penyelesaian yang sama [5]. Ketika masalah baru muncul, proses penalaran pertama menggunakan fungsi kesamaan untuk mengambil kasus-kasus yang cocok dengan masalah saat ini dan kemudian mengadaptasi kasus-kasus yang diambil dengan situasi-situasi masalah saat ini untuk mendapatkan solusi yang mungkin[6][7]. Untuk merekomendasikan mahasiswa *drop out* yaitu dengan menggunakan pendekatan metode *Case Based Reasoning*, metode ini digunakan untuk melihat pencocokan data baru dengan data yang lama, dimana data mahasiswa aktif yang akan dievaluasi akan dicocokkan dengan data mahasiswa yang sudah pernah di *drop out* atau mendapatkan surat peringatan, sehingga akan dijadikan solusi baru.

2. Metodologi Penelitian

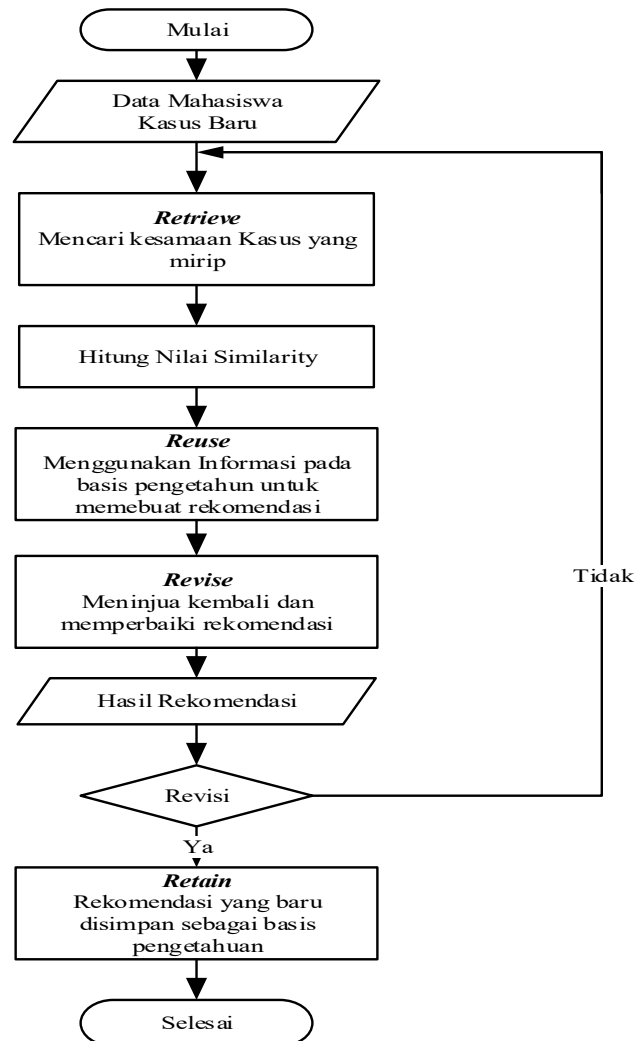
Case-based Reasoning (CBR) berupaya mencari solusi untuk masalah dengan memanfaatkan pengalaman. Sebuah kasus pada dasarnya terdiri dari deskripsi masalah tertentu dan solusi korespondensi. CBR merupakan model penalaran untuk menyelesaikan masalah dengan menggunakan konsep analogi [5]. Untuk mendapatkan kasus yang mirip diperlukan suatu metode dalam mencari kesamaan kasus yaitu dengan menggunakan metode *similarity*. Dari sudut pandang CBR, permintaan berfungsi sebagai spesifikasi masalah, deskripsi item kasus, dan teknik pengambilan berdasarkan similarity memilih item yang paling cocok[8]. Metode *similarity* yang digunakan adalah *cosine similarity*. Metode *cosine* memiliki nilai kemiripan yang tinggi dibandingkan KNN, *Jaccard Similarity* dan *K-Nearest Neighbor* [9].

Tahapan dalam menyelesaikan permasalahan berdasarkan penalaran berbasis kasus dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema proses CBR
(sumber : Aamodt dan Plaza 1994)

Berdasarkan skema penalaran pada gambar 1 diterjemahkan dalam alur pelacakan untuk mencari kemiripan kasus baru dengan kasus sebelumnya yang ada dalam basis pengetahuan untuk mendapatkan rekomendasi mahasiswa yang mendapatkan *drop out*, dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Alur penalaran berbasis kasus untuk rekomendasi *drop out* mahasiswa

Berdasarkan skema CBR pada Gambar 1, tahapan dalam membuat rekomendasi mahasiswa *drop out* adalah sebagai berikut:

1. Sistem akan melakukan proses *retrieve*, dimana sistem akan mengidentifikasi masalah untuk mencari kecocokan untuk setiap atribut yang dimiliki oleh kasus baru dalam hal ini adalah data mahasiswa yaitu Indeks Prestasi Kumulatif (IPK), Satuan Kredit Semester Kumulatif (SKSK), jumlah semester yang di tempuh dan jumlah masa studi yang Non Aktif (NA) kemudian sistem akan menyeleksi masalah yang ditemukan yang memiliki kecocokan yang serupa dengan kasus yang sebelumnya.
2. Sistem akan melakukan proses *reuse* dengan menggunakan informasi permasalahan sebelumnya yang telah didapatkan pada proses *retrieve* untuk menyelesaikan permasalahan baru.

3. Sistem akan melakukan proses *revise*, dimana informasi yang telah didapat akan dievaluasi dan diperbaiki kembali untuk mengatasi kesalahan-kesalahan yang terjadi pada permasalahan baru.
4. Terakhir sistem akan melakukan proses *retain* dengan mengindeks, mengintegrasikan dan mengekstrasikan solusi yang baru dan selanjutnya solusi yang baru akan disimpan dalam *knowledge base* untuk menyelesaikan permasalahan yang akan datang, yang memiliki kemiripan yang sama.

2.1 Data Penelitian

. Penelitian ini fokus pada penerapan CBR dengan algoritma *cosine similarity* untuk mencari jarak kedekatan antar kasus baru dengan kasus sebelumnya, sehingga dapat merekomendasikan mahasiswa yang mendapatkan surat peringatan dan dinyatakan *drop out*. Data atribut yang akan digunakan dalam proses *retrieve* untuk mendapatkan kesamaan antara kasus baru dan sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data atribut

No.	Atribut	Sub Atribut
1	Indek Prestasi Kumulatif (IPK)	a. IPK ≥ 2 b. IPK < 2.00
2	Semester (SMT)	a. SMT 1 – 8 b. SMT 9 - 14 c. SMT ≥ 14
3	Satuan Kredit Semester Kumulatif (SKSK)	a. < 30 SKS b. 31 – 80 SKS c. 81 – 150 SKS
4	Masa Studi Non Atif (NA)	a. NA = 0 b. NA = 1 c. NA = 2-3 d. NA ≥ 4

2.2 Proses perhitungan *similarity*

Di dalam melakukan perbandingan antara *case representative* dengan *test case*, digunakan metode *similarity* dalam melakukan proses tersebut. *Similarity* adalah proses untuk menghitung seberapa kemiripan antara kedua data. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung *similarity* (derajat kemiripan) suatu kasus dengan *case based*. Berikut teknik pencarian perhitunga *similarity* yang digunakan.

A. Normalisasi

Normalisasi berfungsi untuk mentransformasi nilai dalam interval 0 dan 1. Salah satu permasalahan dalam menghitung nilai *similarity* adalah banyaknya variasi nilai satuan dalam setiap variabel yang akan di dicari kedekatannya, sehingga data awal yang digunakan perlu distandarisasikan untuk mendapatkan variabel dengan nilai satuan yang sama. Penelitian ini menggunakan standarisasi variabel [10].

$$S = (a_i - a_{\min}) / (a_{\max} - a_{\min}) \quad (1)$$

Keterangan

a_{\max} = Nilai maksimal dari variabel,

a_{\min} = Nilai minimal dari variabel,

- a_i = Nilai data ke-I,
 S = Standarisasi Variabel

B. Cosine Siimilarity

Metode *Cosine Similarity* merupakan metode yang digunakan untuk menghitung *similarity* (tingkat kesamaan) antar dua buah objek. Secara umum penghitungan metode ini didasarkan pada *vector space similarity measure*. Persamaan dalam menghitung *cosine similarity* sebagai berikut[9]:

$$CosSim(d_i, q_i) = \frac{q_i \cdot d_i}{|q_i| \cdot |d_i|} = \frac{\sum_{j=1}^t (q_{ij} \cdot d_{ij})}{\sqrt{\sum_{j=1}^t (q_{ij})^2 \cdot \sum_{j=1}^t (d_{ij})^2}} \quad (2)$$

Keterangan:

q_{ij} = bobot istilah j pada dokumen $i=tf_{ij} \cdot idf_j$

d_{ij} = bobot istilah j pada dokumen $i=tf_{ij} \cdot idf_j$

3. Hasil dan Pembahasan

Kasus baru yang merupakan data mahasiswa aktif akan dibandingkan dengan kasus sebelumnya yang ada di basis pengetahuan. Pengujian model CBR untuk mengevaluasi data mahasiswa yang masih aktif yang diambil secara acak seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Data kasus baru

case	Non Aktif	Total Semester	IPK	SKSK
1	2	3	0.29	21
2	0	3	2.38	46
3	1	3	2.4	35
4	2	3	1.62	21
5	2	7	3	62
6	5	7	1.09	33
7	5	7	2.43	21
8	4	13	1.73	136
9	1	3	1.14	36
10	0	9	2.96	153
11	0	9	2.53	146
12	2	9	2.74	148
13	0	9	3.07	151
14	1	9	3.16	148
15	0	9	3.11	148

3.1 Normalisasi data

Berdasarkan Tabel 3 dilakukan normalisasi data untuk membuat range angka 0-1 sehingga jarak antara data setiap variabel tidak terlalu jauh, hasil normalisasi seperti pada Tabel 4 dengan menggunakan persamaan (1).

Tabel 4. Data hasil normalisasi

case	Non Aktif	Total Semester	IPK	SKSK
1	0.222222	0	0.081232	0
2	0	0	0.666667	0.189394
3	0.111111	0	0.672269	0.106061
4	0.222222	0	0.453782	0
5	0.222222	0.4	0.840336	0.310606
6	0.555556	0.4	0.305322	0.090909
7	0.555556	0.4	0.680672	0
8	0.444444	1	0.484594	0.871212
9	0.111111	0	0.319328	0.113636
10	0	0.6	0.829132	1
11	0	0.6	0.708683	0.94697
12	0.222222	0.6	0.767507	0.962121
13	0	0.6	0.859944	0.984848
14	0.111111	0.6	0.885154	0.962121
15	0	0.6	0.871148	0.962121

3.2. Menghitung *Similarity*

Diambil satu contoh kasus baru untuk diuji dengan data histori kasus lama. Hasil kemiripan yang didapat dirangking berdasarkan nilai maksimum. Berikut contoh data kesesuaian data kasus lama pad Tabel 5.

Tabel 5. Kesesuaian data kasus baru dengan *case* 18

Kriteria Kesesuaian Akademis	Kasus Lama (case 18)	Kasus Baru
Indek Prestasi Kumulatif (IPK)	0.19	0.29
Semester (SMT)	3	3
Satuan Kredit Semester Kumulatif (SKSK)	21	21
Masa Studi Non Atif (NA)	2	2
Rekomendasi	Mendapatkan Surat Peringatan DO 4 Semester atau Disarankan Mengundurkan Diri	??

Tabel 6. Kesesuaian data kasus baru dengan *case* 24

Kriteria Kesesuaian	Kasus Lama (case 24)	Kasus Baru
IPK	3.57	0.29
Semester	6	3
SKSK	23	21
Non Aktif	3	2
Rekomendasi	Mendapatkan Surat <i>Drop Out</i>	??

Tabel 7. Kesesuaian data kasus baru dengan *case* 26

Kriteria Kesesuaian	Kasus Lama (<i>case</i> 26)	Kasus Baru
IPK	1.76	0.29
Semester	7	3
SKSK	42	21
Non Aktif	5	2
Rekomendasi	Mendapatkan Surat Drop Out atau Putus Sekolah	??

Berdasarkan 3 kasus lama yang dibandingkan dengan kasus baru didapatkan nilai *similarity* berdasarkan persamaan (2), didapatkan nilai kemiripan antara kasus baru dan kasus sebelumnya pada *case* 18 adalah 0.993, *case* 24 = 0.559 dan *case* 26 = 0.805, sehingga untuk kasus baru akan mendapatkan rekomendasi yang sama dengan *case* 18 yaitu “Mendapatkan Surat Peringatan DO 4 Semester atau disarankan mengundurkan diri”. Rekomendasi yang digunakan adalah yang memiliki nilai *similarity* yang tertinggi yaitu pada *case* 18.

4. Kesimpulan

Metode *case based reasoning* dapat membantu dalam merekomendasikan mahasiswa untuk di *drop out* atau mendapatkan surat peringatan berdasarkan data akademis yang dimiliki.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih penulis sampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta.

Daftar Pustaka

- [1] Main, J.; Dillon, T.S.; Shiu, S. (2001). A Tutorial on Case-Based Reasoning : Soft Computing in Case-Based Reasoning (Eds), Sprenger-Verlag, London, pp. 1-28
- [2] Mulyana, S., & Hartati, S. (2015, July). Tinjauan Singkat Perkembangan Case-Based Reasoning. In *Seminar Nasional Informatika (SEMNASIF)* (Vol. 1, No. 4).
- [3] Vásquez-Morales, G. R., Martínez-Monterrubio, S. M., Moreno-Ger, P., & Recio-García, J. A. (2019). Explainable Prediction of Chronic Renal Disease in the Colombian Population Using Neural Networks and Case-Based Reasoning. *IEEE Access*, 7, 152900-152910.
- [4] B. C. -. Gimenez, W. Jouini, S. Bayat and M. Cuggia.(2013). Improving Case based reasoning Systems by Combining k-Nearest Neighbor Algorithm with Logistic Regression in the Prediction of Patients' Registration on the Renal Transplant Waiting List. *PLoS ONE*, vol. 8, no. 9, pp. 1-10, 2013.
- [5] Hidayah, I., Syahrina, A., & Permanasari, A. E. (2012). Student modeling using case-based reasoning in conventional learning system. *arXiv preprint arXiv:1211.0749*.
- [6] ADMODT, A. and PLAZA, E. (1994). Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations and system approaches. *AI Communications*, 7(1), pp. 35~39.
- [7] Gu D., Liang C. and Zhao H. (2017). A Case-Based Reasoning System Based on Weighted Heterogeneous ValueDistance Metric for Breast Cancer Diagnosis. *Artificial Intelligence in Medicine*. 77:31-47

- [8] A. M. Talib and N. E. M. Elshaiekh(2014). Multi agent system-based on casebased reasoning for cloud computing system. Acad. Platf. J. Eng. Sci.,vol. 2, no. 2, pp. 34–38, 2014.
- [9] Nurdiana, O., Jumadi, J., & Nursantika, D. (2016). Perbandingan Metode Cosine Similarity Dengan Metode Jaccard Similarity Pada Aplikasi Pencarian Terjemah Al-Qur'an Dalam Bahasa Indonesia. *Jurnal Online Informatika*, 1(1), 59-63.
- [10] Agustian, H. (2018). Two Level Clustering Untuk Analisis Kuesioner Akademik DI STTA Yogyakarta. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 10(1), 29-40.

KEYWORDS SEARCH CORRECTION USING DAMERAU LEVENSHTEIN DISTANCE ALGORITHM

Enny Dwi Oktaviyani¹⁾, Sherly Christina²⁾, Deddy Ronaldo³⁾

Universitas Palangka Raya

Kampus UPR, Tunjung Nyaho, Jl. Yos Sudarso

Email : ¹enny@it.upr.ac.id, ²sherly.christina.upr@gmail.com, ³deddy.ronaldo@gmail.com

Abstract

Searching is one of the important features on the website, but it is not uncommon for users to make typos when typing keywords. Typing errors of these keywords is usually referred to as typo. This study aims to build a system by providing suggestions for correcting typos in the search feature. Keywords search correction are obtained using the Damerau-Levenshtein Distance Approximate String Matching algorithm by to calculate the editing distance of each word in a keywords with each word in the Indonesian word dictionary. Testing was carried out as many as 40 experiments, with 10 keywords and 250 articles taken randomly. The test results show the Damerau-Levenshtein Distance algorithm is able to provide precision and recall values of 91.24% and 89.58% in providing keyword improvement suggestions. With the improvement of the system, each trial increases with precision value of 0.80 and recall value of 0.98.

Keywords: *Damerau-Levenshtein Distance, searching, keywords, correction*

1. Pendahuluan

Searching adalah salah satu fitur penting dalam *website*. Fitur ini mempermudah pengguna untuk menemukan apa yang diinginkan tanpa perlu menelusuri setiap halaman yang ada pada suatu *website*. Fitur pencarian ini berkerja dengan cara menerima masukan dari pengguna berupa kata kunci, kemudian kata kunci tersebut diproses dan dicocokkan dengan data *searchable* yang ada di *database website*. Jika ditemukan data yang memiliki kecocokan dengan kata kunci maka akan ditampilkan ke pengguna sebagai kembaliannya, namun jika tidak ada data yang cocok maka akan ditampilkan hasil kosong atau pemberitahuan bahwa data yang dicari tidak ada. Suatu kata kunci bisa terdiri dari sebuah kata saja atau beberapa kata (frasa).

Fitur pencarian ini memang sangat memudahkan sekali bagi para pengguna *website* karena dapat menghemat banyak waktu dalam pencarian suatu informasi atau data. Namun, tidak jarang seorang pengguna melakukan kesalahan pengetikan suatu kata pada saat mengetikan kata kunci. Kesalahan pengetikan kata ini biasanya disebut dengan istilah *typo*. *Typo* ini bisa disebabkan oleh berbagai macam hal, seperti media pengetikan yang tidak sesuai dengan fisik pengguna (misalnya seperti pengguna berjari besar dengan layar *touchscreen* yang kecil), kerusakan pada media pengetikan (misalnya seperti kerusakan pada *keyboard* atau *touchscreen*), minimnya kosa kata pengguna dan masih banyak lagi. Kesalahan pengetikan suatu kata atau *typo* ini tentu akan berdampak pada hasil pencarian data. Misalnya, data *searchable* yang terdapat pada suatu *database website* adalah “Levenshtein algorithm” kemudian kata kunci pencarian yang dimasukan pengguna adalah “Levensten algoritm”. Hasil proses pencarian tentu saja tidak ditemukan karena tidak ada kecocokan antara data yang ada dengan kata kunci pengguna.

Penelitian [1] mengusulkan sebuah sistem untuk mendeteksi dan mengoreksi kesalahan ejaan kata pada dokumen jurnal menggunakan metode *Dictionary Lookup* dan *Damerau-Levenshtein Distance*. Penelitian [2] melakukan survey pada beberapa teknik-teknik

untuk mendeteksi dan mengoreksi ejaan, dan penelitian [3] mengusulkan sistem untuk mengoreksi ejaan *query* pada kata kunci pencarian menggunakan *vector space model* (VSM) untuk pembobotan *query* dan algoritma *Damerau-Levenshtein Distance*. Penelitian ini mencoba mengusulkan suatu sistem untuk melakukan koreksi pada kata kunci pencarian seperti pada penelitian [3] dengan menggunakan algoritma *Damerau-Levenshtein Distance*, yaitu setiap kata dari *kata kunci* yang dimasukan oleh pengguna dibandingkan dengan kata – kata yang tepat yang disimpan sebagai kamus di *database*, namun menggunakan desain database kamus kata bahasa Indonesia, dataset pengujian, serta tahapan model sistem yang berbeda. Algoritma *Damerau-Levenshtein Distance* bekerja dengan menghitung jarak antara *StringSumber* dengan *StringTarget*. Yang dimaksud dengan jarak adalah berapa kali sebuah *StringSumber* harus diubah hingga sama persis dengan *StringTarget*. Jika perbandingan antara *StringSumber* dan *StringTarget1* memiliki jarak sama dengan 2, sementara perbandingan antara *StringSumber* dan *StringTarget2* memiliki jarak sama dengan 3, maka dapat disimpulkan bahwa *StringTarget1* lah kata yang mungkin ingin diketik oleh pengguna. Dengan implementasi algoritma *Damerau-Levenshtein Distance* untuk memperbaiki kesalahan pengetikan *kata kunci* pencarian ini diharapkan suatu website dapat menampilkan hasil pencarian dan hasil pengujian yang optimal.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari studi literature, pengumpulan data, analisis dan desain, pembuatan program, dan pengujian [4].

A. Studi Literatur

Tahapan ini diperlukan untuk memahami konsep-konsep atau dasar-dasar teori yang digunakan dalam tiap tahapan penelitian. Literatur-literatur yang dipelajari adalah literatur yang berkaitan dengan implementasi algoritma *Damerau-Levenshtein Distance* dan pengoreksian kata yang salah atau *spell checking*. Algoritma *Damerau-Levenshtein Distance* yang diimplementasikan tidak berbeda dengan versi aslinya yang mendukung empat operasi *edit*, yaitu pengurangan, penambahan, substitusi dan transposisi seperti pada gambar berikut.

```

algorithm damerau-levenshtein distance is
  input: strings a[1..length(a)], b[1..length(b)]
  output: distance, integer
  let d[0..length(a), 0..length(b)] be a 2-d array of integers, dimensions length(a)+1, length(b)+1
  for i := 0 to length(a) inclusive do
    d[i, 0] := i
  for j := 0 to length(b) inclusive do
    d[0, j] := j
  for i := 1 to length(a) inclusive do
    for j := 1 to length(b) inclusive do
      if a[i] = b[j] then
        cost := 0
      else
        cost := 1
      d[i, j] := minimum(d[i-1, j] + 1,           // deletion
                        d[i, j-1] + 1,           // insertion
                        d[i-1, j-1] + cost)      // substitution
      if i > 1 and j > 1 and a[i] = b[j-1] and a[i-1] = b[j] then
        d[i, j] := minimum(d[i, j],
                           d[i-2, j-2] + cost) // transposition
  return d[length(a), length(b)]
  
```

Gambar 2. Algoritma Damerau-Levenshtein Distance

Algoritma *Damerau-Levenshtein Distance* di atas akan menghasilkan jarak edit antara *string* target dan *string* sumber. Jarak edit inilah yang dibutuhkan oleh system untuk menentukan apakah terdapat kesalahan pengetikan pada suatu kata.

B. Pengumpulan Data

Tahapan ini merupakan tahap mengumpulkan data-data berupa kata – kata dalam bahasa Indonesia yang dianggap valid. Kata-kata tersebut adalah kata-kata yang biasa

digunakan oleh pengguna sebagai *kata kunci* pencarian. Kata – kata yang dijadikan sebagai pembanding disimpan sebagai kamus di *database*. Kata – kata pembanding ini terbatas pada bahasa Indonesia yang sesuai dengan KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) saja dan beberapa kata lainnya seperti nama orang.

Tabel 1. Struktur Tabel Kamus

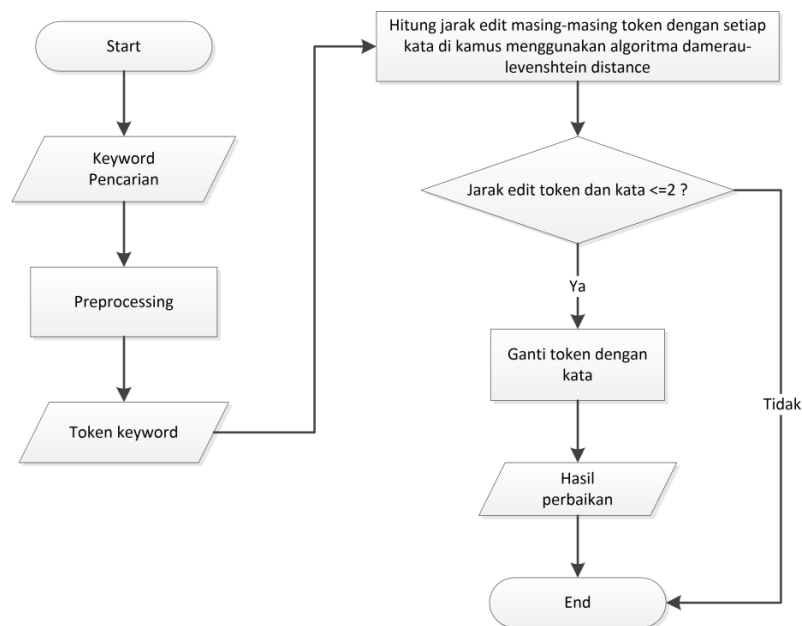
word (kata)	first_l (huruf depan)
a	a
aba	a
abad	a
dst	

Jumlah kata yang disimpan untuk pengujian adalah sebanyak 20.000 kata dan 250 artikel. Setiap kata yang ada pada *kata kunci* pencarian pengguna akan dihitung jarak *edit*nya dengan setiap kata yang ada pada kamus.

C. Analisis dan Desain

1. Analisis

Pada tahap ini akan dianalisis bagaimana struktur tabel kamus, metode pengecekan dan perbaikan *kata kunci* pencarian yang dimasukkan, dan analisis sistem dengan menggunakan UML [5]. Tahapan pengecekan dan perbaikan *kata kunci* pencarian yang dimasukkan digambarkan dalam flowchart berikut ini :

Gambar 3. Metode pengecekan dan perbaikan *kata kunci*

Berikut ini merupakan penjelasan setiap proses dalam flowchart pengecekan dan perbaikan *kata kunci* pencarian :

- a. Menerima *kata kunci* pencarian
- b. Melakukan *preprocessing kata kunci* pencarian dengan langkah – langkah sebagai berikut :
 - 1) *Case folding*, yaitu tahapan merubah semua huruf di *kata kunci* pencarian menjadi *lowercase*.

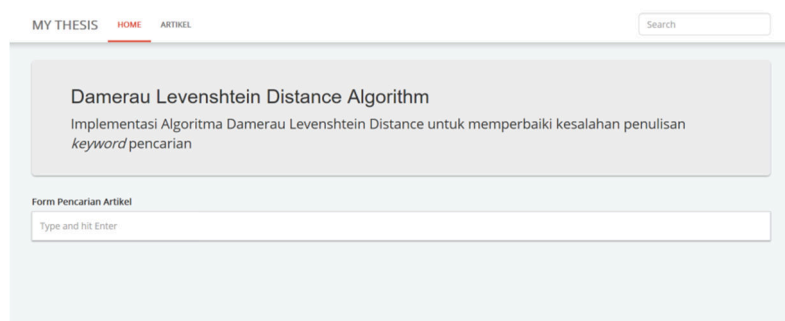
- 2) *Tokenization*, yaitu tahapan menghapus semua tanda baca dari *kata kunci* jika terdapat tanda baca dan kemudian memisahkan deretan kata dalam *kata kunci* menjadi *token* atau potongan kata tunggal jika *kata kunci* berbentuk frase.
 - c. *Token – token kata kunci* dihasilkan dari tahap *preprocessing*
 - d. Menghitung jarak edit masing – masing *token* dengan setiap kata yang ada di kamus menggunakan algoritma *Damerau-Levenshtein Distance*.
 - e. Menentukan apakah jarak edit antara satu *token* dengan kata pembandingan yang ada di kamus berjumlah ≤ 2 . Jika jarak edit ≤ 2 maka proses akan berlanjut ke langkah berikutnya, jika tidak maka proses berakhir.
 - f. Mengganti *token* yang memiliki jarak edit ≤ 2 dengan kata pembandingan.
 - g. Hasil perbaikan didapatkan. Selesai
2. Desain
- Tahap desain merupakan tahap pembuatan desain tabel dan desain antarmuka yang nantinya akan digunakan pada tahap pembuatan program.
- D. Pembuatan Program
- Tahap ini merupakan tahap *coding* menggunakan bahasa pemrograman PHP. dan pembuatan database dengan menggunakan MySQL.
- E. Pengujian
- Pada tahap ini akan dilakukan pengujian keakuratan dan relevansi hasil pencarian menggunakan *precision* dan *recall*.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penelitian ini adalah sistem untuk mengatasi masalah kesalahan pengetikan *kata kunci* pencarian agar fitur pencarian mendapatkan hasil yang optimal dan relevan terhadap *kata kunci* pengguna. Berikut adalah *interface* sistem yang dibangun.

- A. Tampilan Halaman Website
- a. Halaman Beranda

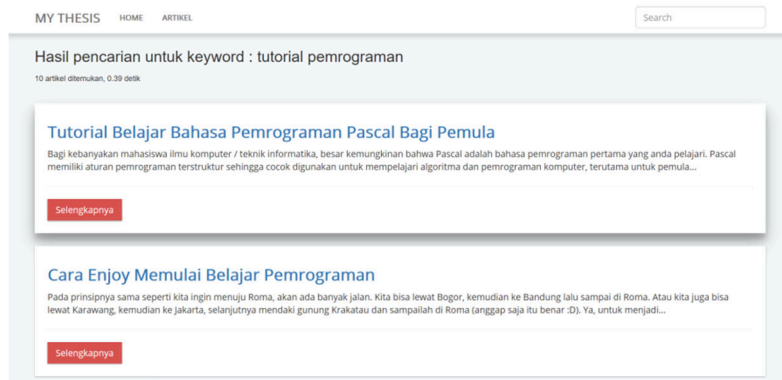
Gambar 4 menampilkan halaman beranda untuk pengunjung. Seperti halnya halaman beranda untuk pengelola, halaman ini hanya berisi deskripsi system dan *form* pencarian artikel.



Gambar 4. Halaman beranda pengunjung

- b. Halaman Hasil Pencarian Artikel

Gambar 5 menampilkan halaman hasil pencarian artikel yang dilakukan oleh pengunjung. Hasil artikel yang didapatkan tergantung dengan *kata kunci* yang diinputkan.



Gambar 5 Halaman hasil pencarian artikel untuk pengunjung

B. Pengujian Perbaikan Pada *Kata kunci*

Jenis - jenis pengujian didasarkan pada empat operasi edit yang diperbolehkan dalam algoritma *Damerau-Levenshtein Distance*, yaitu: pengujian perbaikan *typo* karena kekurangan huruf dalam kata (operasi *insertion* atau penyisipan), pengujian perbaikan *typo* karena kelebihan huruf dalam kata (operasi *deletion* atau penghapusan), pengujian perbaikan *typo* karena posisi huruf tertukar dalam kata (operasi *transposition* atau transposisi), dan pengujian perbaikan *typo* karena terdapatnya huruf yang tidak benar dalam kata (operasi *substitution* atau substitusi).

Skema pengujian yang dilakukan adalah dengan cara memasukan *kata kunci* pencarian dalam bentuk frasa yang terdiri dari dua sampai empat kata yang tidak ditulis secara benar (sesuai dengan jenis pengujian) ke *form* pencarian sistem, kemudian hasil perbaikan *kata kunci* yang dihasilkan oleh sistem akan dibandingkan dengan hasil perbaikan yang dilakukan oleh pakar. Saran perbaikan yang diberikan oleh pakar akan dijadikan acuan untuk mengukur nilai *precision* dan *recall* sistem dalam memberikan saran perbaikan yang benar dalam persentase seperti contoh berikut [6] :

Kata kunci : pnemu boal lampu

Saran perbaikan dari pakar : penemu bola lampu

Saran perbaikan dari sistem : penemu bual lampu

True Positive (Kata relevan tersugesti) = 2

False Positive (Kata tidak relevan tersugesti) = 1

True Negative (Kata relevan tidak tersugesti) = 1

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \times 100 = \frac{2}{2 + 1} \times 100 = 66.66\%$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + TN} \times 100 = \frac{2}{2 + 1} \times 100 = 66.66\%$$

Masing – masing jenis pengujian menggunakan sepuluh *kata kunci* yang sama dengan jenis *typo* yang berbeda tergantung dengan jenis pengujian. Kesepuluh *kata kunci* ini masing – masing memiliki sepuluh artikel yang relevan dari total 250 artikel di dalam sistem untuk dapat diukur perbandingan hasil pencarian artikel yang didapat dengan *kata kunci* sebelum dan sesudah diperbaiki oleh sistem dengan menghitung nilai *precision* dan *recall*-nya. Sepuluh *kata kunci* yang digunakan dalam pengujian diambil secara acak. 10 kata kunci tersebut adalah sebagai berikut :

1. Tutorial pemrograman

2. Jadwal rilis film
3. Pemain sepak bola terbaik
4. Penyanyi populer Indonesia
5. Daftar nama pahlawan nasional
6. Obat sakit perut
7. Jumlah utang Negara
8. Toko online termurah
9. Biaya hidup di Jakarta
10. Bahaya narkoba

Contoh perhitungan nilai *precision* dan *recall* artikel hasil pencarian adalah sebagai berikut :

Kata kunci : obat sakit perut

Hasil pencarian / artikel yang didapat : 11 artikel

True Positive (Artikel relevan yang didapat) = 10

False Positive (Artikel tidak relevan yang didapat) = 1

True Negative (Artikel relevan tidak didapat) = 0

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{10}{10 + 1} = 0.90$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + TN} = \frac{10}{10 + 0} = 1$$

Asumsi – asumsi dalam pengujian ini adalah :

1. Jumlah karakter atau huruf yang salah atau tidak benar dalam suatu kata tidak lebih dari dua buah karakter.
2. Kesalahan pengetikan kata dapat terjadi di pertengahan hingga akhir kata, bukan di karakter atau huruf awal kata.
3. Perbaikan kata tidak memperhatikan konteks atau makna dari *kata kunci*

Tabel 1 sampai dengan tabel 9 menunjukkan tabel – tabel hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 1. Perbandingan hasil perbaikan *typo* karena kekurangan huruf dalam kata oleh sistem dan pakar

No.	Kata kunci	Sistem	Pakar	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>
1.	Tutrial pemroraman	Tutorial pemrograman	Tutorial pemrograman	100	100
2.	Jadal rlis flm	Jadwal rilis film	Jadwal rilis film	100	100
3.	Peman spak bla terbik	Pemain suka bola terbaik	Pemain sepak bola terbaik	75	75
4.	Penyayi popler Indonesa	Penyanyi populer Indonesia	Penyanyi populer Indonesia	100	100
5.	Dafttr nma pahlwn nasonal	Daftar nama pailan nasional	Daftar nama pahlawan nasional	75	75
6.	Obt sait prut	Obat sakit perut	Obat sakit perut	100	100
7.	Jmlh utng negra	Jumlah utang netra	Jumlah utang negara	66.66	66.66
8.	Tok oline termrh	Toko online termurah	Toko online termurah	100	100
9.	Biay hdup di jakrta	Biaya hidup di Jakarta	Biaya hidup di Jakarta	100	100
10.	Bahya Nrkoba	Bahaya narkoba	Bahaya narkoba	100	100
Rata – rata akurasi (%)				91.66	91.66

Tabel 2. Perbandingan hasil pencarian artikel yang didapat sebelum dan sesudah perbaikan *typo* karena kekurangan huruf dalam kata

No.	Sebelum Diperbaiki	Sesudah Diperbaiki	Precision	Recall
1.	0 artikel	10 artikel (10 relevan, 0 tidak)	1	1
2.	0 artikel	11 artikel (10 relevan, 1 tidak)	0.90	1
3.	0 artikel	18 artikel (10 relevan, 8 tidak)	0.55	1
4.	0 artikel	36 artikel (10 relevan, 26 tidak)	0.27	1
5.	0 artikel	15 artikel (10 relevan, 5 tidak)	0.66	1
6.	0 artikel	10 artikel (10 relevan, 0 tidak)	1	1
7.	0 artikel	10 artikel (10 relevan, 0 tidak)	1	1
8.	0 artikel	12 artikel (10 relevan, 2 tidak)	0.83	1
9.	0 artikel	11 artikel (10 relevan, 1 tidak)	0.90	1
10.	0 artikel	10 artikel (10 relevan, 0 tidak)	1	1
Rata – rata			0.81	1

Tabel 3. Perbandingan hasil perbaikan *typo* karena kelebihan huruf dalam kata oleh sistem dan pakar

No.	Kata kunci	Sistem	Pakar	Precision	Recall
1.	Tutorial pemrogramman	Tutorial pemrograman	Tutorial pemrograman	100	100
2.	Jaduwal rillis filem	Jadwal rilis film	Jadwal rilis film	100	100
3.	Pemaiin seppak bolla terbaikk	Pemain sepepak bola terbaik	Pemain sepak bola terbaik	75	75
4.	Penyannyi poppuler Indonessia	Penyanyi populer Indonesia	Penyanyi populer Indonesia	100	100
5.	Dafftar namma pahlawwan nassional	Daftar nama pahlawan nasional	Daftar nama pahlawan nasional	100	100
6.	Obbat sakiit perut	Obat sakit perut	Obat sakit perut	100	100
7.	Jummlah utaang negarra	Jumlah utang negara	Jumlah utang negara	100	100
8.	Tokko onnline termurah	Toko online termurah	Toko online termurah	100	100
9.	Biayya hiduup di Jakkarta	Biaya hidup di Jakarta	Biaya hidup di Jakarta	100	100
10.	Bahaiya narkboba	Bahaya narkoba	Bahaya narkoba	100	100
Rata – rata akurasi (%)				97.5	97.5

Tabel 4. Perbandingan hasil pencarian artikel yang didapat sebelum dan sesudah perbaikan *typo* karena kelebihan huruf dalam kata

No.	Sebelum Diperbaiki	Sesudah Diperbaiki	Precision	Recall
1.	0 artikel	10 artikel (10 relevan, 0 tidak)	1	1
2.	0 artikel	11 artikel (10 relevan, 1 tidak)	0.90	1
3.	0 artikel	18 artikel (10 relevan, 8 tidak)	0.55	1
4.	0 artikel	36 artikel (10 relevan, 26 tidak)	0.27	1
5.	0 artikel	16 artikel (10 relevan, 6 tidak)	0.62	1
6.	0 artikel	10 artikel (10 relevan, 0 tidak)	1	1
7.	0 artikel	10 artikel (10 relevan, 0 tidak)	1	1
8.	0 artikel	12 artikel (10 relevan, 2 tidak)	0.83	1
9.	0 artikel	11 artikel (10 relevan, 1 tidak)	0.90	1
10.	0 artikel	10 artikel (10 relevan, 0 tidak)	1	1

Rata – rata	0.80	1
-------------	------	---

Tabel 5. Perbandingan hasil perbaikan *typo* karena posisi huruf tertukar dalam kata oleh sistem dan pakar

No.	Kata kunci	Sistem	Pakar	Precision	Recall
1.	Tutorail pemrograman	Tutorial pemrograman	Tutorial pemrograman	100	100
2.	Jawdal riils flim	Jadwal rilis film	Jadwal rilis film	100	100
3.	Pemian seapk boal terbiak	Pemain sepak bola terbaik	Pemain sepak bola terbaik	100	100
4.	Penyany populre Indonesai	Penyanyi populer Indonesia	Penyanyi populer Indonesia	100	100
5.	Datfar naam pahlawan nasoinal	Daftar nama pahlawan nasional	Daftar nama pahlawan nasional	100	100
6.	Oabt skait pertu	Obat sekait perut	Obat sakit perut	66.66	66.66
7.	Julmah utagn negraa	Jumlah utang negara	Jumlah utang negara	100	100
8.	Took onlnie termurah	Toko online termurah	Toko online termurah	100	100
9.	Biaay hidpu di jakrata	Biaya hidup di jakarta	Biaya hidup di Jakarta	100	100
10.	Baahya nakroba	Bahaya narkoba	Bahaya narkoba	100	100
Rata – rata akurasi (%)				96.66	96.66

Tabel 6. Perbandingan hasil pencarian artikel yang didapat sebelum dan sesudah perbaikan *typo* karena posisi huruf tertukar dalam kata

No.	Sebelum Diperbaiki	Sesudah Diperbaiki	Precision	Recall
1.	0 artikel	10 artikel (10 relevan, 0 tidak)	1	1
2.	0 artikel	11 artikel (10 relevan, 1 tidak)	0.90	1
3.	0 artikel	18 artikel (10 relevan, 8 tidak)	0.55	1
4.	0 artikel	36 artikel (10 relevan, 26 tidak)	0.27	1
5.	0 artikel	16 artikel (10 relevan, 6 tidak)	0.62	1
6.	0 artikel	10 artikel (10 relevan, 0 tidak)	1	1
7.	0 artikel	10 artikel (10 relevan, 0 tidak)	1	1
8.	0 artikel	12 artikel (10 relevan, 2 tidak)	0.83	1
9.	0 artikel	11 artikel (10 relevan, 1 tidak)	0.90	1
10.	0 artikel	10 artikel (10 relevan, 0 tidak)	1	1
Rata – rata			0.80	1

Tabel 7. Perbandingan perbaikan *typo* karena adanya huruf yang tidak tepat dalam kata oleh sistem dan pakar

No.	Kata kunci	Sistem	Pakar	Precision	Recall
1.	Tutpriail pemeograman	Tutorial pemrograman	Tutorial pemrograman	100	100
2.	Jaswsl rolis fikn	Jaswsl rilis fikn	Jadwal rilis film	100	33.33
3.	Penain swpsk bils twrbaik	Pemain sepak bis terbaik	Pemain sepak bola terbaik	66.66	66.66
4.	Pwnyamyi popiker Imdonwsia	Penyanyi populer Indonesia	Penyanyi populer Indonesia	100	100
5.	Dafysr nams pajlswan nadional	Daftar nas pahlawan nasional	Daftar nama pahlawan nasional	75	75

6.	Ovat salit peeut	Oval sulit perut	Obat sakit perut	33.33	33.33
7.	Jumkah utwmg nwgaea	Jumlah utang negara	Jumlah utang negara	100	100
8.	Tokp onlime twrmirah	Toko online tersirah	Toko online termurah	66.66	66.66
9.	Biaua hodup di Jakaeta	Biaya hidup di Jakarta	Biaya hidup di Jakarta	100	100
10.	Bajwya narjiba	Baja narkoba	Bahaya narkoba	50	50
Rata – rata akurasi (%)				79.16	72.49

Tabel 8. Perbandingan hasil pencarian artikel yang didapat sebelum dan sesudah perbaikan *typo* karena adanya huruf yang tidak tepat dalam kata

No.	Sebelum Diperbaiki	Sesudah Diperbaiki	Precision	Recall
1.	0 artikel	10 artikel (10 relevan, 0 tidak)	1	1
2.	0 artikel	5 artikel (5 relevan, 0 tidak)	1	0.5
3.	0 artikel	18 artikel (10 relevan, 8 tidak)	0.55	1
4.	0 artikel	36 artikel (10 relevan, 26 tidak)	0.27	1
5.	0 artikel	17 artikel (10 relevan, 7 tidak)	0.58	1
6.	0 artikel	10 artikel (10 relevan, 0 tidak)	1	1
7.	0 artikel	10 artikel (10 relevan, 0 tidak)	1	1
8.	0 artikel	12 artikel (10 relevan, 2 tidak)	0.83	1
9.	0 artikel	11 artikel (10 relevan, 1 tidak)	0.90	1
10.	0 artikel	10 artikel (10 relevan, 0 tidak)	1	1
Rata – rata			0.81	0.95

Tabel 9. Nilai rata – rata *precision* dan *recall* hasil pengujian secara menyeluruh

Precision Perbaikan Kata kunci (%)	Recall Perbaikan Kata kunci (%)	Precision Pencarian Artikel	Recall Pencarian Artikel
91.24%	89.58%	0.80	0.98

Hasil serangkaian pengujian perbaikan kesalahan pengetikan kata kunci pencarian atau *typo* menunjukkan bahwa algoritma *Damerau-levenshtein distance* mampu memberikan saran perbaikan dengan nilai *precision* mencapai 91.24% dan nilai *recall* mencapai 89.58% secara keseluruhan, dengan skor *precision* dan *recall* tertinggi diperoleh pada pengujian perbaikan *typo* karena kelebihan huruf dalam kata yaitu mencapai 97.5% (tabel 3), sementara nilai *precision* dan *recall* terendah diperoleh pada pengujian perbaikan *typo* karena adanya huruf yang tidak tepat dalam kata dengan nilai 79.16% untuk *precision* dan 72.49 % untuk *recall*.

Hasil uji coba 3, 5, 7 pada tabel 1, uji coba 3 pada tabel 3, uji coba 6 pada tabel 5, dan uji coba 2, 5, 6, 8, 10 pada tabel 7 menunjukkan kelemahan dari algoritma *Damerau-levenshtein distance* yaitu risiko kemungkinan keadaan *false positive* yang tinggi jika digunakan untuk mengoreksi frasa yang memiliki makna seperti kata kunci pencarian. Contoh pada uji coba 5 tabel 7, kata *typo* “nams” seharusnya dikoreksi menjadi “nama” tetapi dikoreksi menjadi “nas” karena jarak edit antara kata “nama” dan “nas” dengan kata *typo* “nams” sama yaitu 1, namun kata “nas” terpilih karena kata tersebut merupakan kandidat terakhir yang memenuhi syarat sebagai kata pengganti (jarak edit ≤ 2) setelah proses *looping* algoritma selesai. Jika memperhatikan kata sebelumnya yaitu “daftar” dan kata sesudahnya yaitu “pahlawan”, maka kata pengganti yang lebih baik adalah kata “nama” dibandingkan kata “nas”. Berdasarkan hasil pengujian terhadap dataset dan tahapan model sistem yang berbeda dengan penelitian [3], Algoritma *Damerau-levenshtein distance* mampu bekerja optimal, dimana hasil pencarian setelah kata kunci diperbaiki menunjukkan hasil

pencarian dengan rata – rata nilai *precision* mencapai 0.80 dan nilai *recall* mencapai 0.98 pada data yang diuji, dan pada penelitian [3] peningkatan rata-rata *precision* 44,82%.

4. Kesimpulan

Algoritma *Damerau-levenshtein distance* untuk perbaikan kesalahan pengetikan kata kunci pencarian mampu memberikan nilai rata – rata 91.24% untuk *precision* dan 89.58% untuk *recall* berdasarkan pengujian yang telah dilakukan. Meskipun demikian, algoritma ini memiliki kelemahan jika digunakan untuk memperbaiki kata dalam sebuah frasa yang memiliki makna, karena kemungkinan keadaan *false positive* yang tinggi sehingga saran perbaikan yang muncul tidak sesuai dengan makna atau konteks dari *keyword* yang diperbaiki

Ucapan Terima Kasih

Kami berterimakasih kepada Jurusan Teknik Informatika, Universitas Palangka Raya dan rekan-rekan sejawat yang telah mendukung penelitian kami.

Daftar Pustaka

- [1] Maghfira, T. N., Cholissodin, I., & Widodo, A. W. (2017). Deteksi Kesalahan Ejaan dan Penentuan Rekomendasi Koreksi Kata yang Tepat Pada Dokumen Jurnal JTIHK Menggunakan Dictionary Lookup dan Damerau-Levenshtein Distance. Malang. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 1(6), 498-506.
- [2] Mishra, R., & Kaur, N. (2013). A survey of spelling error detection and correction techniques. International Journal of Computer Trends and Technology, 4(3), 372-374.
- [3] Sutisna, U., & Adisantoso, J. (2010). Koreksi Ejaan Query Bahasa Indonesia Menggunakan Algoritme Damerau Levenshtein. Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer, 8(2).
- [4] Jogiyanto, H. M. (2008). Metodologi penelitian sistem informasi. Yogyakarta: Andi Offset.
- [5] Nugroho, A. (2009). rekayasa perangkat lunak menggunakan UML dan JAVA. Penerbit Andi.
- [6] Wibowo, A. (2011). Pengujian Kerelevanan Sistem Temu Kembali Informasi. In Seminar Nasional Ilmu Komputer.

INTEGRATION OF SMART CLASS CONTROL SYSTEM USING AMAZON ECHO DOT WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Teddy Januar, Abd. Rabi, Dwi Arman Prasetya

Teknik Elektro, Universitas Merdeka Malang

Jl. Taman Agung, Karangbesuki, Kec. Sukun, Kota Malang, Jawa Timur 65146

Email : Januarteddy.301@gmail.com

Abstract

Development of a class resource system that is integrated with the system that is the application-based system. One system that can be used is the Smart Class. Smart Class is a system that offers control of electronic equipment in the classroom using voice command control with a device that is Smart Speaker called Amazon echo dot which is used to facilitate the use of electronic devices in classrooms using Raspberry Pi Microcontroller technology by embedding smart class artificial neural network technology. With maximum performance at 1500ms to 2000ms on all conditions both sensors and actuators by iterating simultaneously 500 times with two hidden layers and the number of cells of each hidden layer is 9 and 5.

Keywords: *Smart class, Artificial Neural Network, Raspberry Pi.*

1. Pendahuluan

perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dewasa ini semakin meningkatkan pula daya kreatifitas manusia yang memacu perkembangan teknologi yang bermanfaat dan berguna dalam mempermudah segala aktivitas manusia. khususnya pada bidang elektronika. Hal ini ditandai dengan munculnya berbagai peralatan yang diciptakan dan dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis[1][2]. Dengan kemajuan teknologi ini maka berkembanglah suatu ilmu yang merupakan pemecah dari ilmu elektronika yakni dalam bidang sistem kontrol. Sistem ini dapat diartikan sebagai suatu sistem yang dapat bekerja secara otomatis maupun dengan perintah manusia. Saat ini *system control* banyak digunakan dalam kehidupan masyarakat[3][4]. Bahkan dalam tahun belakangan ini semakin banyak model *system control* yang semakin canggih.

Semakin berkembangnya proses pembelajaran di sebuah jenjang pendidikan terutama dalam sebuah universitas maka akan semakin dibutuhkan pula sebuah sistem yang lebih canggih dalam mendukung sarana pembelajaran. Sistem tersebut harus yang dapat digunakan dalam menyelesaikan berbagai persoalan dan masalah yang muncul seiring berkembangnya proses pembelajaran itu sendiri[5][6]. Oleh karena itu sebuah sistem yang didukung dengan sangat diperlukan untuk mendukung proses belajar, karena persiapan kelas masih dilakukan oleh manusia maka dari itu diperlukan untuk meningkatkan berbagai kesalahan yang disebabkan oleh kelalaian manusia itu sendiri, yang diproses proses alat di dalam ruang kelas akan memakan waktu lama dan mengganggu proses perkuliahan[7][8]. Melihat hal tersebut maka perlu dikembangkan sebuah sistem sumber daya kelas yang terintegrasi dengan sistem yang berbasis aplikasi. Salah satu sistem yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah Smart Class.

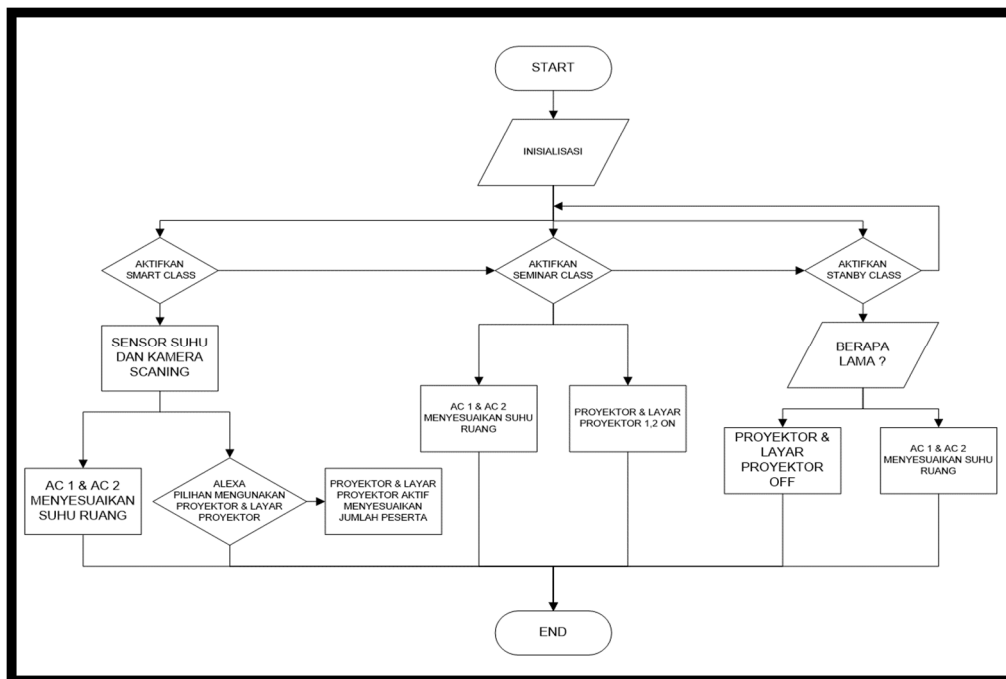
Smart Class merupakan sistem yang menawarkan kendali peralatan elektronik yang ada di dalam ruang kelas atau ruang perkuliahan menggunakan kontrol perintah suara dengan suatu alat yang dikenal sebagai *Smart Speaker* yang dinamakan *Amazon echo dot* yang dipakai untuk mempermudah penggunaan perangkat elektronik di ruang kelas. Hubungan antara kesiapan pengguna ruang kelas atau ruang perkuliahan dengan *control* fasilitas perangkat elektronik yang ada didalam ruang kelas di terapkan sebagai otomatisasi sistem

Smart Class yang menggunakan koneksi internet. Berdasarkan penjelasan diatas maka dibuatlah penelitian dengan judul *Sistem Kendali Smart Class Menggunakan Amazon Echo Dot Dengan Metode Neural Network* yang menggunakan teknologi Mikrokontroller *Raspberry Pi* melalui *Amazon echo dot* sebagai pengirim dan penerima sinyal perintah[9][10]. Sistem *control* ini di harapkan dapat menambahkan wawasan pengetahuan bagi semua orang dalam mengikuti perkembangan teknologi elektronika dan juga memudahkan dalam proses pembelajaran di lingkungan pendidikan.

2. Metodologi Penelitian

Dalam perancangan dan pembuatan alat terdapat parameter yang digunakan. Dalam pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kualitas dari perancangan yang akan diteliti dan di analisis dengan harapan bisa diperoleh data-data mengenai kinerja alat yang bermanfaat untuk ke depannya. Akurasi merupakan besaran persentase akurasi *Neural Network* dalam melakukan pengolahan data yang telah ditangkap oleh *Amazon echo dot* untuk mengaktifkan perangkat sesuai dengan perintah[11][12].

Diagram alir adalah bagan yang menunjukkan suatu alur kerja dari *smart room* yang sedang dikerjakan pada suatu sistem secara keseluruhan dan menjelaskan mengenai urutan dari prosedur yang ada didalam system *smart room*[13]. Adapun perancangan sistem yang dibuat terlihat pada gambar 1.

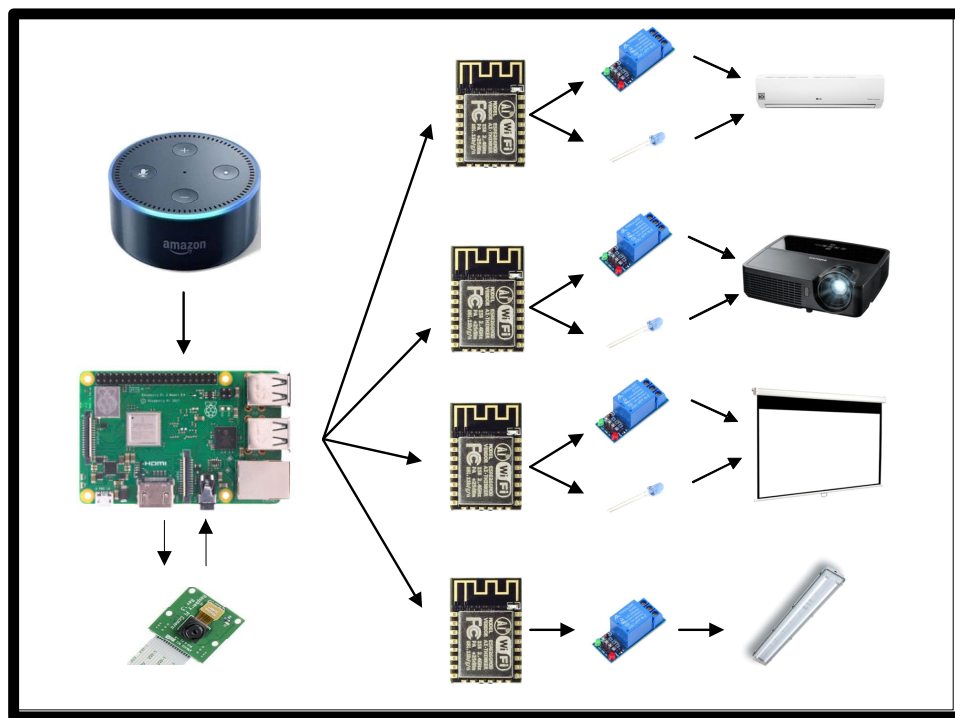


Gambar 1. Flowchart Sistem Kendali Smart Class

Pada Gambar 1. di jelaskan alur di mulai dari *start* kemudian di lakukan inisialisasi yang mana *user* akan di berikan 4 pilihan *mode class* oleh *Amazon echo dot*. Aktifkan *smart class* : Aktikan *smart class* dimana pada perintah ini di butuhkan waktu 2 menit untuk mempersiapkan proses *scanning camera* dan sensor suhu, dimana dalam perintah ini sensor suhu dan kamera akan melakukan *scanning* suhu ruangan dan jumlah peserta guna untuk menyesuaikan penggunaan peralatan AC 1, AC 2, layar proyektor 1, layar proyektor 2, proyektor 1, proyektor 2 secara otomatis tergantung kegunaan atau jumlah peserta yang ada di dalam ruang kelas. Aktifkan *seminar class* : Aktifkan *seminar class* dimana dalam perintah ini sensor suhu akan melakukan *scanning* suhu ruangan guna untuk menyesuaikan penggunaan

AC 1, AC 2 tergantung dengan jumlah peserta yang ada di dalam ruang kelas, untuk layar proyektor 1, layar proyektor 2, proyektor 1, dan proyektor 2 akan hidup bersamaan. Aktifkan *stanby class* : Aktifkan *stanby class mode* ini digunakan pada waktu istirahat dimana user memberitahu *Amazon echo dot* mengenai berapa lama waktu istirahat di butuhkan guna menghindari *error* pada waktu proses *scanning* berlangsung. Ketika waktu istirahat sudah di tentukan maka proyektor 1, proyektor 2, layar proyektor 1, layar proyektor 2, akan *off* dan proses *scanning* sensor suhu dan *camera* akan dilakukan untuk menyesuaikan penggunaan AC 1 dan AC 2 sesuai dengan jumlah peserta yang ada di dalam ruang kelas. Pada saat waktu sudah selesai *Amazon echo dot* akan aktif kembali sesuai dengan *mode* awal yang di gunakan. Ada fitur tambahan, Aktifkan *Smart Automatic Class* yang di integrasikan dengan JST yang memanfaatkan CCTV/kamera video sebagai input

Pada bagian skematik rangkaian akan ditampilkan komponen yang dipakai untuk merancang perangkat agar saling terhubung. Desain skematik rangkaian *hardware* pada perangkat elektronik dengan control utama berupa *raspberry pi* dan *Amazon echo dot* difungsikan untuk menangkap perintah dari jaringan CCTV/kamera video sebagai input jaringan syraf tiruan untuk mendeteksi jumlah pengguna di dalam *smart class* dan memberikan keputusan yang diolah pada *raspberry pi* dan *raspberry pi* mengirimkan *signal* perintah melalui jaringan wifi ke *ESP 8266* dan selanjutnya di lanjutkan kepada perangkat seperti Ac, layar proyektor, dan proyektor[14][15].

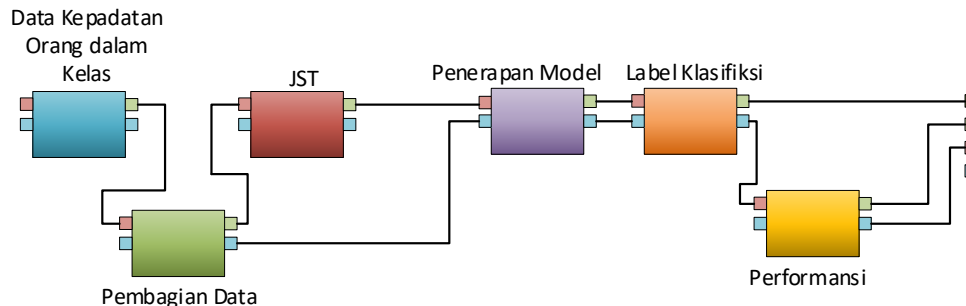


Gambar 2. Skematik Perancangan Sistem kendali *Smart Class*

Gambar 2 Menunjukkan perancangan *hardware raspberry pi* sebagai mini pc, *Amazon echo dot* dihubungkan pada *raspberry pi* yang tersedia, *ESP 8266* dan *relay* yang sudah *include* pada *board slave controler*, selain menggunakan jaringan wifi yang selanjutnya dihubungkan menggunakan jaringan *infrared*, pin *relay* untuk perangkat tambahan yang dihubungkan ke pin *GPIO* pada *raspberry pi*[16][17].

3. Hasil dan Pembahasan

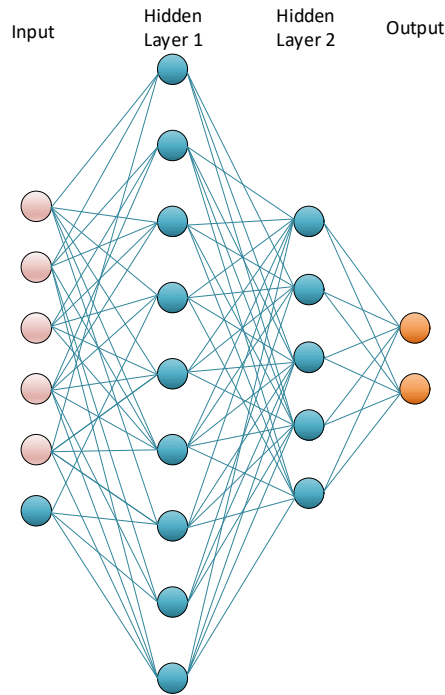
Peneliti melakukan analisis yang berfokus pada Jaringan syaraf tiruan sebagai fitur dari alat yang di implementasikan, dengan mengambil dataset CCTV/Vidio kamera pada ruangan smart class, administrator pembagi data, administrator Jaringan syaraf tiruan untuk traning data berbasis *complex objective* yang kemudian diterapkan melalui administrator penerapan model dengan menggunakan data real, dan dilanjutkan ke dalam administrator performansi yang digunakan untuk mengukur instrument pengujian yang di perlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3. Skematik sitem JST pada *Smart Class*

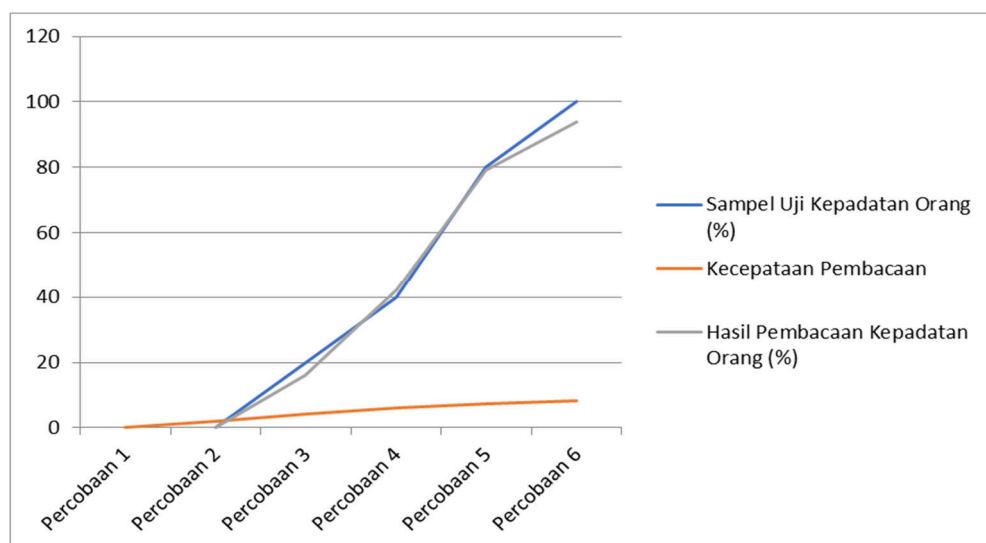
Pada penelitian *smart class* arsitektur JST yang digunakan terdiri dari 4 layer, yaitu layer input, *Hidden* layer pertama, *Hidden* layer kedua, dan Layer output[18][19]. Arsitektur jaringan saraf tiruan *smart class* diperlihatkan pada gambar 4. Implentasi model yang sudah fabrikasi dari data training untuk data uji dari *smart class* hingga mendapatkan tingkat akurasinya dengan semua instrumentasi yang ada kemudian dicatat hasilnya[20][21]. Implementasi struktur yang sudah didapatkan dari data training untuk data uji dengan menghilangkan atributnya satu per satu mulai dari partisi-partisinya dan mencatat akurasinya.

Dataset yang sudah partisi menjadi dua bagian yaitu data training dan data pengujian, kemudian akumulasikan ke dalam administrator Neural Network[22][23]. Data training digunakan untuk menemukan model Neural yang nantinya akan digunakan untuk instrumentasi model pengujian.



Gambar 4 Arsitektur JST pada *Smart Class*

Dengan menggunakan arsitektur JST pada *Smart Class* yang di tunjukkan pada gambar 4, JST *Smart Class* mengalami iterasi berulang sebanyak 500 kali dengan dua hidden layer secara simultan dan jumlah sel masing-masing hidden layer adalah sebanyak 9 dan 5. Nilai konstanta pada awal trining sebesar 0.2 dan momentum 0,8, sedangkan toleransi *error* yang di perbolehkan sebesar $1.0E-6$. Pada kondisi tersebut akurasi jaringan saraf tiruan pada *Smart Class* dengan menggunakan data pelatihan sebesar 98%. sedangkan Intepretasi dari nilai JST pada *Smart Class* dapat di lihat pada grafik Kecepatan dan Akurasi Pengolahan Gambar yang dilakukan sejumlah 6 kali percobaan menggunakan JST pada *Smart Class* secara real dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Kecepatan dan Akurasi Pengolahan Gambar Pada Proses Perhitungan Orang Dalam Kelas

Dari grafik tersebut di peroleh nilai maksimum pembacaan gambar dan prediksi yang di bandingkan dengan kondisi real yaitu dibutuhkan waktu 8.1 sekon dengan maksimum pengguna ruang sebesar 94 orang dengan kursi ruang terisi penuh. Untuk mengetahui performansi dari *raspberry pi* maka dapat di deskripsikan mlalui tabel berikut dengan performansi alat yang telah di implementasikan secara real[24][25].

Tabel 1. Implemnatsi Uji Keberhasilan Pengiriman Data Dari Raspberry Ke ESP8266

Percobaan	Waktu Tunda (ms)	ESP8266 AC 1	ESP8266 AC 2	ESP8266 AC 3	ESP8266 AC 4
1	200	Ok	Gagal	Ok	Gagal
2	500	Gagal	Ok	Ok	Gagal
3	800	Ok	Gagal	Ok	Ok
4	1000	Ok	Ok	Gagal	Ok
5	1500	Ok	Ok	Ok	Ok
6	2000	Ok	Ok	Ok	Ok
7	3000	Ok	Gagal	Ok	Ok

Dari tabel di atas dapat diketahui performansi dari *raspberry pi* yang telah di integrasikan ke ESP 8266 sebagai kendali sensor dan actuator untuk memproduksi output dari administrator JST *Smart room* dengan nilai maksimum waktu delay yang di butuhkan sebesar 1500ms hingga 2000 ms pada kondisi on semua baik sensor maupun aktuator.

4. Kesimpulan

Integerasi Sistem Kendali *Smart Class* Menggunakan *Amazon Echo Dot* Dengan Jaringan Syaraf Tiruan memiliki tingkat kehandalan yang baik jika deilihat dari performansinya dengan nilai nilai maksimum pembacaan gambar dan prediksi yang di bandingan dengan kondisi real yaitu dibutuhkan waktu 8.1 sekon dengan maksimum pengguna ruang sebesar 94 orang dengan kursi ruang terisi penuh. Dan delay efektif sebesar 1500ms hingga 2000 ms pada kondisi on semua baik sensor maupun actuator dengan melakukan proses iterasi secara simultan 500 kali dengan dua hidden layer secara simultan dan jumlah sel masing-masing hidden layer adalah sebanyak 9 dan 5. Nilai konstanta pada awal trining sebesar 0.2 dan momentum 0,8, sedangkan toleransi *error* yang di perbolehkan sebesar 1.0E-6.

Daftar Pustaka

- [1] Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7), 1645-1660.
- [2] Janis, D. A., Pang, D., & Wuwung, J. O. (2014). Rancang Bangun Robot Pengantar Makanan Line follower. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 3(1), 1-10.
- [3] Ngu, A. H., Gutierrez, M., Metsis, V., Nepal, S., & Sheng, Q. Z. (2016). IoT middleware: A survey on issues and enabling technologies. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(1), 1-20.
- [4] Mujahidin, I., Pramono, S. H., & Muslim, A. (2018, October). 5.5 Ghz Directional Antenna with 90 Degree Phase Difference Output. In *2018 Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS)* (pp. 224-228). IEEE.

- [5] T. Jensen and M. Durham, "Internet of things," *Advancing Microelectronics*, 2017.
- [6] Mujahidin, I., Hidayatulail, B. F., & Arinda, P. S. (2019). 2.4 GHZ Square Ring Patch With Ring Slot Antenna For Self Injection Locked Radar. *JEEMECS (Journal of Electrical Engineering, Mechatronic and Computer Science)*, 2(2), 39-44.
- [7] Prakarsa, M. T., Wahyuni, D., Rachman, N., & Mujahidin, I. (2019). Optimasi Sistem Komunikasi Dari HT Dengan HP Dalam Pelaksanaan Tugas Operasi Tni Ad Menggunakan Metode DTMF. *JASIEK (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. dan Komputer)*.
- [8] Mujahidin, I. (2018). Directional 1900 MHz Square Patch Ring Slot Microstrip Antenna For WCDMA. *JEEMECS (Journal of Electrical Engineering, Mechatronic and Computer Science)*, 1(2), 42-45.
- [9] Hartono, A. F., Dwijanto, D., & Abidin, Z. (2012). Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Sebagai Sistem Pengenalan Citra Daging Babi dan Citra Daging Sapi. *UNNES Journal of Mathematics*, 1(2).
- [10] Minggu, D., & Mujahidin, I. (2019). Frequency Hopping Video Real Time Untuk Pengamanan Data Pengintaian Operasi Intelligence TNI. *JASIEK (Jurnal Aplikasi Sains, Informasi, Elektronika dan Komputer)*, 1(1), 18-27.
- [11] Khan, M. A., & Salah, K. (2018). IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges. *Future Generation Computer Systems*, 82, 395-411.
- [12] Lasmono, J., Sari, A. P., Kuncoro, E., & Mujahidin, I. (2019). Optimasi Kerja Peluncur Roket Pada Robot Roda Rantai Untuk Menentukan Ketepatan Sudut Tembak. *JASIEK (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. dan Komputer)*.
- [13] Sjoegolid, S. (2015). *Raspberry Pi for secret agents*. Packt Publishing Ltd.
- [14] Agrawal, N., & Singhal, S. (2015, May). Smart drip irrigation system using raspberry pi and arduino. In *International Conference on Computing, Communication & Automation* (pp. 928-932). IEEE.
- [15] Yuwono, R., Mujahidin, I., & Mustofa, A. (2015). Rectifier using UFO microstrip antenna as electromagnetic energy harvester. *Advanced Science Letters*, 21(11), 3439-3443.
- [16] Bell, C. (2014). *Beginning sensor networks with Arduino and Raspberry Pi*. Apress.
- [17] Mujahidin, I., Yuwono, R., & Mustofa, A. (2015). Rancang Bangun Rectifier Antenna Mikrostrip Ufo Pada Frekuensi Ultra Wideband (UWB) Sebagai Pemanen Energi Elektromagnetik. *Jurnal Mahasiswa TEUB*, 3(2).
- [18] Ramadhan, M. S., Novamizanti, L., & Susatio, E. (2019). Sistem Pengenalan Individu Berbasis Citra Wajah 3D dengan Jaringan Syaraf Tiruan. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 18(01), 1-14
- [19] Wilson, C., Hargreaves, T., & Hauxwell-Baldwin, R. (2015). Smart homes and their users: a systematic analysis and key challenges. *Personal and Ubiquitous Computing*, 19(2), 463-476.
- [20] Jiang, L., Liu, D. Y., & Yang, B. (2004, August). Smart home research. In *Proceedings of 2004 International Conference on Machine Learning and Cybernetics* (IEEE Cat. No. 04EX826) (Vol. 2, pp. 659-663). IEEE.
- [21] S. Davidoff, M. K. Lee, C. Yiu, J. Zimmerman, and A. K. Dey, "Principles of smart home control," in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2006
- [22] Kubat, M. (2017). *An introduction to machine learning* (Vol. 2). Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- [23] LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *nature*, 521(7553), 436-444.
- [24] Seeger, M. (2004). Gaussian processes for machine learning. *International journal of*

- neural systems, 14(02), 69-106.
- [25] Alam, M. R., Reaz, M. B. I., & Ali, M. A. M. (2012). A review of smart homes—Past, present, and future. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 42(6), 1190-1203.

MMUSICAL INSTRUMENT TONE RECOGNITION USING DCT BASED FEATURE EXTRACTION AND GAUSSIAN WINDOWING

Linggo Sumarno

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma
Kampus III, Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta 55282
Email: lingsum@usd.ac.id

Abstract

This paper studied a feature extraction subsystem in a musical instrument tone recognition system. The purpose of this study was to obtain a number of feature extraction coefficients that are smaller than those obtained in previous papers. The studied subsystem was a DCT (Discrete Cosine Transform)-based segment averaging and Gaussian windowing. The testing of the musical instrument's tone recognition system was carried out using pianica, tenor recorder, and bellyra musical instruments, each of which represented many, several, and one significant local peaks in the transform domain. The test results showed that the optimal number of feature extraction coefficient was 8 coefficients, which could give a recognition rate of up to 100%. The test results were achieved using a Gaussian window with a alpha value of 2-6, and a 128 points DCT.

Keyword: *Tone recognition, feature extraction, segment averaging, DCT, Gaussian window.*

1. Pendahuluan

Artikel-artikel yang terkait dengan subsistem ekstraksi ciri dalam suatu sistem pengenalan nada alat musik, umumnya terbagi dalam dua pendekatan. Pendekatan pertama adalah pendekatan yang berdasarkan ranah waktu [1] [2]. Pendekatan kedua adalah pendekatan yang berdasarkan ranah transformasi. DCT (*Discrete Cosine Transform*), DST (*Discrete Sine Transform*), dan FFT (*Fast Fourier Transform*), adalah tiga metode transformasi yang umumnya digunakan. Pada pendekatan yang berdasarkan ranah transformasi, ada dua cara yang umumnya dipakai. Cara pertama adalah cara yang menggunakan sinyal-sinyal fundamental [3] - [6]. Cara kedua adalah cara yang tidak menggunakan sinyal-sinyal fundamental [7] -[11].

Pada artikel-artikel sebelumnya di atas, untuk cara yang tidak menggunakan sinyal-sinyal fundamental, kebanyakan artikel hanya untuk alat-alat musik yang mempunyai banyak [7], sedikit [8], banyak dan sedikit [9], serta banyak dan satu [11] puncak lokal signifikan pada ranah transformasi. Masih sangat sedikit artikel untuk alat-alat musik yang mempunyai banyak, sedikit, atau satu puncak lokal signifikan pada ranah transformasi [10]. Pada artikel sebelumnya [10], peneliti mengusulkan suatu subsistem ekstraksi ciri perataan segmen berbasis FFT, untuk digunakan dalam suatu sistem pengenalan nada alat musik. Namun, untuk dapat mengenali suatu nada yang mempunyai banyak, sedikit, atau satu puncak lokal signifikan pada ranah transformasi, sistem pengenalan nada alat musik tersebut masih memerlukan sekurang-kurangnya 16 koefisien ekstraksi ciri. Hal ini merupakan indikasi masih adanya kesempatan untuk mengurangi jumlah koefisien ekstraksi ciri tersebut.

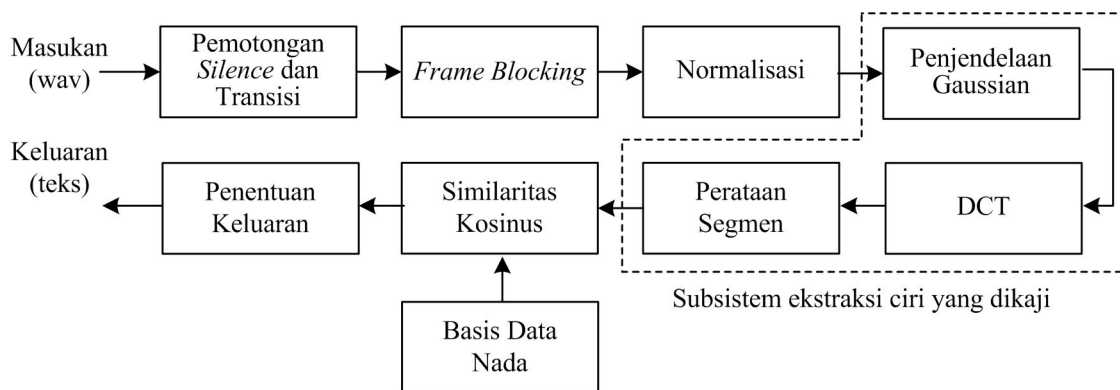
Artikel ini mengkaji suatu subsistem ekstraksi ciri dalam suatu sistem pengenalan nada alat musik, yang tidak berdasarkan sinyal-sinyal fundamental. Subsistem ekstraksi ciri ini adalah perataan segmen berbasis DCT dan penjendelaan Gaussian. Subsistem ekstraksi ciri ini dapat menghasilkan jumlah koefisien ekstraksi ciri yang lebih sedikit dari metode-metode sebelumnya. Alat-alat musik yang digunakan dalam artikel ini adalah

pianika, rekorder tenor, dan belira, yang masing-masing mewakili alat-alat musik yang mempunyai banyak, beberapa, dan satu puncak lokal signifikan pada ranah transformasi.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Pembuatan sistem pengenalan nada dan subsistem ekstraksi ciri

Langkah pertama dalam metodologi penelitian adalah pembuatan sistem pengenalan nada alat musik, yang secara diagram blok diperlihatkan pada Gambar 1. Masukan sistem adalah sinyal nada yang terisolasi dalam format wav. Keluaran sistem adalah teks, yang mengindikasikan sinyal nada yang dikenali. Subsistem ekstraksi ciri yang dikaji, akan dibahas lebih detail pengaruhnya pada bagian pembahasan. Sebagai catatan, implementasi dari sistem pengenalan dibuat menggunakan perangkat lunak Octave. Secara lebih detail, masukan dan fungsi-fungsi dari setiap blok yang ada dalam Gambar 1, dideskripsikan dalam subbagian 2.1.1-2.1.9.



Gambar 1. Sistem pengenalan nada alat musik secara keseluruhan.

2.1.1 Masukan

Masukan berupa sinyal nada dari tiga alat musik yaitu pianika, rekorder sopran, dan belira. Sinyal nada ini merupakan sinyal nada terisolasi, yang direkam dalam format wav. Artikel ini menggunakan delapan sinyal nada yaitu C, D, E, F, G, A, B, dan C', yang merupakan sinyal-sinyal nada satu untuk oktaf. Pengambilan sinyal nada dilakukan dengan merekam sinyal nada tersebut menggunakan frekuensi pencuplikan yang memenuhi teorema pencuplikan Shannon [12]:

$$f_s \geq 2f_{\text{maks}} \quad (1)$$

dengan f_s adalah frekuensi pencuplikan, dan f_{maks} adalah komponen frekuensi tertinggi dari sinyal yang akan dicuplik. Artikel ini menggunakan frekuensi pencuplikan 5000 Hz. Berdasarkan hasil evaluasi spektrum sinyal nada, komponen frekuensi signifikan yang tertinggi dari nada C' untuk alat musik pianika, rekorder sopran, dan belira, masing-masing adalah 2100 Hz, 547 Hz, dan 2109 Hz. Dengan demikian, frekuensi pencuplikan 5000 Hz tersebut sudah memenuhi teorema pencuplikan Shannon. Selanjutnya, perekaman sinyal nada dilakukan selama dua detik. Berdasarkan hasil evaluasi amplitudo sinyal nada, pemilihan dua detik ini sudah mencukupi untuk mendapatkan lebih dari separuh bagian sinyal nada yang berada pada kondisi *steady state*. Sebagai catatan, bagian yang *steady state* ini, terdapat informasi nada yang akurat.

Alat-alat musik yang digunakan dalam artikel ini adalah pianika Yamaha P-37D, rekorder tenor Yamaha YRT-304B II, dan belira Isuzu ZBL-27. Alat-alat musik tersebut diperlihatkan dalam Gambar 2. Untuk menangkap sinyal nada dari alat-alat musik tersebut digunakan mikrofon AKG Perception 120 USB.



(a) Pianika



(b) Rekorder tenor



(c) Belira

Gambar 2. Pianika, rekorder tenor, dan belira yang digunakan dalam artikel ini [10].

2.1.2 Pemotongan *silence* dan transisi

Pemotongan *silence* dan transisi adalah proses pemotongan daerah *silence* dan transisi dari sinyal nada. Berdasarkan hasil pengamatan amplitudo, sinyal nada hasil perekaman terdiri atas tiga daerah yaitu *silence*, transisi, dan *steady state*. Pada daerah *silence* tidak ada informasi nada. Pada daerah transisi ada informasi nada, namun belum akurat. Pada daerah *steady state* ada informasi nada yang akurat. Oleh karena itu, untuk mendapatkan daerah *steady state*, perlu dilakukan pemotongan daerah *silence* dan transisi. Berdasarkan juga hasil pengamatan amplitudo, pertama kali pemotongan daerah *silence* dapat dilakukan dengan memotong mulai dari bagian paling kiri dari sinyal nada menggunakan nilai ambang $|0,5|$ dari nilai amplitudo maksimum. Selanjutnya pemotongan daerah transisi dapat dilakukan dengan memotong lagi mulai dari bagian kiri dari sinyal nada selama 0,2 detik.

2.1.3 *Frame blocking*

Frame blocking adalah proses pemotongan sebagian kecil sinyal dari suatu sinyal yang panjang [13]. Pada dasarnya, dari sebagian kecil sinyal nada sudah bisa didapatkan informasi nada yang akurat. Dengan kata lain, tidak perlu memproses sinyal nada yang panjang untuk mendapatkan informasi nada. Sebagai catatan, sebagian kecil sinyal nada tersebut berasal dari suatu sinyal nada yang panjang, yang sudah pada kondisi *steady state*. Artikel ini mengevaluasi *frame blocking* yang panjangnya 32, 64, 128, dan 256 titik. Sebagai catatan, panjang *frame blocking* ini mengikuti panjang sinyal yang diperlukan pada masukan dari proses lanjutan yaitu proses perataan segmen. Proses perataan segmen ini memerlukan panjang sinyal dengan rumusan 2^q , dengan q adalah bilangan bulat.

2.1.3 Normalisasi

Normalisasi adalah proses pengaturan nilai maksimum sinyal nada ke nilai 1. Berdasarkan hasil pengamatan amplitudo sinyal, terdapat variasi nilai maksimum absolut dari sinyal-sinyal nada hasil *frame blocking*. Normalisasi bertujuan untuk menyamakan nilai maksimum absolut sinyal-sinyal tersebut ke nilai 1. Proses normalisasi dikerjakan menggunakan persamaan berikut.

$$\mathbf{x}_{\text{out}} = \frac{\mathbf{x}_{\text{in}}}{\max |\mathbf{x}_{\text{in}}|} \quad (2)$$

dengan \mathbf{x}_{out} adalah sinyal nada hasil normalisasi, dan \mathbf{x}_{in} adalah sinyal nada hasil proses *frame blocking*.

2.1.4 Penjendelaan Gaussian

Penjendelaan Gaussian adalah proses penjendelaan menggunakan jendela Gaussian. Proses penjendelaan ini dilaksanakan dengan mengurangi amplitudo di daerah tepi-tepi sinyal. Berdasarkan hasil pengamatan, pengurangan amplitudo ini akan mengurangi munculnya *artifacts*, setelah sinyal nada ditransformasi menggunakan DCT. Sebagai catatan,

artifacts yang amplitudonya terlalu besar dapat mengaburkan sinyal nada hasil transformasi. Jendela Gaussian adalah salah satu jenis jendela yang biasa digunakan dalam pengolahan sinyal digital [14]. Secara matematis, jendela Gaussian dirumuskan sebagai berikut.

$$w(n) = e^{-\frac{1}{2}\left(\alpha \frac{n}{N/2}\right)^2} \quad (3)$$

dengan α adalah faktor kelebaran jendela, N adalah panjang jendela, dan n ada dalam rentang $-(N-1)/2 \leq n \leq (N-1)/2$. Dalam artikel ini, nilai N adalah panjang *frame blocking*.

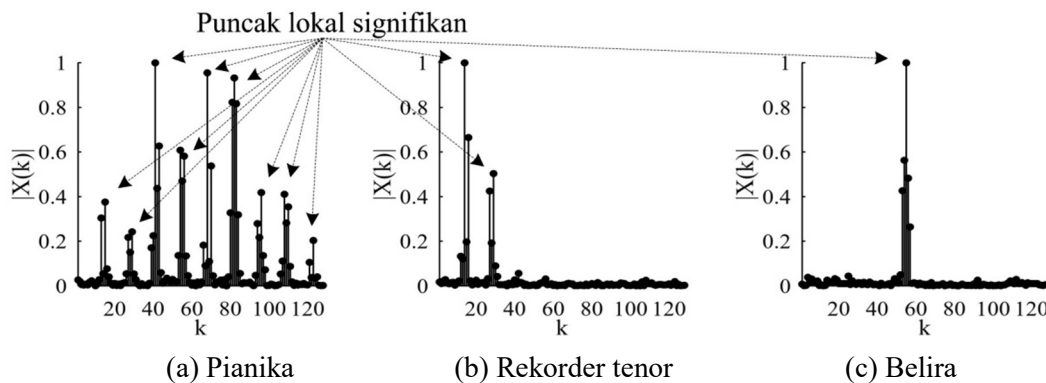
2.1.5 DCT

DCT adalah proses transformasi sinyal nada dari ranah waktu ke ranah DCT. Gambar 3 memperlihatkan contoh representasi tiga sinyal nada pada ranah DCT. Secara matematis, untuk sinyal nada $x(n)$ yang panjangnya N , DCT dari sinyal tersebut dirumuskan sebagai berikut.

$$X(k) = \beta(k) \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cos \left[\frac{\pi(2n+1)k}{2N} \right], \quad 0 \leq k \leq N-1 \quad (4)$$

dengan

$$\beta(0) \triangleq \sqrt{\frac{1}{N}}, \quad \beta(k) \triangleq \sqrt{\frac{2}{N}} \quad \text{untuk } 0 \leq k \leq N-1. \quad (5)$$



Gambar 3. Representasi sinyal nada C dalam ranah DCT ternormalisir $X(k)$, untuk alat musik pianika, rekorder tenor, dan belira. Representasi tersebut diperoleh menggunakan frekuensi pencuplikan 5000 Hz, DCT 128 titik, dan jendela Gaussian dengan nilai $\alpha=2$.

Dalam artikel ini panjang DCT yang digunakan sama dengan panjang sinyal yang diperlukan pada masukan proses berikutnya yaitu perataan segmen. Selain itu, dalam artikel ini digunakan nilai hasil DCT yang absolut. Hal ini disebabkan, proses berikutnya yaitu perataan segmen, hanya memproses nilai-nilai yang bertanda positif.

2.1.6 Perataan segmen

Perataan segmen adalah proses untuk membuat sinyal nada yang panjang menjadi lebih pendek. Pada dasarnya, sinyal nada yang lebih pendek ini masih memperlihatkan bentuk dasar dari sinyal nada yang panjang. Artikel ini menggunakan jenis perataan segmen yang awalnya diinspirasi dari Setiawan [15]. Algoritma dari jenis perataan segmen ini diperlihatkan sebagai berikut.

1. Pada barisan data bernilai positif $\{X(k) | 0 \leq k \leq N - 1\}$, dengan $N = 2^q$ untuk $q \geq 0$.
2. Tentukan panjang segmen L , dengan $L = 2^p$ untuk $0 \leq p \leq q$.
3. Potong secara seragam sepanjang L barisan data $X(k)$. Pemotongan ini akan menghasilkan jumlah segmen

$$S = N / L \quad (5)$$

dan juga barisan data $\{D(r) | 1 \leq r \leq L\}$ untuk setiap segmen.

4. Hitung nilai rerata untuk setiap segmen $R(v)$ sebagai berikut.

$$R(v) = \frac{1}{L} \sum_{r=1}^L D_v(r), \quad 1 \leq v \leq S. \quad (6)$$

Keluaran dari proses perataan segmen adalah $\{R(v) | 1 \leq v \leq S\}$ yang merupakan hasil ekstraksi ciri dari sinyal nada masukan. Hasil ekstraksi ciri ini mempunyai sejumlah S koefisien ekstraksi ciri. Dalam artikel ini dievaluasi panjang segmen L yang panjangnya $2^{\log_2 N}$, ..., 4, 2, dan 1 titik, dengan N adalah panjang sinyal nada pada masukan proses perataan segmen. Berdasarkan persamaan (5), evaluasi panjang segmen L tersebut akan memberikan jumlah koefisien ekstraksi ciri sebanyak 1, 2, 4, ..., dan $2^{\log_2 N}$ koefisien.

2.1.7 Similaritas kosinus

Similaritas kosinus adalah proses perhitungan nilai similaritas menggunakan similaritas kosinus. Perhitungan nilai similaritas ini dilakukan untuk menghitung nilai similaritas antara ekstraksi ciri sinyal masukan dengan sejumlah ekstraksi ciri sinyal nada (C, D, E, F, G, A, B, dan C') yang tersimpan dalam basis data nada. Dengan demikian, pada keluaran proses similaritas kosinus, ada sejumlah delapan nilai similaritas. Similaritas kosinus merupakan suatu rumusan similaritas yang populer digunakan [16].

2.1.8 Penentuan keluaran

Penentuan keluaran adalah proses untuk menentukan teks keluaran (C, D, E, F, G, A, B, atau C') yang mengindikasikan nada yang dikenali. Langkah pertama dari proses ini adalah mencari nilai similaritas terbesar dari sejumlah delapan nilai similaritas, yang merupakan keluaran dari proses similaritas kosinus. Langkah berikutnya adalah penentuan nada yang dikenali. Suatu nada yang berasosiasi dengan nilai similaritas terbesar dinyatakan sebagai nada yang dikenali. Sebagai catatan pertama, nada yang dikenali ini berasosiasi dengan teks keluaran (C, D, E, F, G, A, B, atau C'). Sebagai catatan kedua, adanya penentuan keluaran dengan berdasarkan nilai similaritas kosinus terbesar mengindikasikan bahwa, metode penentuan nada yang dikenali menggunakan metode pencocokan *template* [17].

2.1.9 Basis data nada

Basis data nada adalah kumpulan dari sejumlah hasil ekstraksi ciri sinyal nada (C, D, E, F, G, A, B, dan C'). Hasil ekstraksi ciri ini diperoleh dengan melaksanakan proses pemotongan *silence* dan transisi hingga proses perataan segmen, yang diperlihatkan pada Gambar 1. Dalam artikel ini, untuk setiap alat musik (pianika, rekorder tenor, dan belira), diambil sejumlah 10 sampel nada pelatihan untuk setiap nada (C, D, E, F, G, A, B, dan C'). Peneliti mengasumsikan bahwa dengan 10 sampel nada pelatihan, semua variasi dari setiap sinyal nada dari suatu alat musik, telah didapatkan. Untuk setiap nada (C, D, E, F, G, A, B, dan C'), ekstraksi ciri dari 10 sampel nada pelatihan, akan menghasilkan 10 ekstraksi ciri sinyal nada. Selanjutnya untuk setiap alat musik dilaksanakan proses rerata berikut.

$$\mathbf{Y}_T = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \mathbf{R}_i \quad (7)$$

dengan vektor $\{\mathbf{R}_i \mid 1 \leq i \leq 10\}$ adalah 10 ekstraksi ciri sinyal nada, dan vektor $\{\mathbf{Y}_T \mid T = C, D, E, F, G, A, B, \text{ dan } C'\}$ adalah delapan vektor yang dimasukkan dalam basis data nada suatu alat musik.

2.2. Pengambilan Nada Uji

Langkah kedua dalam metodologi penelitian adalah pengambilan nada uji, yang digunakan untuk pengujian sistem pengenalan nada alat musik. Artikel ini menggunakan 160 sampel nada uji yang berasal dari delapan nada (C, D, E, F, G, A, B, dan C), dengan 20 kali perekaman untuk setiap nada.

2.3 Pengujian dan Perhitungan Tingkat Pengenalan

Langkah terakhir dalam metodologi penelitian adalah pengujian dan perhitungan tingkat pengenalan. Pengujian dilaksanakan dengan menggunakan 160 sampel nada uji, untuk setiap alat musik, setiap nilai α jendela Gaussian, setiap panjang DCT, dan setiap jumlah koefisien ekstraksi ciri. Perhitungan tingkat pengenalan adalah perhitungan rasio (yang dinyatakan dalam persen), antara jumlah nada yang dikenali dengan benar, dengan sejumlah 160 sampel nada uji.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian

Sistem pengenalan nada alat musik yang diperlihatkan dalam Gambar 1 telah diuji untuk setiap alat musik, setiap nilai α jendela Gaussian, setiap panjang DCT, dan setiap jumlah koefisien ekstraksi ciri. Hasil pengujian tersebut diperlihatkan pada Tabel 1, 2, dan 3. Sebagai catatan, evaluasi jumlah koefisien ekstraksi ciri sudah dijelaskan di subbagian 2.1.6.

Tabel 1. Hasil pengujian untuk alat musik pianika, pada berbagai nilai α jendela Gaussian, panjang DCT, dan jumlah koefisien ekstraksi ciri. Hasil yang diperlihatkan: Tingkat pengenalan (%).

Nilai α jendela Gaussian	Panjang DCT (titik)	Jumlah koefisien ekstraksi ciri (koefisien)								
		1	2	4	8	16	32	64	128	256
1	32	12,5	58,75	96,88	99,38	98,13	96,25	-	-	-
	64	12,5	66,88	95,63	100	100	100	100	-	-
	128	12,5	67,50	93,75	100	100	100	100	100	-
	256	12,5	68,13	97,50	100	100	100	100	100	100
2	32	12,5	63,75	96,25	99,38	100	96,25	-	-	-
	64	12,5	71,25	97,50	100	100	100	100	-	-
	128	12,5	76,25	98,13	100	100	100	100	100	-
	256	12,5	68,75	99,38	100	100	100	100	100	100
4	32	12,5	40,00	76,88	96,88	97,50	76,25	-	-	-
	64	12,5	66,25	98,75	100	100	100	98,13	-	-
	128	12,5	75,00	97,50	100	100	100	100	100	-
	256	12,5	75,00	98,13	100	100	100	100	100	100
8	32	12,5	39,38	67,50	71,88	72,50	51,25	-	-	-
	64	12,5	48,75	84,38	97,50	98,13	97,50	90,63	-	-
	128	12,5	61,25	96,25	99,38	100	100	100	93,75	-
	256	12,5	72,50	98,13	100	100	100	100	100	100

Tabel 2. Hasil pengujian untuk alat musik rekorder tenor, pada berbagai nilai α jendela Gaussian, panjang DCT, dan jumlah koefisien ekstraksi ciri. Hasil yang diperlihatkan: Tingkat pengenalan (%).

Nilai α jendela Gaussian	Panjang DCT (titik)	Jumlah koefisien ekstraksi ciri (koefisien)								
		1	2	4	8	16	32	64	128	256
0	32	12,5	40,63	71,88	97,50	100	98,75	-	-	-
	64	12,5	52,50	80,00	95,00	100	100	100	-	-
	128	12,5	48,75	79,38	96,88	100	100	100	100	-
	256	12,5	55,63	81,88	96,88	100	100	100	100	100
2	32	12,5	39,38	89,38	100	100	98,75	-	-	-
	64	12,5	39,38	85,00	97,50	100	100	100	-	-
	128	12,5	56,88	83,13	100	100	100	100	100	-
	256	12,5	54,38	88,13	98,13	100	100	100	100	100
4	32	12,5	49,38	94,38	100	100	100	-	-	-
	64	12,5	36,25	90,00	100	100	100	100	-	-
	128	12,5	45,63	88,75	100	100	100	100	100	-
	256	12,5	54,38	88,75	98,75	100	100	100	100	100
8	32	12,5	60,00	88,13	91,25	91,25	66,88	-	-	-
	64	12,5	49,38	95,00	100	100	100	93,13	-	-
	128	12,5	47,50	90,63	100	100	100	100	100	-
	256	12,5	46,88	88,13	98,75	100	100	100	100	100

Tabel 3. Hasil pengujian untuk alat musik belira, pada berbagai nilai α jendela Gaussian, panjang DCT, dan jumlah koefisien ekstraksi ciri. Hasil yang diperlihatkan: Tingkat pengenalan (%).

Nilai α jendela Gaussian	Panjang DCT (titik)	Jumlah koefisien ekstraksi ciri (koefisien)								
		1	2	4	8	16	32	64	128	256
1	32	12,5	53,75	81,88	95,00	90,63	85,63	-	-	-
	64	12,5	55,00	86,25	96,88	95,00	91,88	88,13	-	-
	128	12,5	56,25	80,00	95,00	95,63	92,50	88,75	87,50	-
	256	12,5	55,63	78,13	94,38	95,63	93,13	90,00	89,38	89,38
2	32	12,5	59,38	88,13	96,25	96,25	86,25	-	-	-
	64	12,5	60,00	88,75	98,13	100	98,13	88,75	-	-
	128	12,5	66,88	89,38	100	100	100	97,50	86,88	-
	256	12,5	63,13	85,00	98,13	96,88	99,38	97,50	95,63	92,50
4	32	12,5	66,25	86,25	90,63	91,88	81,88	-	-	-
	64	12,5	58,75	87,50	96,25	98,75	98,75	86,25	-	-
	128	12,5	67,50	92,50	100	100	100	100	86,88	-
	256	12,5	65,00	86,25	94,38	96,25	99,38	98,13	96,88	88,75
8	32	12,5	51,25	80,63	82,50	82,50	61,88	-	-	-
	64	12,5	60,63	81,88	90,00	91,88	92,50	81,88	-	-
	128	12,5	68,75	91,25	99,38	99,38	100	100	86,88	-
	256	12,5	61,88	87,50	93,13	95,63	96,25	96,88	97,50	88,13

3.2 Pembahasan

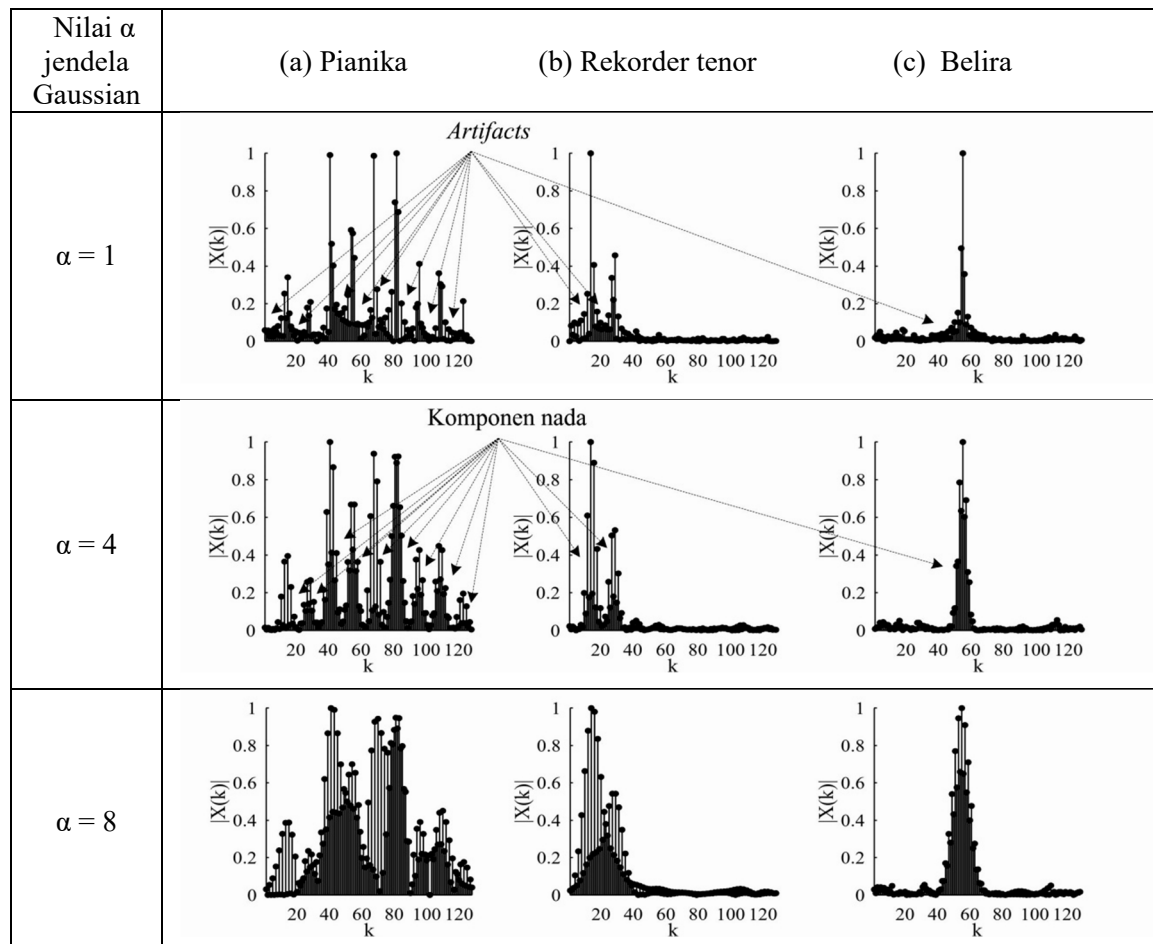
Dari sudut pandang hasil yang optimal, Tabel 1, 2, dan 3 mengindikasikan bahwa, untuk alat musik pianika, rekorder tenor, dan belira, penggunaan 8 koefisien ekstraksi ciri dapat memberikan hasil tingkat pengenalan tertinggi hingga 100%. Hasil ini dicapai dengan menggunakan juga jendela Gaussian dengan nilai α dari 2-6, serta DCT 128 titik. Maka, dapat dikatakan bahwa, untuk alat musik yang mempunyai banyak, beberapa, atau satu puncak lokal signifikan pada ranah transformasi (misalnya pianika, rekorder tenor, dan belira), penggunaan 8 koefisien ekstraksi ciri sudah mencukupi untuk merepresentasikan setiap nada. Sebagai catatan, dalam hal ini digunakan jendela Gaussian dengan nilai α dari 2-6, serta DCT 128 titik.

Dari sudut pandang jumlah koefisien ekstraksi ciri, Tabel 1, 2, dan 3 mengindikasikan bahwa secara umum, jika jumlah koefisien ekstraksi ciri semakin besar, maka tingkat

pengenalan akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan, jika jumlah koefisien ekstraksi ciri semakin besar akan makin banyak dimensi yang digunakan untuk membedakan pola nada satu dengan pola nada yang lain. Dengan makin banyaknya dimensi ini, akan menyebabkan tingkat diskriminasi ekstraksi ciri makin meningkat. Akhirnya, tingkat diskriminasi ekstraksi ciri yang makin meningkat ini akan menyebabkan tingkat pengenalan yang makin meningkat.

Dari sudut pandang nilai α jendela Gaussian, Tabel 1, 2, dan 3 mengindikasikan bahwa, dari suatu nilai α yang optimal, jika nilai α makin kecil atau makin besar, akan menyebabkan makin menurunnya tingkat pengenalan. Berikut ini akan dibahas lebih detail pengaruh dari nilai α tersebut.

- (a) Jika nilai α makin kecil, sebagaimana terlihat pada Gambar 4, akan menyebabkan terjadinya dua hal. Hal yang pertama adalah makin kurusnya komponen-komponen nada pada sinyal nada hasil transformasi. Hal yang kedua adalah makin meningkatnya amplitudo *artifacts* yang muncul. Makin meningkatnya amplitudo *artifacts* mengakibatkan makin meningkatnya tingkat *overlap* diantara komponen-komponen nada. Akibat dari meningkatnya tingkat *overlap* ini adalah makin kaburnya sinyal nada hasil transformasi. Selanjutnya, hal ini makin menurunkan tingkat diskriminasi ekstraksi ciri. Akhirnya, tingkat diskriminasi ekstraksi ciri yang makin menurun menyebabkan tingkat pengenalan yang makin menurun.



Gambar 4. Penggambaran sinyal nada C dalam ranah DCT ternormalisir $X(k)$, untuk alat musik pianika, rekorder tenor, dan belira. Penggambaran tersebut menggunakan frekuensi pencuplikan 5000 Hz, DCT 128 titik, dan beragam nilai α pada jendela Gaussian.

- (b) Jika nilai α makin besar, sebagaimana terlihat pada Gambar 4, akan menyebabkan terjadinya dua hal. Hal yang pertama adalah makin gemuknya komponen-komponen nada pada sinyal nada hasil transformasi. Hal yang kedua adalah makin menurunnya amplitudo *artifacts* yang muncul. Makin gemuknya komponen-komponen nada mengakibatkan makin meningkatnya tingkat *overlap* diantara komponen-komponen nada. Akibat dari meningkatnya tingkat *overlap* adalah makin kaburnya sinyal nada hasil transformasi. Selanjutnya, hal ini makin menurunkan tingkat diskriminasi ekstraksi ciri. Akhirnya, tingkat diskriminasi ekstraksi ciri yang makin menurun menyebabkan tingkat pengenalan yang makin menurun.

3.3. Perbandingan dengan Ekstraksi Ciri yang Lain

Perbandingan kinerja pengenalan nada alat musik untuk beberapa metode ekstraksi ciri diperlihatkan pada Tabel 4. Perbandingan kinerja tersebut diperlihatkan untuk nada-nada yang mempunyai banyak, beberapa, dan satu puncak lokal signifikan pada ranah transformasi. Sebagaimana terlihat pada Tabel 4, metode ekstraksi ciri yang diusulkan dalam artikel ini masuk kategori paling efisien. Hal ini disebabkan, metode ekstraksi ciri yang dikaji dapat menghasilkan jumlah koefisien ekstraksi ciri yang paling kecil, untuk nada yang mempunyai banyak, beberapa, dan satu puncak lokal signifikan pada ranah transformasi.

Tabel 4. Perbandingan kinerja beberapa metode ekstraksi ciri.
Hasil yang diperlihatkan: Jumlah koefisien ekstraksi ciri (koefisien)

Metode ekstraksi ciri	Jumlah puncak lokal signifikan pada ranah transformasi		
	Banyak	Sedikit	Satu
MFCC dan Codebook [7]	13 (piano pada keyboard)	-	-
Spectral Features [8]	-	21 (gamelan)	-
Perataan segmen berbasis DCT [9]	8 (pianika)	16 (rekorder sopran)	-
Perataan segmen berbasis FFT [10]	4 (pianika)	16 (rekorder tenor)	16 (belira)
Perataan segmen berbasis DST [11]	8 (pianika)	-	8 (belira)
Perataan segmen berbasis DCT dan penjendelaan Gaussian (artikel ini)	8 (pianika)	8 (rekorder tenor)	8 (belira)

4. Kesimpulan

Artikel ini mengkaji suatu subsistem ekstraksi ciri, yang dapat digunakan dalam suatu sistem pengenalan nada alat musik. Subsistem ekstraksi ciri tersebut adalah perataan segmen berbasis DCT dan penjendelaan Gaussian. Subsistem ekstraksi ciri tersebut diharapkan dapat memberikan jumlah koefisien ekstraksi ciri yang lebih sedikit dari yang pernah didapatkan pada artikel-artikel sebelumnya.

Berdasarkan percobaan, untuk alat musik pianika, rekorder tenor, dan belira, hasil yang optimal diperoleh dengan penggunaan 8 koefisien ekstraksi ciri, karena dapat memberikan hasil tingkat pengenalan tertinggi hingga 100%. Hasil ini dicapai dengan menggunakan juga jendela Gaussian dengan nilai α dari 2-6, serta DCT 128 titik. Maka, secara umum, untuk alat musik dengan banyak, beberapa, dan satu puncak lokal signifikan pada ranah transformasi (misalnya pianika, rekorder tenor dan belira), diperlukan sekurang-kurangnya 8 koefisien ekstraksi ciri, untuk merepresentasikan setiap nada. Dalam hal ini diperlukan jendela Gaussian dengan α antara 2-6 dan panjang DCT 128 titik.

Untuk penelitian lebih lanjut, dapat dieksplorasi penggunaan jendela-jendela yang lain selain jendela Gaussian. Selain itu, dapat juga dieksplorasi ekstraksi ciri perataan segmen yang lain selain yang berbasiskan DCT.

Daftar Pustaka

- [1] Cheveigné, A de, & Kawahara, H. (2002). YIN, A Fundamental Frequency Estimator for Speech and Music. *The Journal of the Acoustical Society of America*. Pp. 111-117.
- [2] McLeod, P., & Wyvill, G. (2005, September). A Smarter Way to Find Pitch. In *International Computer Music Conference (ICMC), Barcelona*. Pp. 138-141.
- [3] Mitre, A., Queiroz, M., & Faria, R. (2006, May). Accurate and Efficient Fundamental Frequency Determination from Precise Partial Estimates. In *4th Audio Engineering Society (AES) Brazil Conference, Sao Paulo*. Pp. 113-118.
- [4] Pertusa, A., & Inesta, J.M. (2008, March-April). Multiple Fundamental Frequency Estimation using Gaussian Smoothness. In *IEEE International Conference on Audio, Speech, and Signal Processing (ICASSP), Las Vegas*. Pp. 105-108.
- [5] Yeh, C., Robel, A., & Rodet, X. (2010). Multiple Fundamental Frequency Estimation and Polyphony Inference of Polyphonic Music Signals. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*. Vol. 18(6), pp. 1116-1126.
- [6] Duan, Z., Pardo, B., & Zhang, C. (2010). Multiple Fundamental Frequency Estimation by Modeling Spectral Peaks and Non-peak Regions. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*. Vol. 18(8), pp 2121-2133.
- [7] Fruandta, A., & Buono, A. (2011, June). Identifikasi Campuran Nada pada Suara Piano Menggunakan Codebook. In *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta*. Pp. G8-G13.
- [8] Tjahyanto, A., Suprpto, Y.K., & Wulandari, D,P. (2013). Spectral-based Features Ranking for Gamelan Instruments Identification using Filter Techniques. *Telkomnika*. Vol. 11(1), pp. 95-106.
- [9] Sumarno, L. (2016). On The Performace of Segment Averaging of Discrete Cosine Transform Coefficients on Musical Instruments Tone Recognition. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. Vol. 11(9), pp. 5644-5649.
- [10] Sumarno, L., & Iswanjono. (2017). Feature Extraction of Musical Instrument Tones using FFT and Segment Averaging. *Telkomnika*. Vol. 15(3), pp. 1280-1289.
- [11] Sumarno, L. (2018). Pengenalan Nada Alat Musik Menggunakan Ekstraksi Ciri Perataan Segmen Berbasis DST dan Pengklasifikasi SVM. *Jurnal Teknologi*. Vol 10(2), pp 23-31.
- [12] Tan, L., & Jiang, J. (2013). *Digital Signal Processing Fundamentals and Applications. Second Edition*. Elsevier Inc. Oxford. Pp. 15-56.
- [13] Meseguer, N.A. (2009). *Speech Analysis for Automatic Speech Recognition. MSc Thesis*. NTNU. Trondheim. Pp. 4-25.
- [14] Roberts, R.A., & Mullis, C.T. (1987). *Digital Signal Processing*. Addison-Wesley. Reading, Massachussets. Pp. 135-136.
- [15] Setiawan, Y.R. (2015). *Pengenalan Ucapan Angka Menggunakan Transformasi Fourier Cepat dan Similaritas Kosinus. Skripsi*. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta. Pp. 66-70.
- [16] Zhu, S., Wu, J., Xiong, H., & Xia, G. (2011). Scaling up top-K similarity search. *Data and Knowledge Engineering*. Vol. 70, pp. 60-83.
- [17] Theodoridis, S., & Koutroumbas, K. (2009). *Pattern Recognition. Fourth Edition*. Elsevier Inc. San Diego, California. Pp. 481-519.

IMPLEMENTATION OF STEGANOGRAPHY ON VOICE OVER INTERNET PROTOCOL (VOIP)

Budi Santosa¹⁾, Fandi Ahmad Juni Haryanto²⁾,
Rifki Indra Perwira³⁾, Dessyanto Boedi Prasetyo⁴⁾

Teknik Informatika, UPN "Veteran" Yogyakarta

Jalan babarsari 2 Tambakbayan Yogyakarta

Email : ¹dissan@gmail.com, ²fandiahmadjh@gmail.com,

³rifki@upnyk.ac.id, ⁴dess95@gmail.com

Abstract

Steganography is the science of hiding messages into a container without changes detected by the human senses. Cryptography is the science to keeping the message still safe. Combine between Steganography and cryptography can be used, but if there is exchange information still use separately, worry about there is a change in file size, which can result in damage. VoIP is a technology that allows to communicate with use communication lines on a network. VoIP refers more to voice communication. I am utilizing VoIP as a voice communication channel with voice as a medium for inserting secret messages. The research results that steganography techniques can be used with VoIP. By inserting a text message that is first encrypted and then entered into sound by the Least Significant Bit method. The test results, the Alpha testing, and Beta testing, resulted in a percentage above 90%.

Keywords: *Steganography, voice, LSB, cryptography*

1. Pendahuluan

Pada media internet merupakan media yang sangat tinggi tingkat penyalahgunaan informasi. Disitus berbagi video terdapat cara untuk melakukan penyadapan, kemudian pelaku dapat langsung mempraktikan, contohnya dengan merekam panggilan tersebut, sehingga informasi yang memiliki aspek kerahasiaan yang sangat penting, dan tidak semua orang mengetahui informasi tersebut bisa saja disalahgunakan dengan tujuan yang tidak baik dan merugikan banyak orang. Dengan semakin banyaknya cara pencurian informasi tersebut, maka diperlukan sebuah aplikasi yang dapat digunakan untuk bertukar informasi dengan cara menyembunyikan informasi yang bersifat rahasia, sehingga informasi tersebut tidak dapat disalahgunakan.

Steganografi adalah ilmu menyembunyikan pesan rahasia sehingga pesan tersebut tidak terdeteksi oleh indera manusia [1]. Pada steganografi digital bisa menggunakan media digital sebagai sarana penampungan, misalnya menggunakan media gambar, suara, teks, dan video. Pesan rahasia yang disembunyikan dapat berupa citra, suara, teks, atau video. Saat ini banyak bentuk data, akan tetapi dalam steganografi membutuhkan dua media, yaitu *cover-media* merupakan wadah menyembunyikan sesuatu yang dirahasiakan, dan *embedded-media* adalah data atau sesuatu yang disembunyikan. Dalam hal pengamanan data steganografi perlu di kombinasikan dengan metode yang dapat menjaga keamanan file. Kriptografi adalah ilmu untuk menjaga pesan supaya aman. Pada prinsipnya, kriptografi memiliki empat komponen utama, yaitu *Plaintext* atau pesan yang dibaca, *Chiphertext* adalah pesan yang telah diacak, kemudian *Key* atau kunci untuk melakukan kriptografi, dan yang terakhir *Algorithm* atau metode untuk melakukan proses enkripsi dan dekripsi.

Teknik steganografi dan kriptografi dapat dikombinasikan dalam satu wadah untuk memperkuat keamanan untuk melindungi pesan rahasia. Kombinasi steganografi dan kriptografi bisa digunakan agar memberikan keamanan lebih pada pesan tersebut [8]. Dalam

penerapan steganografi, ilmu kriptografi yang digunakan bisa berbagai macam, tergantung kebutuhannya [9]. Dari beberapa referensi yang ditemukan, kombinasi steganografi dan kriptografi dapat berjalan dengan baik, akan tetapi hanya sebagai aplikasi keamanan saja. apabila ingin bertukar informasi masih dilakukan secara terpisah, dikhawatirkan terjadi perubahan ukuran file yang mengakibatkan data yang disisipkan menjadi rusak, sehingga informasi menjadi salah atau tidak dapat terbaca.

VoIP (*Voice Over Internet Protocol*) adalah teknologi yang memungkinkan melakukan komunikasi dengan menggunakan jalur komunikasi data pada suatu jaringan. VoIP lebih mengacu pada komunikasi suara (*voice*), *faksimili*, dan *voice messaging application* [2]. Dari teori tentang VoIP, diperoleh penjelasan bahwa VoIP dapat digunakan untuk media komunikasi, terutama mengacu dalam komunikasi suara.

Memanfaatkan media VoIP sebagai jalur komunikasi suara dengan steganografi menggunakan suara tersebut sebagai media menyisipkan pesan rahasia, serta ditambahkan kriptografi sebagai pengaman pesan rahasia sebelum disisipkan, sehingga proses pertukaran informasi dapat langsung dilakukan dengan aman, tanpa khawatir pesan rahasia diketahui oleh pihak lain. Penerapan steganografi dengan memanfaatkan media VoIP merupakan hal yang menarik, karena percakapan dalam VoIP digunakan sebagai kamuflase untuk menyembunyikan pesan rahasia, karena data suara secara alami diasumsikan hanya data yang dilakukan di saluran VoIP, lalu komunikasi dengan VoIP biasanya singkat, sehingga tidak memberikan cukup waktu untuk pelaku mendeteksi kemungkinan adanya pesan rahasia pada jalur percakapan tersebut [7].

2. Metodologi Penelitian

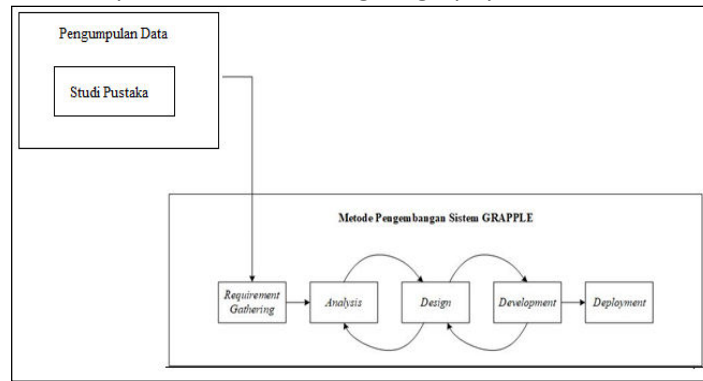
a. Studi pustaka

Hasil penelitian maupun gagasan yang tertuang dalam penelitian sebelumnya menjadi landasan teori pada penelitian ini. Pada steganografi dengan memanfaatkan media digital seperti teks, suara, gambar, video dan file dan diimplementasikan dengan memanfaatkan metode penyisipan. Metode *Least Significant Bit* (LSB) dapat digunakan untuk menyisipkan pesan di bit terakhir dari barisan biner, Karena bit terakhir memiliki nilai yang paling kecil [10]. VoIP adalah teknologi yang memungkinkan percakapan suara dari jarak jauh melalui media internet. Data suara dikonversi menjadi kode digital dan dialirkan melalui jaringan yang mengirimkan paket data. VoIP merupakan salah satu media untuk berkirim pesan berbentuk suara. VoIP mengirimkan data berupa suara menggunakan paket-paket IP. VoIP dilengkapi dengan field untuk steganografi. Field tersebut akan digunakan sebagai covert channel, dimana pesan rahasia dapat dialirkan secara tersembunyi. Selain itu dapat diterapkan juga metode *Least Significant Bits* (LSB) pada data suara yang akan dikirimkan melalui VoIP [11].

b. Metode Pengembangan Sistem

Pada metodologi pengembangan sistem aplikasi ini menggunakan menggunakan metodologi *Guidelines for Rappid Application Engineering* (GRAPPLE).

Implementation Of Steganography On Voice Over Internet Protocol (VOIP)



Gambar 1. Halaman Server

Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. *Requirement Gathering*

Tahapan ini merupakan tahapan untuk menentukan kebutuhan dari sistem berdasarkan berdasarkan informasi yang dikumpulkan pada proses pengumpulan data. Informasi tersebut termasuk perbandingan dengan penelitian sebelumnya

2. *Analysis*

Tahapan selanjutnya yaitu *analysis*. Pada tahapan ini yang dilakukan adalah menggali lebih dalam hasil yang diperoleh dalam tahap sebelumnya. Tahap ini mengkaji permasalahan pengguna dan menganalisis solusinya.

3. *Design*

Pada tahap *design* kebutuhan dari tahapan sebelumnya akan dipelajari dan mulai merancang solusi yang dihasilkan oleh tahap *analysis*. Pada tahapan *design* dapat berjalan dua arah saling menyesuaikan sampai diperoleh rancangan yang tepat

4. *Development*

Tahap ini ditangani oleh pengembang program untuk membangun code program dan *user interface*. Pengujian program dan dokumentasi sistem dilakukan pada tahap ini.

5. *Deployment*

Tahap *deployment* adalah tahap pendistribusian produk yang dihasilkan kepada pengguna. Tahap ini mencakup instalasi dan perencanaan *backup* data bila diminta oleh pengguna sesuai dengan perjanjian sebelumnya

c. *Steganografi*

Tujuan utama dari steganografi adalah untuk menyembunyikan informasi ke dalam media lainnya sehingga tidak memungkinkan pihak ketiga untuk mendeteksi keberadaan pesan yang dimaksud, semakin pentingnya nilai dari sebuah informasi, maka semakin diperlukan keamanan untuk menjaga pesan tersebut, maka semakin berkembang pula metode-metode yang dapat digunakan untuk melakukan penyisipan informasi yang didukung pula dengan semakin berkembangnya media elektronik. Berbagai macam media elektronik kini telah dapat digunakan untuk melakukan berbagai fungsi steganografi dengan berbagai macam tujuan dan fungsi yang diharapkan oleh penggunanya. Steganografi yang baik harus memiliki beberapa syarat yang wajib dipenuhi, yaitu wadah penampungan tidak mengalami banyak perubahan setelah penambahan data rahasia ke dalamnya dan keberadaan data tersebut tetap tersamarkan, kemudian wadah penampungan tidak akan mempengaruhi keberadaan dan kualitas data, selanjutnya data harus bisa dikembalikan ke pada keadaan semula.

Terdapat beberapa jenis teknik steganografi berdasarkan teknik yang digunakan, yaitu sebagai berikut [3]:

1. *Injection*

Merupakan teknik menanamkan pesan rahasia secara langsung terhadap suatu media, kekurangan dari teknik ini adalah media yang diinjeksi akan menjadi lebih besar dari ukuran normalnya sehingga mudah terdeteksi. Teknik ini juga disebut *embedding*.

2. *Substitution*

Teknik ini mengubah data normal menjadi data rahasia, hasil dari teknik ini biasanya tidak akan terlalu mengubah ukuran data asli tetapi tergantung pada data yang akan disembunyikan. Teknik ini akan menurunkan kualitas media yang ditumpangi.

3. *Transformasi Domain*

Teknik ini sangat efektif, yaitu merubah proses perubahan bentuk citra untuk mendapatkan suatu informasi. Pada dasarnya, transformasi domain menyembunyikan data pada *transform space*.

4. *Spread Spectrum*

Teknik pentransmisian menggunakan *pseudo-noise code*, yang independen terhadap data informasi sebagai modulator bentuk gelombang untuk menyebarkan energi sinyal dalam sebuah jalur komunikasi (*bandwidth*) yang lebih besar daripada sinyal jalur komunikasi informasi. Oleh penerima, sinyal dikumpulkan kembali menggunakan replika *pseudo-noise code* tersinkronisasi.

5. *Statistical Method*

Teknik ini disebut juga skema steganografi 1 bit. Skema tersebut menanamkan satu bit informasi pada media tumpangan dan mengubah statistik walaupun hanya 1 bit. Perubahan statistik ditunjukkan dengan indikasi 1 dan jika tidak ada perubahan, terlihat indikasi 0. Sistem ini bekerja berdasarkan kemampuan penerima dalam membedakan antara informasi yang dimodifikasi dan yang belum.

d. *Voice Over Internet Protocol*

Voice over Internet Protocol (VoIP) merupakan istilah yang masuk pada klasifikasi teknologi transmisi pengiriman komunikasi suara melalui jaringan IP (*Internet Protocol*) seperti internet atau jaringan *packet-switched* lainnya. VoIP adalah metodologi dan kelompok teknologi untuk pengiriman komunikasi suara dan sesi multimedia melalui jaringan Protokol Internet (IP), seperti Internet. Istilah telepon Internet, telepon *broadband*, dan layanan telepon *broadband* secara khusus merujuk pada penyediaan layanan komunikasi (suara, faks, SMS, pesan suara) melalui Internet publik, daripada melalui jaringan telepon sakelar publik (PSTN).

Bentuk paling sederhana dalam sistem VoIP adalah dua komputer terhubung dengan internet. Dengan dukungan software khusus, kedua pemakai komputer bisa saling terhubung dalam koneksi VoIP satu sama lain. Bentuk hubungan tersebut bisa dalam bentuk pertukaran *file*, suara, gambar dan lain sebagainya, akan tetapi penekanan utama dalam VoIP adalah hubungan dalam bentuk suara.

TCP/IP (*Transfer Control Protocol/Internet Protocol*) merupakan sebuah protokol yang digunakan pada jaringan internet. Pada protokol TCP/IP terdapat 2 bagian, yaitu TCP dan UDP serta lapisan yang ada dibawah bagian tersebut terdapat protokol yang disebut IP. TCP (*Transmission Control Protocol*) merupakan protokol yang menjaga reliabilitas hubungan komunikasi antara *end-to-end*. Cara kerja TCP adalah mengirim dan menerima segmen-segmen informasi dengan panjang data yang bervariasi pada suatu datagram Internet. UDP (*User Datagram Protocol*) merupakan salah satu protokol utama di atas IP, yang lebih sederhana dibandingkan dengan TCP.

e. *Least Significant Bit*

Least Significant Bit (LSB) merupakan suatu metode yang mana menggunakan barisan pada data biner dengan nilai yang paling kecil atau paling kanan dari barisan *bit*. *Least Significant Bit* sering kali digunakan untuk kepentingan menyisipkan data kedalam suatu media digital.

Dengan menyisipkan nilai pada bit terakhir dari media yang disediakan, tidak akan berpengaruh besar dari nilai yang semula. Misalkan bit pada gambar dengan ukuran 3 pixel sebagai berikut:

(0011111 11101001 11001000)

(0011111 11001000 11101001)

(1100000 00100111 11101001)

Pesan yang akan disisipkan adalah karakter 'A' yang memiliki biner 10000001, stego audio yang akan dihasilkan adalah :

(0011111 11101000 11001000)

(0011110 11001000 11101000)

(1100000 00100111 11101001)

Dari contoh tersebut dapat disimpulkan bahwa metode LSB hanya mengganti satu nilai dari posisi yang paling kanan dari setiap *bytes* data pada media penampung data. Nilai yang diganti merupakan *bit* dari pesan yang akan disembunyikan. Karena bit yang diganti adalah bit dengan nilai yang paling kecil, maka ukuran dari file pembawa tidak akan berubah sehingga akan sulit untuk terdeteksi [4].

f. Kriptografi

Kriptografi (*cryptography*) berasal dari bahasa Yunani, terdiri dari dua suku kata yaitu *kripto* dan *graphia*. *Kripto* artinya menyembunyikan, sedangkan *graphia* artinya tulisan. Kriptografi, secara umum adalah ilmu dan seni untuk menjaga keamanan pesan. Selain itu kriptografi juga merupakan ilmu yang mempelajari teknik-teknik matematika yang berhubungan dengan aspek keamanan informasi seperti kerahasiaan data, keabsahan data, integritas data, serta autentikasi data [5].

g. Algoritma *Advanced Encryption Standard* (AES - 128)

Pada sekitar tahun 1990, *National Institute of Standards and Technology* (NIST) menetapkan algoritma *Data Encryption Standard* (DES) sebagai standar enkripsi data Federal Amerika Serikat. DES termasuk dalam algoritma enkripsi yang sifatnya cipher block, yang berarti DES mengubah data masukan menjadi blok-blok 64-bit dan kemudian menggunakan kunci enkripsi sebesar 56-bit. Setelah mengalami proses enkripsi maka akan menghasilkan output blok 64-bit. Setahun kemudian pada tahun 2000, algoritma Rijndael terpilih sebagai algoritma kriptografi yang selain aman juga efisien dalam implementasinya dan dinobatkan sebagai AES (*Advanced Encryption Standard*). Nama Rijndael sendiri berasal dari gabungan nama penemunya

Algoritma Rijndael atau AES termasuk dalam jenis algoritma kriptografi yang sifatnya simetri dan cipher block. Dengan demikian algoritma ini mempergunakan kunci yang sama saat enkripsi dan dekripsi serta masukan dan keluarannya berupa blok dengan jumlah bit tertentu. AES mendukung berbagai variasi ukuran blok dan kunci yang akan digunakan. Namun AES mempunyai ukuran blok dan kunci yang tetap. Yaitu sebesar AES-128, AES-192, AES-256 bit. Pengelompokan ini berdasarkan panjang kunci yang digunakan. Angka – angka di belakang kata AES menggambarkan panjang kunci yang digunakan pada tiap – tiap AES. Selain itu, hal yang membedakan dari masing-masing AES ini adalah banyaknya round yang dipakai. AES-128 menggunakan 10 round, AES-192 sebanyak 12 round, dan AES-256 sebanyak 14 round. AES memiliki ukuran blok yang tetap sepanjang 128 bit dan ukuran kunci

sepanjang 128, 192, atau 256 bit. Tidak seperti Rijndael yang block dan kuncinya dapat berukuran kelipatan 32 bit dengan ukuran minimum 128 bit dan maksimum 256 bit. Berdasarkan ukuran blok yang tetap, AES bekerja pada matriks berukuran 4x4 di mana tiap – tiap sel matriks terdiri atas 1 byte (8 bit). Sedangkan Rijndael sendiri dapat mempunyai ukuran matriks yang lebih dari itu dengan menambahkan kolom sebanyak yang diperlukan. Blok chipper tersebut dalam pembahasan ini akan diasumsikan sebagai sebuah kotak. Setiap plainteks akan dikonversikan terlebih dahulu ke dalam blok – blok tersebut dalam bentuk heksadesimal, kemudian blok itu akan diproses dengan metode berikutnya. Metode yang digunakan dalam algoritma ini yaitu *add round key*, *subbytes*, *shift rows*, *mix columns* [6].

h. Pengujian Alpha testing dan Beta Testing.

1. Alpha Testing

Pengujian pada penelitian ini merupakan pengujian *Alpha* yaitu pengujian yang digunakan dalam pengembangan perangkat lunak. Pengujian *alpha testing* bertujuan melihat penilaian dari sisi pengembang (*developer*) bagaimana pengguna (*user*) menggunakan aplikasi sehingga dapat merekam seluruh permasalahan yang terdapat pada aplikasi. Para penguji merupakan mahasiswa dan alumni Teknik Informatika UPN “Veteran” Yogyakarta.

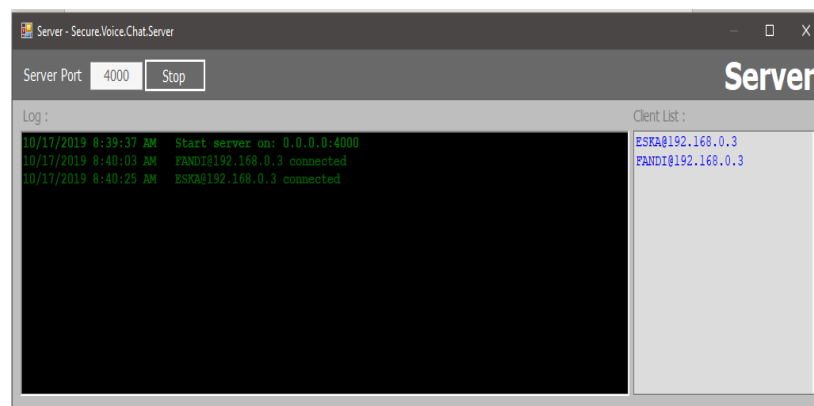
2. Beta Testing

Pengujian *Beta* merupakan pengujian yang dilakukan pada akhir untuk memastikan kegunaan dan fungsi dari perangkat lunak yang dibuat. Pada pengujian perangkat lunak pihak pengembang dapat masukan langsung dari pengguna sebenarnya tentang desain, fungsi, dan kegunaan dari perangkat lunak yang dibuat. Pengujian *Beta Testing* bertujuan melihat penilaian dari sisi pengguna (*user*) menggunakan aplikasi sehingga dapat merekam seluruh permasalahan yang terdapat pada aplikasi. Para penguji merupakan mahasiswa dari beberapa Universitas di D.I Yogyakarta.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Halaman Server

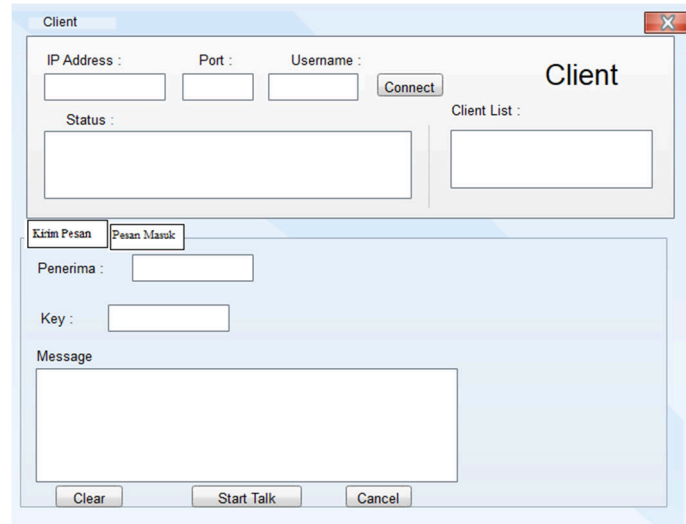
Pada halaman server, admin dapat membuat jalur komunikasi dengan memasukan port. Jalur komunikasi dibuat agar client dapat terhubung satu dengan yang lainnya. Ketika admin telah memasukan port, jika port tersedia, maka akan menampilkan status terhubung, dan server bisa digunakan. Jika port yang dimasukan admin tidak tersedia, maka akan muncul pemberitahuan bahwa tidak tersedia. Tampilan halaman server tersaji pada Gambar 1.



Gambar 2. Halaman Server.

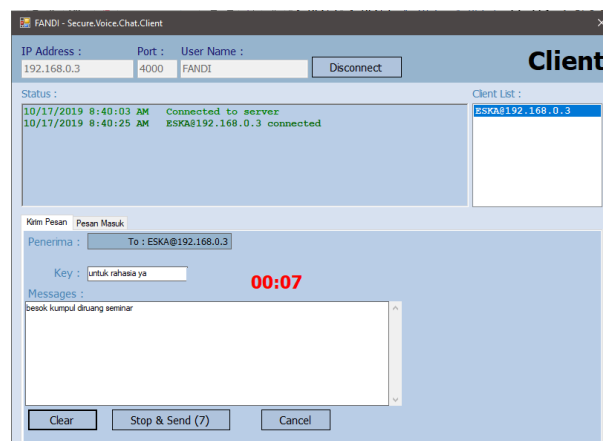
b. Halaman Client

Halaman client pada Gambar 2 merupakan halaman yang diberikan kepada pengguna untuk melakukan komunikasi dengan pengguna lain yang telah terhubung dengan server. Jika pengguna ingin melakukan komunikasi dengan pengguna lain, maka masukan IP address dari server, lalu masukan juga port yang ditentukan oleh admin. Jika telah terhubung, maka akan muncul pemberitahuan, kemudian dapat melihat pengguna lain yang telah terhubung dengan server.



Gambar 2. Halaman Client

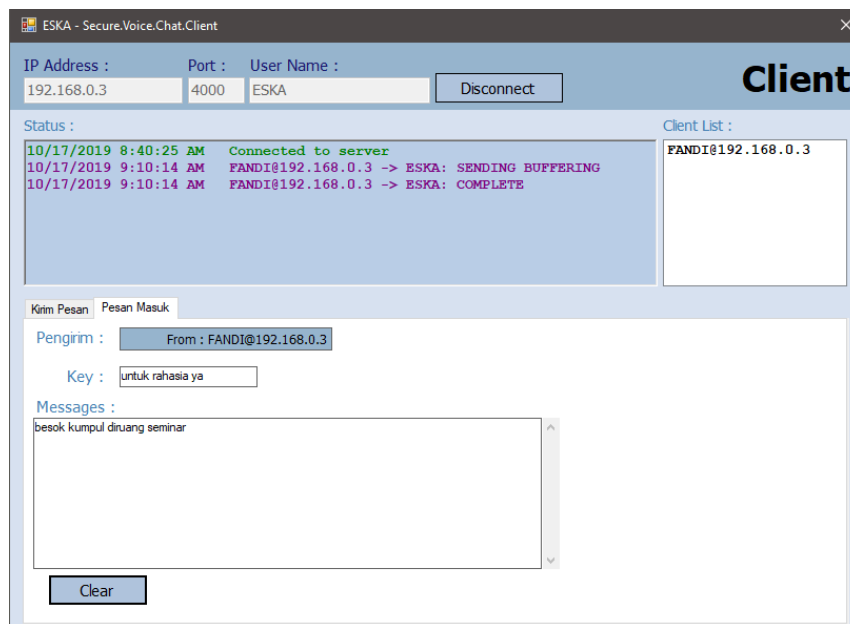
Jika pengguna ingin mengirim pesan, pilih client tujuan yang tersedia dalam *client list*, kemudian klik, maka secara otomatis akan berada di kolom penerima. Setelah memilih penerima, selanjutnya masukan kunci untuk enkripsi pesan yang akan dirahasiakan, lalu tulis pesan yang akan dikirim kepada penerima. Jika telah selesai, tekan tombol *start talk* untuk merekam suara yang menjadi wadah untuk menyisipkan pesan rahasia tersebut. Durasi rekam suara maksimal 10 detik. Setelah selesai merekam suara, tekan tombol *stop* dan *send*, maka pesan akan dikirim. Halaman proses kirim dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Halaman Client Proses Kirim Pesan

Dari sisi penerima (Gambar 4), akan muncul notifikasi, kemudian putar pesan suara, jika telah selesai, tekan tombol *stop*. Untuk membuka pesan, penerima harus memasukan kunci untuk mendeskripsi pesan, jika kunci salah, maka akan muncul

umpan balik kunci salah dan pesan tidak terbuka, tetapi jika kunci benar, maka pesan akan ditampilkan



Gambar 4. Halaman Client Menerima Pesan

c. Pembahasan

Aplikasi steganografi pada ini menggunakan IP sebagai menghubungkan dengan client lain. Setiap pengguna bisa melakukan komunikasi jika terlebih dahulu tersambung dengan server. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya[10], Pada aplikasi ini dapat bertukar informasi secara langsung dengan penerima pesan tanpa harus melakukan peertukaran secara manual. Sebelum disembunyikan, pesan rahasia di enkripsi menggunakan algoritma AES 128. Algoritma AES 128 merupakan algoritma yang memiliki tingkat keamanan yang kuat dan memiliki waktu proses yang lebih cepat, jika dibandingkan dengan algoritma yang lain[8]. Pesan disembunyikan didalam suara tersebut merupakan suara hasil rekaman pihak pengirim. Selanjutnya penerima bisa mendengarkan suara tersebut yang kemudian suara tersebut di ekstrak hingga didapat pesan yang disembunyikan. Proses penyisipan menggunakan Metode *Least Significant Bit* (LSB). Pada aplikasi ini semua proses berjalan dengan baik. Pihak pengirim dapat melakukan rekaman suara, dan pihak penerima dapat menerima dan memutar suara. Proses keamanan pesan berfungsi dengan baik, sehingga orang yang tidak mengetahui kunci tidak dapat membuka pesan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat dihasilkan aplikasi steganografi dengan media *voice over internet protocol* (VoIP). Hasil penelitian yang didapat dari penelitian ini bahwa Steganografi dapat dikombinasikan dengan media VoIP yang dapat langsung diterima oleh penerima tanpa harus bertukar secara manual. Pada VoIP wadah yang digunakan berupa suara/audio. Tahapan penyisipan menggunakan metode *Least Significant Bit* yang merupakan menyisipkan pesan di bit terakhir dari wadah. Fungsi kriptografi yang digunakan yaitu AES 128. Pengujian menggunakan *Alpha testing* dan *Beta testing*. Dari hasil pengujian tersebut, pada *Alpha testing* dan *Beta testing* dihasilkan prosentase diatas 90%, demikian aplikasi dapat digunakan oleh pengguna yang sesungguhnya.

Daftar Pustaka

- [1] Munir, R. (2004). Pengolahan citra digital dengan pendekatan algoritmik. *Informatika, Bandung*.
- [2] Setiawan, D. B., Fatchur Rochim, A., & Isnanto, R. R. (2011). *Voice over Internet Protocol (VoIP) Menggunakan Asterisk Sebagai Session Initiation Protocol (SIP) Server* (Doctoral dissertation, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip).
- [3] Ariyus, D. (2009). Keamanan Multimedia, Penerapan Steganografi dalam Berbagai Bidang Multimedia. *Penerbit Andi Offset, Skripsi Amikom Yogyakarta*.
- [4] Bender, W., Gruhl, D., Morimoto, N., & Lu, A. (1996). Techniques for data hiding. *IBM systems journal*, 35(3.4), 313-336.
- [5] Sadikin, R. (2012). Kriptografi untuk keamanan jaringan. *Penerbit Andi, Yogyakarta*.
- [6] Arifin, R., & Oktoviana, L. T. (2013). Implementasi Kriptografi dan Steganografi menggunakan Algoritma RSA dan metode LSB. *Universitas Malang*.
- [7] Prasetyo, B., Gernowo, R., & Noranita, B. (2014). Kombinasi Steganografi Berbasis Bit Matching dan Kriptografi DES untuk Pengamanan Data. *Scientific Journal of Informatics*, 1(1), 79-93.
- [8] Sitorus, M. (2015). Teknik Steganography Dengan Metode Least Significant Bit (LSB). *Fakultas Teknik. Universitas Satya Negara Indonesia*.
- [9] Rosida, D. (2008). Studi Mengenai Penerapan Steganografi Pada VoIP Dengan LSB dan Covert Channel. *Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung*

CRYPTOGRAPHY OF JAVA LANGUAGE USING BASA WALIKAN METHODS IN YOGYAKARTA

Hero Wintolo¹⁾, Asih Pujiastuti²⁾, Ellyana Mega Dewantri Astuti³⁾

^{1,2,3}Departemen Informatika

Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta

Jl. Janti, Blok-R, Lanud Adisucipto Yogyakarta

Email : ¹herowintolo@stta.ac.id

Abstract

Basa Walikan can be used as one of the methods in cryptography because the Basa Walikan character exchange process is not easily understood by all people who can speak Javanese. Basa Walikan used in this research is Basa-Walikan in Yogyakarta, which is sourced from Javanese script characters written in a two-line countdown rule. In Roman characters it becomes ha, na, ca, ra, ka, da, ta, sa, wa, la, pa, dha, ja, yes, nya, ma, ga, ba, tha, nga. The characters in Javanese script are written in 4 (four) lines. The process of character reversal in Basa Walikan uses the mechanism of the first line exchanged with the third line and the second line is swapped to the fourth line as well as the opposite. In this research software for message safety with Basa Walikan was made. From the White Box and Black Box test results it can be concluded that the encryption process and the description process are in accordance with the design of the application being made. If the word being tested is two consonants m and p that are close together, then the encryption process and the description process is done separately or by character.

Keywords: *Cryptography, Basa Walikan, Web Based*

1. Pendahuluan

Kriptografi digunakan untuk mengamankan pesan yang mana kekuatan keamanan terdapat pada kunci yang digunakan. Kunci pada kriptografi digunakan untuk menjembatani saat dilakukannya proses enkripsi-deskripsi atau deskripsi-enkripsi. Pada kunci kriptografi dibedakan menjadi dua bagian yaitu kunci simetris dan kunci asimetris. Oleh sebab itu dibuatlah sebuah aplikasi yang berfungsi untuk mengamankan pesan teks yang digunakan saat melakukan pertukaran informasi menggunakan metode Basa Walikan. Tulisan sebelumnya terkait Basa Walikan ini bersumber dari daerah Malang atau dikenal sebagai Basa Walikan Malang[1] atau Slang Malang[2][3]. Metode Basa Walikan ini hampir mirip dengan ROT13 yang banyak digunakan dalam kriptografi tradisional di mana karakter akan diganti dengan jaraknya 13 (tigabelas) dari karakter aslinya atau dalam karakter romawi, hurufnya dibagi dua dari 26 (dua puluh enam) huruf yang ada.

Kriptografi pada teknologi informasi digunakan untuk membangun keamanan pada sebuah perangkat lunak yang dapat menggunakan *Advanced Encryption Standard* (AES)[4][5], *Vigenere Cipher*[6], *Hill Cipher*[7] atau *Rivest Shamir Adleman* (RSA)[8] sebagai metodenya. Dengan penggunaan metode yang sudah ada keamanan sebuah data dalam teknologi informasi juga belum terjamin sehingga dalam pengembangan kriptografi untuk mengamankan data ini

kadang menggunakan cara atau metode yang dibuat sendiri, sebagai contoh algoritma lipat[9][10]. Penggunaan bahasa walikan untuk mengubah plain text menjadi *chipper text* hanya dapat diterapkan dalam Bahasa Jawa. Proses pengubahan karakter dalam huruf jawa ini menggeser sejauh 10 karakter sehingga *chipper text* yang dihasilkan dapat dibaca tapi tidak mampu dipahami kecuali mereka yang mengenal metode Basa Walikan ini.

2. Metode Penelitian

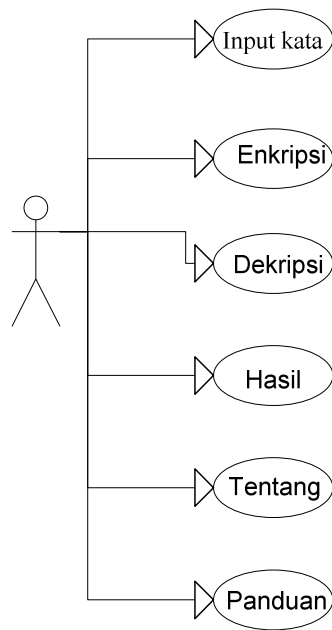
Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah studi pustaka untuk mempelajari konsep dan metode Basa Walikan di Yogyakarta, kemudian dilanjutkan membangun algoritma dan pemrograman aplikasi dengan bahasa pemrograman berbasis WEB. Setelah aplikasi berhasil dibuat, langkah berikutnya adalah melakukan pengujian aplikasi dengan kata atau kalimat bahasa jawa. Hasil pengujian ini dicatat dan di jadikan bahan evaluasi aplikasi yang dibuat. Aplikasi yang dibangun dinamakan Walikan.com.

2.1 Use Case Diagram

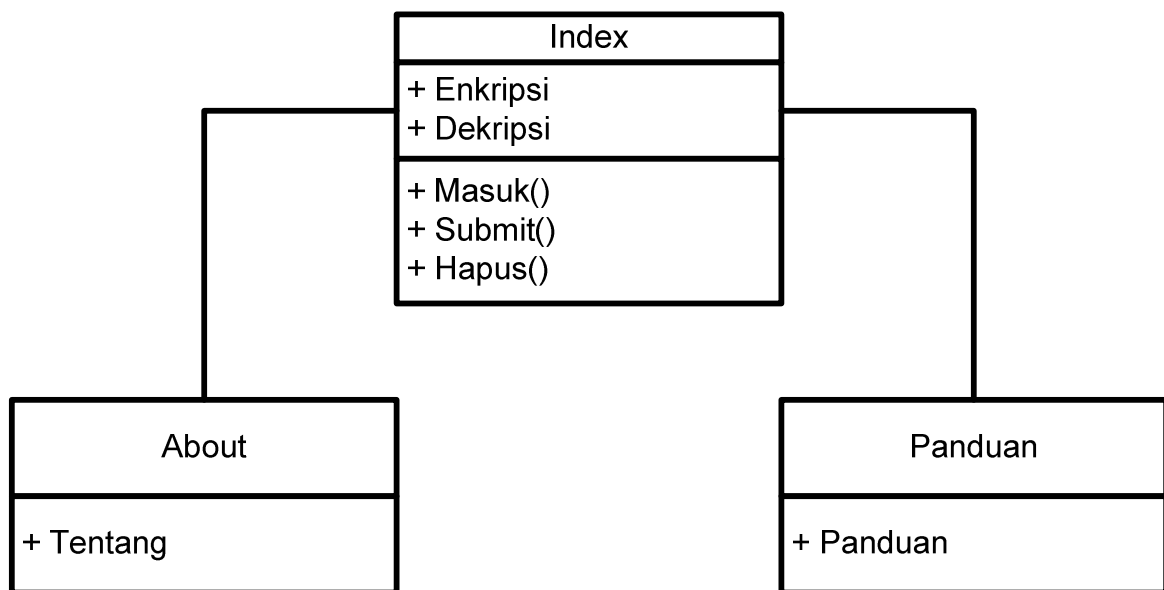
Use Case Diagram ini menjelaskan proses-proses hubungan antara *user* dengan sistem dalam menggunakan aplikasi Walikan.com. *Use Case Diagram* menjelaskan aktivitas yang dapat dilakukan oleh *user*. Jika *user* menjalankan aplikasi tersebut, maka *user* dapat melakukan beberapa aksi yaitu *input* kata. Kata yang sudah di *input*kan dapat dienkripsi dan deskripsi. Hasil dari enkripsi dan deskripsi tampil dalam bentuk karakter dan bentuk Aksara Jawa. Selain itu *user* dapat melihat informasi tentang pembuat aplikasi dan panduan yang berisi Aksara Jawa yang digunakan dalam Basa Walikan beserta penjelasan. *Use Case Diagram* yang lebih jelas dari aplikasi Bahasa Jawa Walikan dapat dilihat pada Gambar 1.

2.2 Class Diagram

Class Diagram menggambarkan struktur dari aplikasi Walikan.com yang akan dibuat, dan digunakan untuk pendefinisian kelas – kelas yang akan dibuat untuk membangun sistem. Pada aplikasi Walikan.com terdapat beberapa kelas yang digunakan dan saling berelasi. Kelas yang terdapat pada aplikasi Walikan.com yaitu kelas *index*, kelas *about*, dan kelas panduan. Kelas *index* merupakan kelas yang digunakan untuk menampilkan halaman ketika aplikasi dijalankan. Kelas *index* juga digunakan untuk enkripsi dan deskripsi. Kelas *about* merupakan kelas yang digunakan untuk menampilkan halaman menu tentang, dan kelas panduan merupakan kelas yang digunakan untuk menampilkan halaman menu panduan yang ada pada aplikasi. *Class Diagram* secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. *Use Case Diagram* Walikan.com



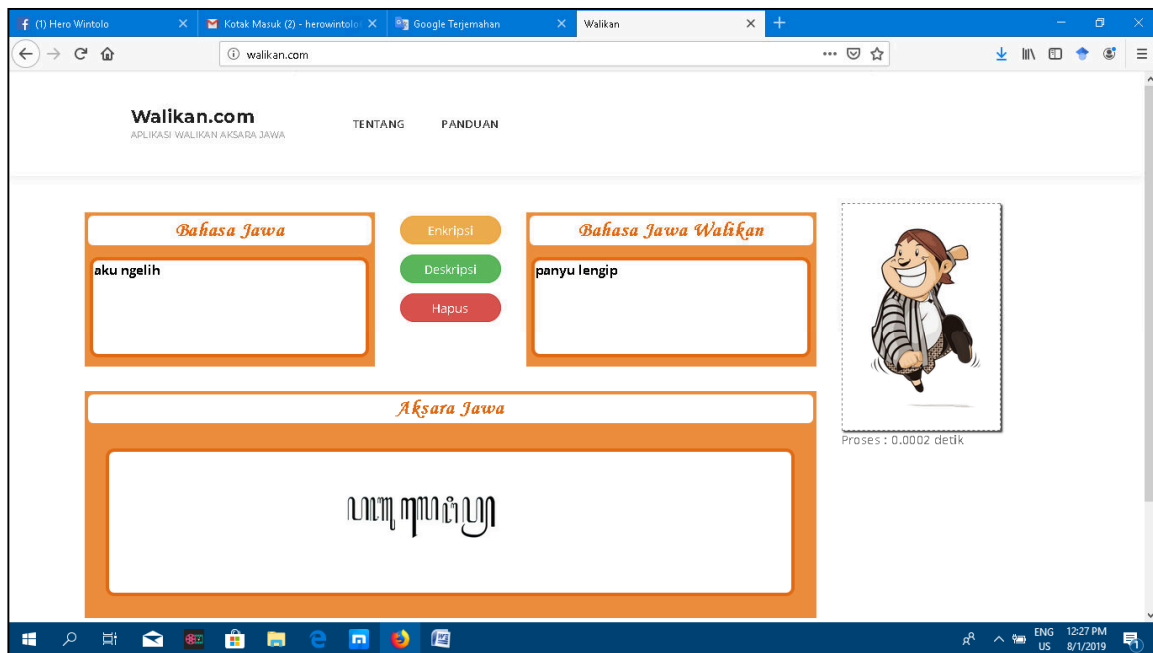
Gambar 2. *Class Diagram* Walikan.com

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Halaman Menu Walikan

Halaman aplikasi Walikan.com yang dapat dilihat pada Gambar 4 merupakan halaman awal yang akan ditampilkan saat *user* menjalankan dan berhasil masuk ke aplikasi. Halaman aplikasi Walikan.com merupakan halaman utama yang sekaligus menjadi halaman menu. Terdapat dua menu tambahan yaitu menu Tentang dan menu Panduan. Menu Walikan.com digunakan untuk melakukan proses enkripsi dan deskripsi dengan metode Basa Walikan. Di dalam menu Walikan.com terdapat tombol enkripsi dan tombol deskripsi yang berfungsi untuk

melakukan proses perubahan kata yang telah dimasukkan pada kolom *input* bahasa Jawa atau kolom *input* Bahasa Jawa Walikan, dan terdapat juga tombol hapus yang berfungsi untuk menghapus *input* kata dan hasil dari proses yang sudah dilakukan. Pada kolom Aksara Jawa berfungsi untuk menampilkan huruf Aksara Jawa dari proses enkripsi atau proses deskripsi, jika dilakukan proses enkripsi maka Aksara Jawa yang ditampilkan dari kolom Bahasa Jawa Walikan. Gambar halaman aplikasi Walikan.com dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan aplikasi Walikan.com yang beralamatkan di <http://walikan.com/>

3.2 Uji fungsi

Pengujian aplikasi Walikan.com dilakukan dengan memasukkan kata atau kalimat dalam Bahasa Jawa. Pengujian untuk memasukan kata dalam Bahasa Jawa yang kemudian dilakukan proses enkripsi menggunakan Bahasa Jawa Walikan terhadap kata tersebut menghasilkan sebuah kata dalam bentuk *chipper text* yang tidak memiliki arti ataupun makna dalam Bahasa Jawa. Kemudian kata tersebut dikenai proses enkripsi dengan hasil kembali seperti kata semula atau *plain text*. Ada 30 kata yang digunakan untuk ujicoba kriptografi menggunakan metode Bahasa Jawa Walikan dengan 4 diantaranya dapat pada Tabel 1.

Pengujian berikutnya dilakukan memasukan kalimat dalam Bahasa Jawa yang hasil proses pengecekan kalimat dapat dilihat pada Tabel 2. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan data terkait dari aplikasi yang dirancang ini mampu melakukan proses enkripsi dan deskripsi pada kalimat yang dituliskan dengan menggunakan Bahasa Jawa.

Tabel 1 Hasil Pengujian Kata

No	Hasil Pengujian			
	Plaintext	Enkripsi	Chipertext	Deskripsi
1	Aku	Panyu	Panyu	Haku
2	Mangan	Daladh	Daladh	Mangan
3	Tumbas	Gudsab	Gudsab	Tumbas
4	Ora	Poya	Poya	Ora
5	Numpak	Dhudhany	Dhudhany	Nunak

Pengujian berikutnya dilakukan memasukan kalimat dalam Bahasa Jawa yang hasil proses pengecekan kalimat dapat dilihat pada Tabel 2. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan data terkait dari aplikasi yang dirancang ini mampu melakukan proses enkripsi dan deskripsi pada kalimat yang dituliskan dengan menggunakan Bahasa Jawa.

Tabel 2 Hasil Pengujian Kalimat

No.	Hasil Pengujian			
	Plaintext	Enkripsi	Chipertext	Deskripsi
1	Aku mangan	Panyu daladh	Panyu daladh	Haku mangan
2	Tuku sego goreng	Gunyu beto toyel	Gunyu beto toyel	Tuku sego goreng
3	Nduweni watak adil lan legowo	Dhmuthedhi thagany paming ngadh ngetatha	Dhmuthedhi thagany paming ngadh ngetatha	Nduweni watak hadil lan legawa

3.3 Uji *White Box*

Pengujian *White Box* dilakukan untuk menguji semua perintah dan kondisi pada aplikasi yang dilakukan secara menyeluruh. Pada pengujian *White Box* menggunakan *flowgraph* untuk menggambarkan alur proses dari jalannya aplikasi Walikan.com. Pada pengujian aplikasi ini dilakukan dengan membuat *flowchart* sistem *user* terlebih dahulu untuk jalannya aplikasi dari awal dijalankan sampai akhir dari aplikasi. *Flowchart* sistem *user* dipakai menggambarkan langkah-langkah dan urutan yang dilakukan oleh *user* saat menjalankan aplikasi. Langkah – langkah yang dapat dijalankan oleh *user* saat menggunakan sistem yaitu dimulai dari *user* menjalankan aplikasi akan tampil menu yaitu menu Walikan.com, pada menu Walikan.com *user* memilih akan melakukan proses enkripsi, proses deksripsi atau hapus. Jika memilih menu Tentang maka *user* akan masuk pada menu Tentang dan melihat isi dari menu Tentang yang berisikan informasi dari pembuat aplikasi. Selanjutnya jika memilih menu Panduan maka akan tampil menu yang ada pada Panduan dan selesai. Hasil pengujian *White Box* selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian *White Box*

No Path	Alur Path	Hari-1	Hari-2	Hari-3
1	Mulai – Percabangan – Menu Walikan – <i>Input</i> – Percabangan – Enkripsi – Hasil Enkripsi – Hasil Aksara Jawa – Selesai.	Berhasil	Berhasil	Berhasil
2	Mulai – Percabangan – Menu Walikan – <i>Input</i> – Percabangan – Deskripsi – Hasil Deskripsi – Hasil Aksara Jawa – Selesai.	Berhasil	Berhasil	Berhasil
3	Mulai – Percabangan – Menu Walikan – <i>Input</i> – Percabangan – Hapus – Hasil – Selesai.	Berhasil	Berhasil	Berhasil
4	Mulai – Percabangan – Percabangan – Tentang – Selesai.	Berhasil	Berhasil	Berhasil
5	Mulai – Percabangan – Percabangan – Percabangan – Panduan – Selesai.	Berhasil	Berhasil	Berhasil
6	Mulai – Percabangan – Selesai.	Berhasil	Berhasil	Berhasil

3.4 Uji *Black Box*

Pengujian *Black Box* dilakukan untuk pengecekan fungsi – fungsi yang tersedia pada halaman menu aplikasi dapat digunakan semua atau tidak serta proses – proses yang ada disetiap halaman menu sesuai atau tidak. Hasil dari pengujian *Black Box* dapat dilihat pada tabel 4 hingga tabel 6 dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Pengujian Halaman Utama Walikan.com

Kelas Uji	Skenario Uji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Yang Didapatkan
Halaman Walikan.com	Tampilan Halaman Menu Walikan.com	Menampilkan Tampilan Halaman Menu Walikan.co	Windows 10 : [✓] Berhasil [] Tidak Berhasil Android Versi 8.0.0 : [✓] Berhasil [] Tidak Berhasil

Pada Tabel 4 menunjukkan pengujian pada kelas uji halaman menu Walikan.com dengan skenario halaman menu Walikan.com. Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat laptop dengan sistem operasi Windows 10 dan *smartphone* dengan sistem operasi Android Versi 8.0.0, hasil dari pengujian tersebut yaitu berhasil.

Tabel 5. Hasil Pengujian Halaman Menu Tentang

Kelas Uji	Skenario Uji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Yang Didapatkan
Halaman Tentang	Tampilan Halaman Menu Tentang	Menampilkan Tampilan Halaman Menu Tentang	Windows 10 : [✓] Berhasil [] Tidak Berhasil Android Versi 8.0.0 : [✓] Berhasil [] Tidak Berhasil

Pada Tabel 5 menunjukkan pengujian kelas uji halaman menu Tentang dengan skenario halaman Tentang. Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat laptop dengan sistem Operasi Windows 10 dan *smartphone* dengan sistem operasi Android Versi 8.0.0, hasil dari pengujian tersebut yaitu berhasil. Pada Tabel 6 menunjukkan pengujian kelas uji halaman menu panduan dengan skenario halaman panduan. Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat laptop dengan sistem Operasi Windows 10 dan *smartphone* dengan sistem operasi Android Versi 8.0.0, hasil dari pengujian tersebut yaitu berhasil.

Tabel 6. Hasil Pengujian Halaman Menu Panduan

Kelas Uji	Skenario Uji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Yang Didapatkan
Halaman Panduan	Tampilan Halaman Menu Panduan	Menampilkan Tampilan Halaman Menu Panduan	Windows 10 : [✓] Berhasil [] Tidak Berhasil Android Versi 8.0.0 : [✓] Berhasil [] Tidak Berhasil

3.5 Pembahasan

Tahapan proses perubahan kata atau kalimat yang dilakukan pada aplikasi Walikan.com adalah dengan melakukan pemotongan kata atau kalimat yang berawal dari 3 huruf pertama dan dicocokkan pada huruf Aksara Jawa. Selanjutnya dipotong 2 huruf dan dipotong 1 huruf dicocokkan pada huruf Aksara Jawa, kemudian dibalik dan selanjutnya ditampilkan dengan hasil perubahan dan ditampilkan hasil perubahan kata dengan huruf Aksara Jawa

Pada pengujian yang pertama yaitu uji fungsi dari aplikasi, dilakukan dengan uji kata dan uji kalimat. Pada uji kata, saat kata dimasukkan akan menghasilkan kata sesuai dengan proses perintah yang dipilih dan dilihat pada Tabel 1. Hasil pengujian proses deskripsi pada huruf a, i, u, e, o akan diawali huruf “h”, pembacaan karakter jawa untuk huruf “h” dihilangkan. Contoh pengujian untuk kata “aku” proses enkripsi menjadi “panyu” dimana saat dilakukan proses deskripsi menjadi “haku”.

Ada beberapa kata yang tidak sesuai antara enkripsi dan deskripsinya, salah satu kata yang gagal yaitu kata “numpak” dimana kata tersebut apabila dienkripsi akan berubah menjadi “dhudhany” dan apabila kata “dhudhany” tersebut dilakukan proses deskripsi maka akan berubah menjadi “nunak” ini terjadi karena pada kata “numpak” apabila dienkripsi terbaca oleh sistem huruf “dhu, d, ha, ny” sedangkan pada pola sistem deskripsi kata “dhudhany” terbaca huruf “dhu, dha, ny” yang apabila di proses menjadi kata “nunak”, maka dapat disimpulkan bahwa *input* dengan memasukkan kata dapat diproses oleh aplikasi dan berjalan dengan baik namun ada beberapa kata yang tidak sesuai antara kata hasil dari proses enkripsi apabila hasil tersebut dilakukan proses deskripsi.

Pengujian selanjutnya dengan memasukkan kalimat yang terdiri dari lebih dari satu kata dalam Bahasa Jawa. Pada pengujian kalimat saat dimasukkan lebih dari satu kata maka akan menghasilkan yang sesuai dengan proses yang dipilih, ini tampak terlihat pada Tabel 2 sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa *input* lebih dari satu kata dapat menghasilkan *output* juga lebih dari satu kata yang sesuai dengan proses yang dipilih dan dapat berjalan dengan baik tanpa kendala.

Pada pengujian kedua yaitu pengujian *White Box* dimana pengujian ini dilakukan dengan menggambarkan *flowgraph* terlebih dahulu dimana *flowgraph* dibentuk dari perubahan pada

penggambaran *flowchart*. Pengujian yang dilakukan dengan menguji *path* yang didapat dari hasil perhitungan *cyclomatic complexity*, pada perhitungan tersebut terdapat enam *path* dan setiap *path* yang didapatkan diuji selama tiga hari dengan berhasil tidak memiliki kendala, hasil dari pengujian *white box* ini dapat dilihat sesuai dengan urutan *path* yaitu *path* 1, *path* 2, *path* 3, *path* 4, *path* 5 dan *path* 6 pada Tabel 3. Dari semua hasil yang didapat dapat disimpulkan jika aplikasi Bahasa Walikan dapat berjalan dengan baik dan tanpa kendala.

Pada pengujian ketiga yaitu pengujian *Black Box* dimana pengujian ini dilakukan dengan menjalankan aplikasi pada dua perangkat yaitu laptop dengan sistem operasi Windows 10 dan *smartphone* Android versi 8.0.0 yang bisa dilihat hasilnya sesuai dengan halaman menu yang pilih yaitu halaman menu walikan pada Tabel 4, halaman menu tentang pada Tabel 5, halaman menu panduan pada Tabel 6 dari hasil yang terdapat pada tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa aplikasi kriptografi Bahasa Walikan dapat dijalankan pada perangkat laptop dan perangkat *smartphone*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan terhadap aplikasi Walikan.com dengan Metode Basa Walikan dapat disimpulkan:

1. Dari uji fungsi didapatkan hasil yaitu aplikasi dapat berjalan dan melakukan proses enkripsi dan proses deskripsi sesuai dengan rancangan aplikasi yang dibuat, khusus untuk dua buah konsonan m dan p yang berdekatan proses enkripsi dan proses deskripsi dilakukan secara terpisah atau per karakter.
2. Berdasarkan pengujian dengan *White-Box* dan *Black-Box* dari semua hasil yang didapatkan dapat disimpulkan jika aplikasi Walikan dapat dijalankan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.

Daftar Pustaka

- [1] Wijaya, R. E., & Mangoting, Y. (2014). Boso Walikan Malangan Dalam Perspektif Earning Management: Suatu Kreativitas Bahasa Akuntansi. Seri Akuntansi Multiparadigma Indonesia, 1(1), 47-56.
- [2] Prayogi, I. (2013). Proses Pembentukan Slang Malang. SASINDO, 1(1 Januari).
- [3] Hermawan, N. F. (2014). Basa Walikan "Slang Jawa". El-Wasathiya: Jurnal Studi Agama, 2(2), 224-245.
- [4] Qurniawan, W., Wintolo, H., & Nugraheny, D. (2012). Penerapan Sistem Keamanan Dengan Kriptografi Advanced Encryption Standard (AES) Dan Key Administrator Pada Sinkronisasi File. Compiler, 1(2).
- [5] Riyadi, W. (2017). Kriptografi Symmetric-Key Cryptosystem Dengan Metode AES (Advanced Encryption Standard) 256bit. Jurnal Processor, 11(1), 709-719.
- [6] Purnama, B. (2017). Pengamanan Pesan Rahasia Melalui Kriptografi Vigenere Cipher Dengan Kunci Berlapis. Jurnal Processor, 9(3), 264-269.
- [7] Widodo, A. P., Sarwoko, E. A., Suharto, E., & Siahaan, J. F. O. (2016). Pengamanan Data Foto Pada Perangkat Os Android Menggunakan Teknik Kriptografi Hill Cipher. JISKA (Jurnal Informatika Sunan Kalijaga), 1(2).

- [8] Muttaqin, M., Sajati, H., & Retnowati, N. (2014). Penerapan Sistem Keamanan Menggunakan Cryptography Pada Aplikasi Chatting Dengan Memodifikasi Algoritma Rivest Shamir Adleman (RSA). *Compiler*, 3(1).
- [9] Wintolo, H., Retnowati, N. D., & Fendriyanto, P. (2013, December). Penerapan Alogritma Lipat Pada Steganografi Yang Memanfaatkan Rms (Record Management System) Di J2ME. In *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta* (Vol. 1, pp. 76-84).
- [10] Wintolo, H., Pujiastuti, A., & Imam, M. (2018, November). Use of Lipat Algorithm on Android to Secure Data Communication in Social Media. In *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta* (Vol. 4, pp. 375-384).

Hero Wintolo, Asih Pujiastuti, Ellyana Mega Dewantri Astuti

MONITORING INTERFACES FASTETHERNET ON CISCO CATALYST 3750 TO ENSURE USE OF THE SECURITY COMPUTER NETWORK IN STTA COMPUTING LABORATORIES

Sudaryanto¹, Dwi Nurhayati²

Program Studi Informatika

Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto

Jl. Janti, Blok R, Lanud Adisutjipto Yogyakarta

Email : ¹sudaryanto@stta.ac.id, ²nrhyt78@gmail.com

Abstract

Cisco is a company that concentrates on hardware and software related to computer networks. One of the hardware produced by Cisco is a switch device that can be used for management of a computer network. Many types of switches that have been produced by Cisco, one of which is the Cisco Catalyst 3750. In the configuration and monitoring of the Cisco Catalyst 3750 user / administrator must do management with command line based configuration. This is because Cisco has not facilitated its users with user interface based configurations. So the user is required to know the code syntax to execute a command on the switch. In this study, researchers will discuss how to create a user interface for monitoring web-based Fastethernet Interfaces on the Cisco Catalist 3750 and use notifications E-mail by utilizing an API to determine the up or down status of a network device. The results of the test show that the application can be monitored by the administrator remotely in real time, the user interface can run well on the personal computer browser and smartphone responsively.

Keywords: Port security, monitoring, interfaces ethernet, Cisco Catalyst 3750, API.

1. Pendahuluan

Penelitian penelitian sebelumnya banyak membahas tentang manajemen keamanan jaringan baik menggunakan port-port yang tersedia pada switch yaitu : *default / static port security, port security dynamic learning, sticky port security* [1], dan juga monitoring jaringan dengan menggunakan menggunakan SNMP [2][3], mikrotik [4], sms [5] dan menggunakan web [6] dimana monitoring jaringan menggunakan piranti mikrotik dengan api-mikrotik, belum ada penelitian yang manage dan memonitoring jaringan dengan menggunakan piranti cisco yang melibatkan *api-cisco*. [7][8] Dalam penelitiannya membahas tentang switch multilayer dan implementasi *port security* pada sistem keamanan jaringan untuk mengurangi pengguna yang memanfaatkan jaringan Laboratorium Komputasi untuk penggunaan *bandwidth* di luar perangkat komputer yang telah diijinkan atau didaftarkan, tetapi konfigurasinya masih secara manual yaitu menggunakan *command line*. Pada penelitian ini peneliti akan membahas tentang bagaimana membuat *user interface* untuk manajemen *Port Security* pada *Cisco Catalyst 3750* berbasis *web* sehingga konfigurasi dalam manajemen *Port Security* Cisco dapat beralih dari konfigurasi *command line* menjadi konfigurasi berbasis *User Interface* dan manajemen Catalyst 3750 dapat dilakukan dari mana saja dan kapanpun.

Selain melakukan manajemen peneliti juga akan melakukan *monitoring* yang merupakan sebuah kegiatan yang bertujuan untuk memantau tentang perubahan status yang ada di suatu perangkat jaringan, sehingga penelitian ini mempunyai tujuan untuk *monitoring* perangkat Cisco Catalyst 3750 secara *real time* dari tempat yang berbeda tanpa harus bersentuhan langsung dengan perangkatnya dengan menggunakan *web* dan *notifikasi E-mail*

sebagai monitoringnya. Banyak hal dalam jaringan yang bisa dimonitoring, salah satu diantaranya adalah status *up* atau *down* dari sebuah perangkat jaringan.

Adanya sistem manajemen berbasis *user interface (web)* dan monitoring dapat mempermudah administrator jaringan dalam memantau sistem jaringan yang berada di lapangan dari tempat yang berbeda tanpa harus mengecek secara berkala dan bersentuhan langsung dengan perangkat tersebut.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Switch

Switch merupakan perangkat keras penghubung di dalam jaringan komputer yang lebih banyak digunakan saat ini dibandingkan *hub* [9]. Hal ini disebabkan karena dengan fungsi yang serupa dengan *hub*, *Switch* memiliki dua buah kelebihan utama dibandingkan *hub*. Kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh *switch* yaitu:

- a. *Switch* memiliki kemampuan untuk membaca alamat fisik (*MAC Address*) dari setiap komputer yang terhubung ke dalam *switch* bersangkutan. *Switch* menyimpan alamat fisik (*MAC Address*) dari setiap komputer yang terhubung ke dalam *switch* tersebut beserta dengan nomor *port switch* yang digunakan oleh komputer bersangkutan.
- b. *Switch* memiliki kemampuan untuk melakukan filter terhadap paket data yang keluar masuk *switch*. Hal ini akan memberikan keamanan paket data (terkait dengan pengendalian paket data di dalam jaringan komputer).

Switch bekerja di dua buah layer pada jaringan komputer, yaitu *Data Link Layer* dan *Physical Layer*. Pada *Data Link Layer*, terjadi proses pengecekan terhadap alamat fisik jaringan (*MAC Address*) untuk otentikasi alamat fisik komputer yang terhubung ke *switch*, untuk kemudian disesuaikan dengan alamat jaringan pada *Network Layer* (*IP Address*). Pada *Physical Layer* terjadi proses pengolahan sinyal digital.

2.2 Port Security

Port Security membatasi jumlah *MAC address* yang diizinkan terhubung dengan tiap *port* dan juga dapat membatasi *MAC address* mana saja yang diizinkan [10][11].

2.3 Perangkat yang Dipergunakan

Dalam pembuatan sistem *management interfaces ethernet* diperlukan *hardware* dan *software* yang digunakan sebagai proses penunjang dalam pembuatan sistem *management interfaces ethernet*.

- a. *Hardware* (perangkat keras) merupakan komponen perangkat yang dapat dilihat secara kasat mata dan dapat disentuh secara fisik. Adapun spesifikasi *hardware* yang digunakan dalam pembuatan sistem ini, sebagai berikut:

- 1) Cisco Catalyst 3750
- 2) Laptop (HP Probook 4321S)

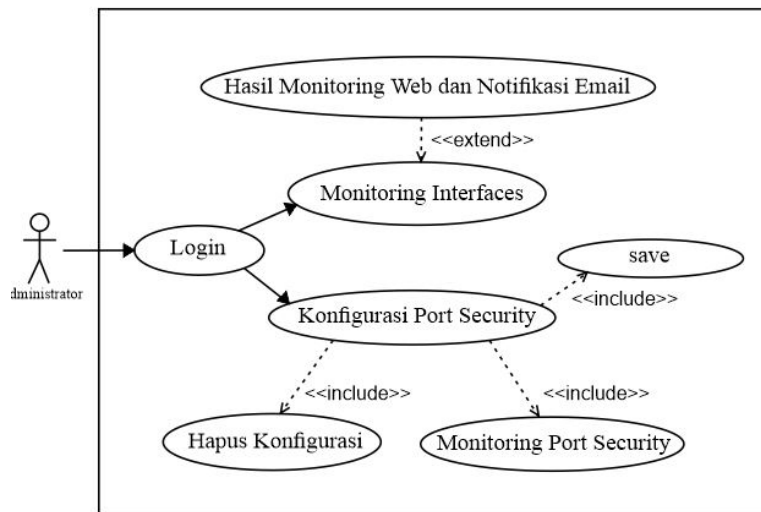
- b. *Software* (perangkat lunak) merupakan komponen yang tidak terlihat secara fisik, tetapi terdapat dalam sebuah komputer.

- 1) Sistem Operasi Windows 10 Pro
- 2) Bahasa Pemrograman PHP dan HTML

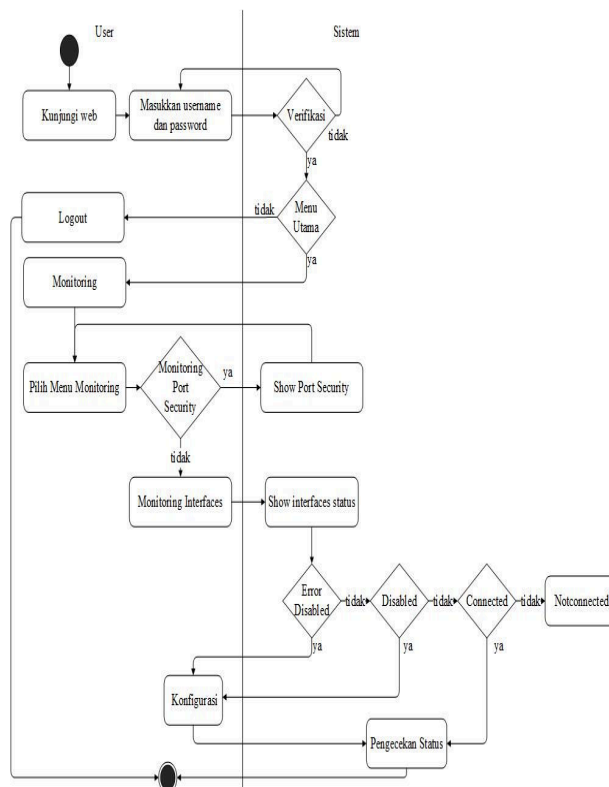
2.4 Metode Penelitian

Pada Gambar 1 dan 2 dijelaskan bahwa administrator bisa melakukan *monitoring* untuk mengetahui status *up* atau *down* dari sebuah perangkat jaringan melalui web dan notifikasi

email selain itu administrator juga bisa melakukan konfigurasi untuk melakukan perubahan status pada perangkat jaringan dari status *up* ke *down* ataupun sebaliknya.



Gambar 1. Use Case Diagram Sistem Management Interfaces Ethernet



Gambar 2. Activity Diagram Monitoring pada Sistem Management Interfaces Ethernet

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian *interface fastethernet* dengan *Port Security*

Pengujian dilakukan dengan cara tes ping pada setiap komputer untuk mengetahui balasan dari setiap kondisi. Pengujian dilakukan di laboratorium Komputasi Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto seperti yang terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Laboratorium Komputasi STTA



Gambar 4. Switch Cisco Catalyst 3750

Pada pengujian ini, kondisi semua personal komputer belum terkonfigurasi *port security* dan diulang dengan kondisi semua personal komputer terkonfigurasi *port security*. Oleh karena itu, jika personal komputer melakukan *request* atau ping pada semua personal komputer dengan *network* yang sama maka akan mendapat balasan *reply*. Proses pengujian (ping) yang terlihat pada Gambar 5 dari personal komputer dengan IP address 10.10.10.1 dan diulang untuk 14 personal komputer yang IP address dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ping antar Komputer Tanpa dan Dengan Konfigurasi *Port Security*

```
C:\>ping 10.10.10.1
Pinging 10.10.10.1 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.1: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 10.10.10.1: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 10.10.10.1: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 10.10.10.1: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 10.10.10.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 2ms, Average = 0ms

C:\>ping 10.10.10.2
Pinging 10.10.10.2 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 10.10.10.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms

C:\>ping 10.10.10.3
Pinging 10.10.10.3 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.3: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 10.10.10.3: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 10.10.10.3: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 10.10.10.3: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 10.10.10.3:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 2ms, Average = 0ms

C:\>ping 10.10.10.4
Pinging 10.10.10.4 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.4: bytes=32 time=1ms TTL=128
```

Gambar 5. Tes Ping antar komputer

No	IP Tujuan	Interface	Hasil
1.	10.10.10.1	FastEthernet 5/0/1	✓
2.	10.10.10.2	FastEthernet 5/0/2	✓
3.	10.10.10.3	FastEthernet 5/0/3	✓
4.	10.10.10.4	FastEthernet 5/0/4	✓
5.	10.10.10.5	FastEthernet 5/0/5	✓
6.	10.10.10.6	FastEthernet 5/0/6	✓
7.	10.10.10.7	FastEthernet 5/0/7	✓
8.	10.10.10.8	FastEthernet 5/0/8	✓
9.	10.10.10.9	FastEthernet 5/0/9	✓
10.	10.10.10.10	FastEthernet 5/0/10	✓
11.	10.10.10.11	FastEthernet 5/0/11	✓
12.	10.10.10.12	FastEthernet 5/0/12	✓
13.	10.10.10.13	FastEthernet 5/0/13	✓
14.	10.10.10.14	FastEthernet 5/0/14	✓

3.2 Pengujian hubungan antara komputer setelah ditukar interfacenya

Pada pengujian ini, komputer yang seharusnya berada di *interface* FastEthernet 5/0/1 dipindah ke *interface* FastEthernet 5/0/20 dan begitu juga dengan *interface* yang lain. Oleh karena itu, jika personal komputer melakukan *request* atau ping pada semua personal komputer dengan *network* yang sama maka akan mendapat balasan *destination host unreachable* sekaligus *interface*-nya akan otomatis mati (*shutdown*). Hal ini dikarenakan MAC address yang baru masuk dibandingkan dengan MAC address yang

ada di *switching table* pada *interface* tersebut, jika *MAC address*-nya berbeda maka *action*-nya akan dijalankan. Proses pengujian (ping) yang terlihat pada Gambar 6 dari personal komputer(*server*) dengan *IP address* 10.10.10.63 dan diulang untuk 14 personal komputer yang *IP address* dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tes Ping antar Komputer setelah Ditukar *Interface*-nya

```
C:\>ping 10.10.10.1
Pinging 10.10.10.1 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.63: Destination host unreachable.
Reply from 10.10.10.63: Destination host unreachable.
Reply from 10.10.10.63: Destination host unreachable.
Reply from 10.10.10.63: Destination host unreachable.

Ping statistics for 10.10.10.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),

C:\>ping 10.10.10.2
Pinging 10.10.10.2 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.63: Destination host unreachable.
Reply from 10.10.10.63: Destination host unreachable.
Reply from 10.10.10.63: Destination host unreachable.
Reply from 10.10.10.63: Destination host unreachable.

Ping statistics for 10.10.10.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),

C:\>ping 10.10.10.3
Pinging 10.10.10.3 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.63: Destination host unreachable.
Reply from 10.10.10.63: Destination host unreachable.
Reply from 10.10.10.63: Destination host unreachable.
Reply from 10.10.10.63: Destination host unreachable.

Ping statistics for 10.10.10.3:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),

C:\>ping 10.10.10.4
Pinging 10.10.10.4 with 32 bytes of data:
Reply from 10.10.10.63: Destination host unreachable.
Reply from 10.10.10.63: Destination host unreachable.
Reply from 10.10.10.63: Destination host unreachable.
Reply from 10.10.10.63: Destination host unreachable.

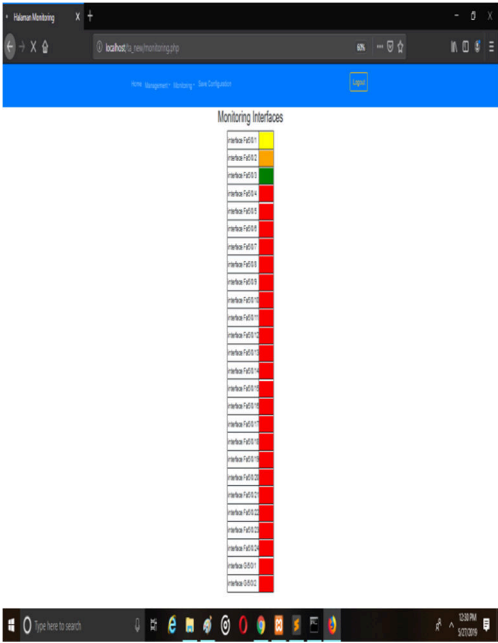
Ping statistics for 10.10.10.4:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
```

Gambar 6. Tes Ping antar komputer

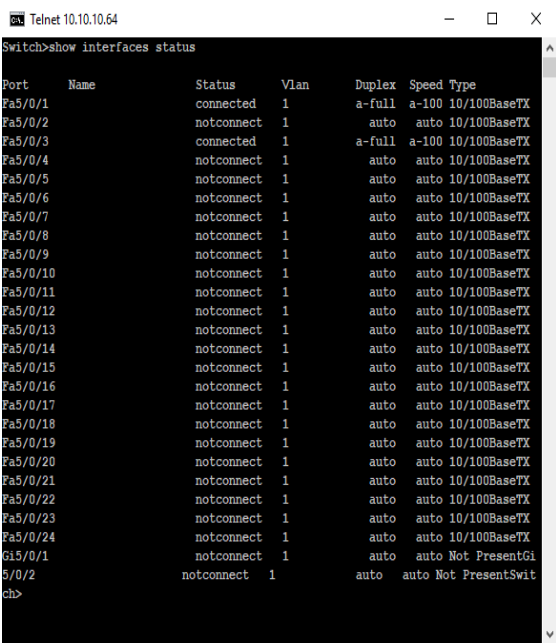
No	IP Tujuan	Interface	Hasil
1.	10.10.10.1	FastEthernet 5/0/20	x
2.	10.10.10.2	FastEthernet 5/0/19	x
3.	10.10.10.3	FastEthernet 5/0/18	x
4.	10.10.10.4	FastEthernet 5/0/17	x
5.	10.10.10.5	FastEthernet 5/0/16	x
6.	10.10.10.6	FastEthernet 5/0/15	x
7.	10.10.10.7	FastEthernet 5/0/14	x
8.	10.10.10.8	FastEthernet 5/0/13	x
9.	10.10.10.9	FastEthernet 5/0/12	x
10.	10.10.10.10	FastEthernet 5/0/11	x
11.	10.10.10.11	FastEthernet 5/0/10	x
12.	10.10.10.12	FastEthernet 5/0/9	x
13.	10.10.10.13	FastEthernet 5/0/8	x
14.	10.10.10.14	FastEthernet 5/0/7	x

3.3 Tampilan *Monitoring Interfaces* di Sistem *Management Interface Ethernet* dan di *Command Line*

Tampilan *monitoring interfaces* digunakan untuk melihat status dari setiap *interface*. Status yang dimaksud dalam sistem ini adalah *connected*, *notconnected*, *disabled*, *error disabled*. Tampilan *monitoring interfaces* yang ada di sistem *management interfaces ethernet* seperti yang terlihat pada Gambar 7 menunjukkan bahwa status *connected* (warna hijau), *notconnected* (warna merah), *disabled* (warna orange), dan *error disabled* (warna kuning). Sedangkan tampilan yang terlihat pada Gambar 8 merupakan tampilan *monitoring interfaces* yang ada di *command line*, jika ingin melihat status dari *interfaces* maka harus mengetikkan perintahnya terlebih dahulu.



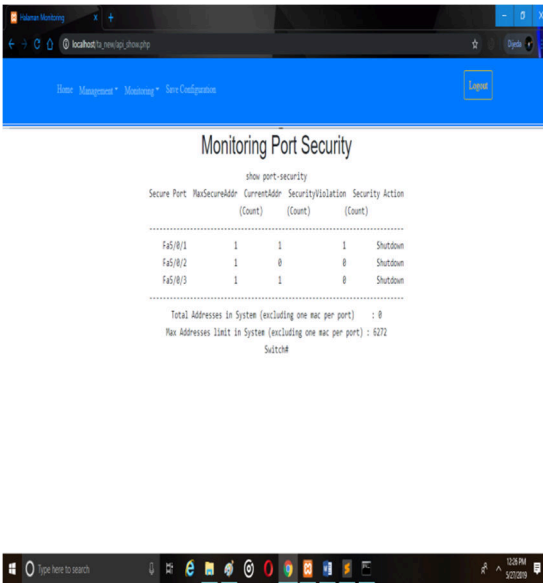
Gambar 7. Tampilan *Monitoring Interfaces* di Sistem *Management Interface Ethernet*



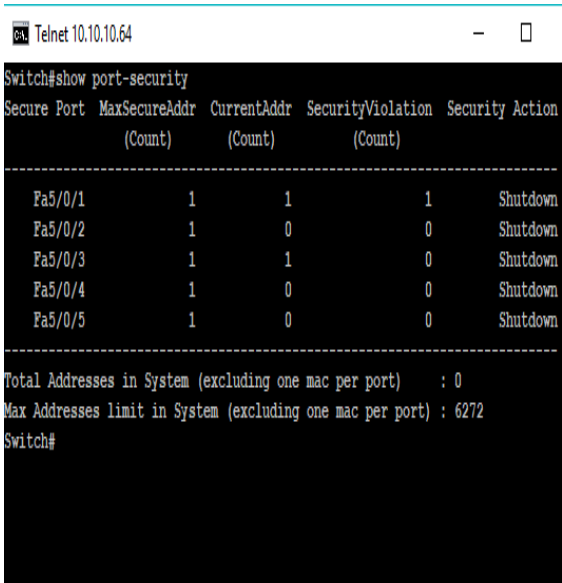
Gambar 8. Tampilan *Monitoring Interfaces* di *Command Line*

3.4 Tampilan *Monitoring Port Security* di Sistem *Management Interface Ethernet* dan di *Command Line*

Tampilan *monitoring port security* digunakan untuk melihat status dari *interfaces* mana saja yang sudah ada konfigurasi *port security*-nya. Tampilan yang terlihat pada Gambar 9 merupakan tampilan *monitoring port security* di sistem *management interface ethernet*. Sedangkan pada Gambar 10 merupakan tampilan *monitoring port security* di *Command Line*.



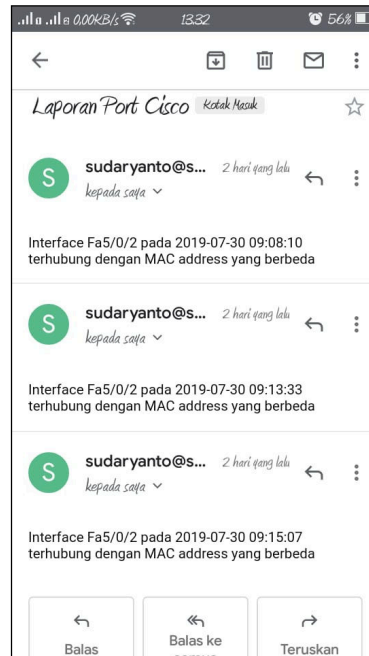
Gambar 9. Tampilan *Monitoring Port Security* di Sistem *Management Interface Ethernet*



Gambar 10. Tampilan *Monitoring Port Security* di *Command Line*

3.5. Tampilan *Notification* pada E-mail

Notifikasi digunakan untuk memudahkan administrator dalam mengetahui perubahan yang terdapat di dalam perangkat Cisco Catalyst 3750, tampilan *notification* di Email dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Tampilan *Notification* pada Email

Dengan menggunakan *monitoring* berbasis *notifikasi E-mail* administrator tidak perlu selalu mengecek secara berkala untuk mengetahui terjadi perubahan aktifitas (status *up* dan *down*) ataupun penggunaan *port* yang tidak diijinkan pada sebuah perangkat jaringan (terhubungnya perangkat komputer dengan perangkat Cisco Catalyst 3750 dimana *MAC Address* yang ada di perangkat komputer tidak dikenali oleh perangkat Cisco Catalyst 3750) karena apabila terdapat perubahan tersebut maka sistem akan langsung mengirim *notifikasi* ke E-mail administrator yang sudah diatur dalam program. Selain itu administrator juga tidak perlu datang ke peralatan jaringan untuk memastikan bahwa kondisi peralatan sudah berjalan dengan baik atau tidak karena sudah bisa dilakukan dari jarak jauh secara *real time* baik konfigurasi *port* maupun *monitoring port interface Fastethernet*.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dengan judul “*Monitoring Interfaces Fastethernet On Cisco Catalyst 3750 To Ensure Use Of The Security Computer Network In Stta Computing*” maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan uji coba program yang telah dilakukan, didapatkan untuk melakukan konfigurasi dan monitoring administrator tidak perlu bersentuhan langsung dengan perangkat jaringan.
- Berdasarkan uji coba program yang telah dilakukan, didapatkan bahwa jika terjadi perubahan data di *table mac address* pada *switch port interface Fastethernet* maka port akan *shutdown*.

- c. Berdasarkan uji coba yang telah dilakukan, jika ada perubahan data di *table mac address* pada *switch* yang menyebabkan status *port Up* ataupun *Down*, sistem akan mengirimkan informasi perubahan ke *E-mail* yang sudah ditentukan.

Daftar Pustaka

- [1] Sulaiman, K. (2016). Analisis Sistem Keamanan Jaringan Dengan Menggunakan *Switch Port Security*. *CESS (Journal Of Computer Engineering, System And Science)* (Vol. 1, ISSN :2502-7131)
- [2] Pradikta, R., Affandi, A., & Setijadi, E. (2013). Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Jaringan Dengan Menggunakan *Simple Network Management Protocol*. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 154-159.
- [3] Taftazanie, S., Prasetyo, A. B., & Widiyanto, E. D. (2017). Aplikasi Pemantau Perangkat Jaringan Berbasis *Web* Menggunakan Protokol Snmp Dan Notifikasi SMS. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 5(2), 62-68.
- [4] Rinaldo, R. (2016). Implementasi Sistem Monitoring Jaringan Menggunakan Mikrotik Router Os Di Universitas Islam Batik Surakarta. *Jurnal Emitor*, 16(2), 5-12.
- [5] Gobel. M. A. A., Sumarsono. S., & Indrianingsih. Y. (2012). *Notification Of Security Threats On The Internet Proxy Server Is A Server-Based Short Message Service (SMS)*. In *Compiler STT Adisutjipto Yogyakarta*, 1(1), 77-90.
- [6] Herliana, A., Rasyid, P.M. (2016). Sistem Informasi Monitoring Pengembangan *Software* Pada Tahap Development Berbasis *Web*. *Jurnal Informatika*, 3(1), 41-50.
- [7] Sudaryanto, S. (2018). *Implementation Port Security For Security System Network At The Computing Laboratory Of Adisutjipto Technology College*. In *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta*, 4, 257-265.
- [8] Sudaryanto, S. (2018). *The Effect Of Multi Layer Switch For Data Transfer Speeds On Computer Network*. In *Compiler STT Adisutjipto Yogyakarta*, 7(2), 85-90.
- [9] Pratama, I. P. A. E. (2014). *Handbook Jaringan Komputer Teori dan Praktik Berbasis Open Source*. Informatika. Bandung.
- [10] Sofana, I. (2015). *Membangun Jaringan Komputer Mudah Membuat Jaringan Komputer (Wire & Wireless) untuk Pengguna Windows dan Linux*. Cetakan Pertama. Informatika. Bandung
- [11] Sofana, I. (2012). *CISCO CCNP dan Jaringan Komputer (Materi Router, Switch, & Troubleshooting)*. Informatika. Bandung.
- [12] Sulaiman, O. K. (2016). Analisis Sistem Keamanan Jaringan Dengan Menggunakan *Switch Port Security*. *CESS (Journal Of Computer Engineering, System And Science)*, 1(1), 9-14.

OPTIMIZE PRODUCTION BASED ON GOODS USING SUPPLY CHAIN MANAGERMENTS

Murti Retnowo¹⁾, Anita Fira Waluyo²⁾

Universitas Teknologi Yogyakarta

Jalan Siliwangi, Jl. Ringroad Utara Jl. Jombor Lor, Mlati Krajan, Sendangadi, Kec. Mlati,
Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55285

Abstract

Competitive competition and the arrival of global markets are challenges, these challenges are related to getting products and services that are on time and at a low cost. Organizations or companies begin to realize this and to deal with it is not enough just to increase efficiency in organizations or companies, but the entire supply chain must be competitive. Increasing competition between companies in both local and international markets makes managers determined to focus on how to gain competitive advantage in order to stay in business. At present the achievement of fulfilling customers and getting their trust becomes more and more difficult. This can be obtained through the improvement of products and services, to fulfill both of them, one of which is the application of Supply Chain Management (SCM) and Outsourcing, SCM and Outsourcing methods have been recognized as ways to gain competitive advantage.

Keywords : *Supply Chain Management (SCM), Optimized Production, Stock of goods, Inventory Control*

1. Pendahuluan

Kompetisi yang kompetitif dan datangnya pasar global menjadi tantangan tersendiri, tantangan tersebut berkaitan dengan mendapatkan produk dan layanan yang tepat waktu serta biaya yang rendah. Organisasi atau perusahaan mulai menyadari akan hal tersebut dan untuk menghadapinya tidak cukup hanya dengan meningkatkan efisiensi dalam organisasi atau perusahaan tetapi seluruh rantai pasokan harus dibuat kompetitif.

Meningkatnya persaingan antar perusahaan baik di pasar lokal maupun internasional membuat manajer bertekad untuk fokus pada bagaimana cara memperoleh keunggulan kompetitif agar tetap dalam bisnis. Saat ini pencapaian pemenuhan pelanggan dan mendapatkan kepercayaan mereka menjadi hal lebih dan lebih sulit. Hal tersebut dapat diperoleh melalui perbaikan produk dan layanan, untuk memenuhi kedua hal tersebut salah satunya dengan penerapan *Supply Chain Manajemen* (SCM) dan *Outsourcing*, metode SCM dan *Outsourcing* telah diakui sebagai cara untuk mendapatkan keuntungan kompetitif. [2]

Meningkatkan kinerja organisasi dapat diwujudkan antara metode tradisional untuk meningkatkan daya saing, juga dengan kegiatan *outsourcing* dari global rantai kegiatan yang dilakukan. Tujuan dari *outsourcing* adalah untuk membuat perusahaan lebih fleksibel dan mudah beradaptasi dengan lingkungan baru kondisi, dengan berfokus pada kegiatan inti, mempercayakan bagian dari tugas, kegiatan atau fungsi untuk perusahaan lain. [3]

Ketidak ketersediaan bahan baku sering menjadi masalah tersendiri dalam sebuah proses produksi, untuk melakukan proses permintaan barang memerlukan waktu yang lama karena memerlukan pencatatan terhadap persediaan data barang yang ada. Pencatatan persediaan barang menjadi lama hal tersebut masih dilakukan secara manual, dengan cara pengguna harus memilah-milah persediaan barang yang berada pada posisi dibawah *save stock* atau mendekati. *save stock*. Pemasok adalah sumber yang menyediakan bahan pertama di mana rantai distribusi barang akan dimulai. Saat ini, metode pengambilan keputusan

tentang pasokan bahan baku bambu untuk UKM Karya Manunggal adalah dengan cara konvensional (intuisi), sehingga seringkali tidak tepat dalam memilih pemasok. Seiring dengan semakin ketatnya tingkat persaingan di bidang furnitur bambu, Karya Manunggal perlu meninjau strategi dalam kompetisi dan untuk mengevaluasi kemampuan pemasok yang merupakan penyedia bahan baku utama [5]. Data pengadaan dan inventaris adalah salah satu hal yang perlu diperhatikan khususnya divisi logistik di perusahaan. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem menggunakan metode tertentu yang dapat mendukung manajemen data pengadaan barang dan juga dapat membantu para manajer mengambil keputusan pengendalian stok [9].

SCM sangat efektif untuk digunakan dalam menangani rantai pasokan (perputaran barang) dan mengamankan keunggulan kompetitif serta meningkatkan kinerja organisasi tidak hanya dalam organisasi tetapi antar organisasi di antara rantai pasokan. Konsep dari penelitian dan mengembangkan dimensi SCM seperti strategi kemitraan pemasokan, berbagi dan kualitas informasi serta hubungan antar pemasok [1], selain itu dengan SCM dapat digunakan untuk memaksimalkan proses produksi dengan memanfaatkan persediaan yang ada atau menghitung berapa kekurangan dan sisa persediaan yang ada setelah dilakukan proses produksi. Kekuatan rantai pasok sangat ditentukan oleh kinerja rantai pasokan. Sedangkan kinerja rantai pasok sangat dipengaruhi oleh strategi manajemen rantai pasok yang diterapkan. Perusahaan melakukan evaluasi terhadap kinerja rantai pasok untuk masukan dalam menyusun strategi manajemen di masa mendatang.

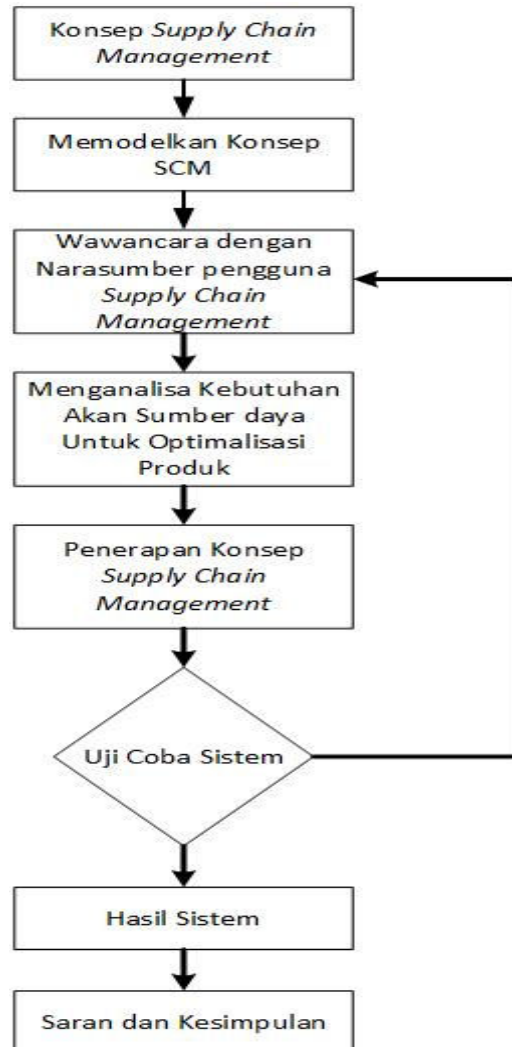
2. Metode Penelitian

Pendekatan penelitian yang kita pilih tergantung pada jenis informasi yang kita perlukan, sedangkan metode penelitian yang kita pakai tergantung pada caracara yang kita pilih untuk mengumpulkan informasi tersebut.⁵⁶ Penetapan strategi penelitian dipilih sesuai dengan informasi yang diperlukan dan rumusan masalah yang ada, Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi *Supply Chain Management* (SCM) yang diterapkan pada optimasi produksi berdasarkan ketersediaan bahan baku yang digunakan. Jenis data pada penelitian ini merupakan data kualitatif-kuantitatif dan proses penelitiannya mengambil kesimpulan dari khusus ke umum (induktif).

Adapun langkah-langkah penelitian yang dilakukan antara lain:

- a. Pendahuluan Berisi tentang latar belakang dan uraian permasalahan yang perlu diteliti dan dijawab terkait dengan topik penelitian, serta menjelaskan tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian.
- b. Konsep *Supply Chain Management* digunakan dengan Melakukan kajian pendekatan penerapan *construction supply chain management* dalam pengadaan material di perusahaan dan proyek konstruksi yang akan diteliti berdasarkan landasan teori yang mendukung penelitian ini
- c. Melaksanakan penelitian dengan metode wawancara atau interview terhadap responden yang akan diteliti dan mengumpulkan sebanyak mungkin data yang diperoleh dari studi kasus yang dilakukan dan proyek konstruksi yang diteliti, yakni menyangkut kemungkinan dilakukannya penerapan *construction supply chain management*, keuntungan dan kerugian yang akan diperoleh, kendala dan komitmen penerapan SCM, serta faktor-faktor kunci yang menjadi penentu kesuksesan penerapan SCM. Identifikasi masalah, hal ini membahas mengenai perkiraan permasalahan dan kondisi yang terjadi pada proses produksi.
- d. Mengumpulkan hasil wawancara dan studi literatur serta melakukan pembahasan atau analisa data untuk mengkaji sejauhmana posisi tahapan evolusi dalam rencana melaksanakan penerapan proses *construction supply chain management*.

- e. Melakukan proses penerapan SCM berdasarkan hasil dari wawancara dan pengumpulan studi pustaka.
- f. Melakukan Uji coba terhadap hasil program jika belum sesuai akan dilakukan analisis kembali melibatkan narasumber, jika sudah sesuai maka akan dilakukan proses uji coba untuk mendapatkan saran dari kekurangan atau hal-hal yang harus ditambahkan.



Gambar 1 Metode Penelitian

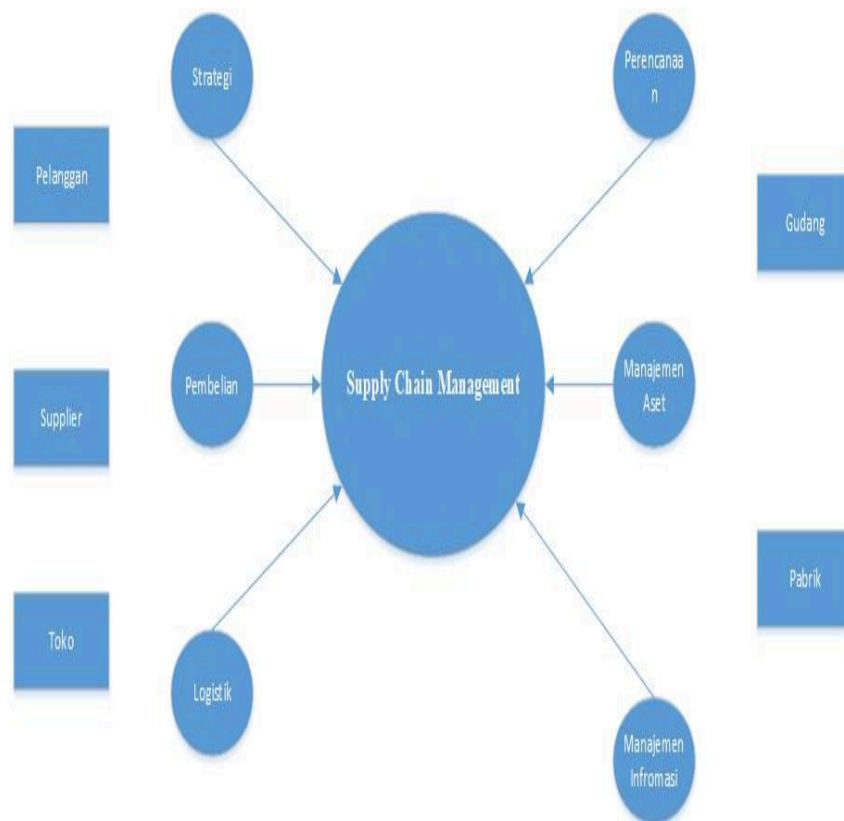
2.1 Supply Chain Management Model

Supply Chain planning memungkinkan produsen untuk melakukan sinkronisasi data produksi dengan data pasokan diseluruh jaringan perusahaan dengan seluruh permintaan yang ada dalam perusahaan tersebut. SCM memungkinkan produsen untuk mengumpulkan semua permintaan yang ada dan melakukan perencanaan secara terpusat untuk menghitung kapasitas produksi dan pasokan yang diperlukan untuk memenuhi permintaan yang ada. Modul SCM melakukan konsolidasi informasi penjualan, produksi, inventaris, dan pembelian untuk membantu perusahaan menjadi lebih berorientasi pada permintaan dan melakukan *Made By Order* (produksi barang berdasarkan permintaan).

Dalam pasar berorientasi permintaan saat ini, untuk mengoptimalkan dan mengintegrasikan penjualan dan logistik dan kemudian memasukkan data ke dalam jadwal

produksi tepat waktu sangat penting. *Supply Chain Management* memberikan manfaat besar bagi produsen yang memungkinkan mereka untuk:

- Tingkatkan respons terhadap perubahan pasar.
- Tingkatkan visibilitas ke dalam permintaan agregat, produksi dan pasokan di seluruh perusahaan.
- Kurangi tingkat inventaris.
- Meningkatkan layanan pelanggan dan kinerja pengiriman tepat waktu.
- Mengoptimalkan pasokan untuk memenuhi permintaan secara menguntungkan.
- Persediaan, distribusi, dan biaya transportasi lebih rendah.
- Meningkatkan akurasi perkiraan permintaan dengan waktu siklus perencanaan terkompresi



Gambar 2. Prinsip Kerja SCM

Modul *Supply Chain Management* (SCM): [4]

- Manajemen *Pre Sales* (Pra Penjualan)
- Otomasi *Salesmen* (tenaga penjualan)
- Customers Relationship Management* (CRM)
- Penjualan, faktur dan pengiriman
- Manajemen pembelian
- Manajemen Stok terpusat
- Konektivitas antar bagian (*Client Server Model Programming /Cloud Hosting*)

2.2 Bisnis Proses

Supply Chain Management memiliki 3 Komponen, yang di antaranya adalah *Upstream Supply Chain Management* yaitu sebuah proses dimana perusahaan mendapatkan *supplier* dari pihak luar untuk mendapatkan bahan baku. Kemudian komponen yang kedua adalah *Internal Supply Chain Management* yaitu sebuah proses dimana terjadinya

perubahan dari bahan baku menjadi sebuah produk jadi. Komponen terakhir SCM adalah *Downstream Supply Chain Managament* yaitu sebuah proses dimana pendistribusian barang oleh perusahaan ke *customer* yang dimana biasanya dilakukan oleh eksternal distributor.

Proses yang terlibat dalam SCM adalah

a. *Customer*

Pada sebagian perusahaan, *customer* merupakan mata rantai pertama yang memberi order. *Customer* memutuskan untuk membeli produk yang ditawarkan oleh perusahaan yang bersangkutan dengan menghubungi departemen sales perusahaan tersebut. Informasi penting yang terdapat dalam pesanan tersebut diantaranya seperti tanggal pengiriman produk dan jumlah yang diinginkan untuk produk yang dipesan.

b. *Planning*

Setelah *customer* membuat pesanan yang diinginkan, *Planning department* akan mempersiapkan perencanaan produksi untuk memproduksi produk yang dibutuhkan oleh customer. Pada tahap ini, *Planning department* juga menyadari akan adanya kebutuhan terhadap bahan baku dan bahan – bahan pendukungnya.

c. *Purchasing*

Setelah menerima perencanaan produksi, dalam hal ini adalah kebutuhan terhadap bahan mentah dan bahan-bahan pendukungnya, Departemen pembelian atau *Purchasing Departement* akan melakukan pemasukan bahan mentah dan bahan pendukungnya serta menetapkan tanggal penerimaan dan jumlah yang dibutuhkan.

d. *Inventory*

Bahan mentah dan bahan pendukung yang telah diterima oleh pabrik akan diperiksa kualitas dan ketepatan jumlahnya kemudian disimpan di dalam Gudang untuk kebutuhan produksi.

e. *Production*

Bagian produksi akan menggunakan bahan mentah dan bahan pendukung yang dipasok oleh *supplier* tersebut untuk melakukan proses produksi hingga menghasilkan barang jadi yang dibutuhkan oleh *customer*. Barang jadi yang telah diproduksi ini kemudian dimasukan ke gudang dan siap untuk dikirim ke *customer* sesuai dengan jadwal yang ditentukan.

3. Implementasi

Proses optimasi dimulai dengan adanya sebuah permintaan atau akan melakukan proses produksi, permintaan dapat berdasarkan permintaan pelanggan atau dapat pula berupa proses produksi secara rutin. Optimasi dapat dilakukan ketika sudah mengetahui produk apa yang akan dibuat dan berapa jumlah proses produksi yang akan dihasilkan serta melihat stok bahan baku yang ada digudang.

Perhitungan optimasi dilakukan dengan mencari stok barang yang ada dikurangi sisa hasil bagi dari proses yang ada dengan rumus:

$$O = (a - (a \bmod n))/n$$

dimana:

n: jumlah bahan baku yang digunakan dalam 1 proses produksi

a: jumlah stok bahan baku

sebagai contoh untuk menghasilkan produk B memerlukan banyak bahan baku diantaranya bahan baku A mempunyai stok sebesar 35 buah untuk menghasilkan sebuah produk memerlukan bahan baku A sebanyak 9 buah maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

mencari sisa hasil bagi

$$s = 35 \bmod 9$$

$$s = 8$$

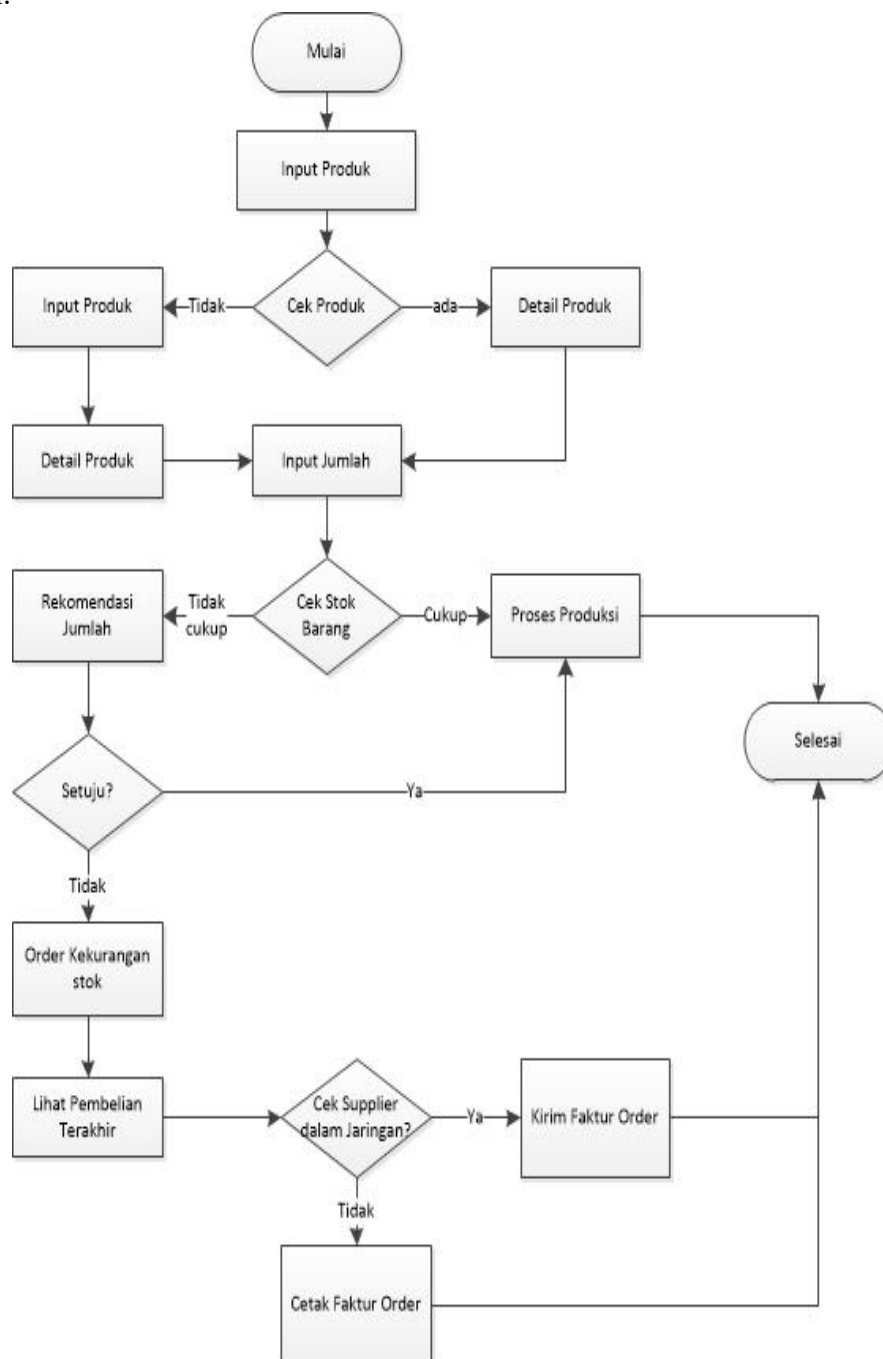
untuk menghitung optimasi

$$O = (35 - s) / 9$$

$$O = (35 - 8) / 9$$

$$O = 3$$

Sehingga nilai produk optimal yang dihasilkan berdasarkan optimal bahan baku A adalah 3 produk yang selanjutnya akan dibandingkan dengan bahan-bahan baku lainnya yang digunakan untuk menghasilkan produk tersebut sehingga menghasilkan nilai paling optimal untuk menghasilkan suatu produk. Alur proses optimasi produksi dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 3 Alur Program

Proses optimasi dengan *supply chain management* dimulai dengan menentukan produk apa yang akan dibuat dan berapa jumlah yang akan dihasilkan sehingga dapat

dikumpulkan bahan baku apa saja yang akan digunakan untuk membuat produk tersebut serta menghitung jumlah ketersediaan bahan baku yang digunakan untuk membuat produk tersebut beserta banyaknya bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan produk beserta jumlahnya, kemudian setelah itu dilakukan proses Perbandingan pada masing-masing bahan baku yang didasarkan pada jumlah bahan baku yang dibutuhkan dengan ketersediaan bahan baku yang ada pada Gudang.

Proses perbandingan kebutuhan bahan baku dengan ketersediaan bahan baku digunakan untuk melakukan optimasi jumlah produk yang akan dihasilkan. Optimasi dilakukan dengan cara membandingkan jumlah produk yang dapat dihasilkan dari masing-masing bahan baku, sehingga didapat jumlah produk optimal yang akan dihasilkan untuk dilakukan proses produksi atau memberikan informasi optimasi produksi berdasarkan ketersediaan bahan baku yang ada kepada pengguna bahwa optimal produk yang dihasilkan sudah didapatkan, selanjutnya tergantung dari pengguna apakah akan dilakukan proses produksi sesuai dengan jumlah optimal atau akan dikurangi atau tetap sesuai dengan pesanan, jika sesuai dengan pesanan maka ketika nilai optimal berada dibawah nilai order maka akan dilakukan pemesanan barang kepada *supplier* berdasarkan pembelian terakhir dan jumlah yang dibutuhkan.

4. Kesimpulan

Hasil penerapan *Supply Chain Management* pada penelitian ini adalah:

- a. Program mampu memberikan informasi optimasi produk yang akan dihasilkan kepada pengguna berdasarkan pada stok barang yang ada yang sesuai dengan kebutuhan bahan baku produksi.
- b. Program mampu memberikan informasi kepada pengguna mengenai stok barang yang ada dan pembelian barang terakhir.
- c. Untuk penerapan order secara otomatis semua *supplier* harus terhubung dalam 1 jaringan.

Ucapan Terimakasih

Dengan selesainya Jurnal ini kami selaku penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dr. Bambang Moertono Setiawan, M.M., C.A., Akt. Selaku Rektor Universitas Teknologi Yogyakarta beserta jajarannya.
2. Sutarman M.Kom. Ph.D. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Informasi beserta jajarannya
3. Bapak/Ibu Dosen Prodi Manajemen Informatika yang sudah membantu dalam penulisan
4. Ifah Rofiqoh, S.E., M.Si., Ak., C.A. Selaku Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM UTY)

Daftar Pustaka

- [1] Hila, C. M., & Dumitraşcu, O. (2014, November). Outsourcing Within A Supply Chain Management Framework. In *Proceedings of the 8th International Management Conference "Management Challenges for Sustainable Development* (pp. 328-336).
- [2] Raja, M. & Kherun, N., 2006 Relationship between Supply Chain Management and Outsourcing, Universiti Teknologi Malaysia
- [3] Li, S., Ragu-Nathan, B., Ragu-Nathan, T. S., & Rao, S. S. (2006). The impact of supply chain management practices on competitive advantage and organizational performance. *Omega*, 34(2), 107-124.
- [4] Module Supply Chain Management <https://www.acgil.com/products/scm-modules.htm> diakses pada tanggal 15 Juli 2019

- [5] Hanan, Z., Nurdin, R., & Astuti, M. (2018, November). The Supplier Evaluation in Bamboo Karya Manunggal Furniture Industry Using Analytic Network Process (ANP) Method. In Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta (Vol. 4, pp. 413-419).
- [6] Retnowati, N. D. (2018, November). Project Optimization of WEB-Based 3d Animation Bus Route Trans Jogja Using CPM. In Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta (Vol. 4, pp. 295-301).
- [7] Rengganis, E. (2015). Perbandingan Optimasi Re-Layout Penempatan Fasilitas Produksi Dengan Menggunakan Craft Guna Meminimalkan Biaya Material Handling. *Jurnal Angkasa*, 7(1), 181-198.
- [8] Indrianingsih, Y. (2018, November). Decision Support System to Determine the Number of Production Tofu using the Fuzzy Sugeno Method (Case Study: Home Industries Tofu in Seyegan District). In Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta (Vol. 4, pp. 191-200).
- [9] Amanu, G. S., & Indrianingsih, Y. (2015). Pengembangan Sistem Pendukung Keputusan Pengadaan dan Persediaan Barang dengan Metode Perpetual Inventory Method dan Economic Order Quantity (Studi Kasus: Divisi Logistik Rumah Sakit Krakatau Medika Cilegon). *Compiler*, 4(1).
- [10] Prasetyo, E., & Irawaty, M. (2014). Sistem Pendukung Keputusan untuk Memprediksi Jumlah Pakaian dengan Menggunakan Metode Weight Moving Average dan Exponential Smoothing (Studi Kasus di Toko Rookieinside Yogyakarta). *Compiler*, 3(2).

IMPROVING THE QUALITY OF MANUFACTURING PRODUCTS WITH THE APPLICATION OF LEAN SIX-SIGMA

H Harisupriyanto¹⁾, Yudha Prasetiawan²⁾, M Ferdian Rahma Supriyanto³⁾

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, ITS Surabaya

Kampus Keputih Sukolilo Surabaya 60111

Email : ¹hariqive@yahoo.com

Abstract

Product quality is an important factor that underlies the consumer's decision to choose the desired product and service. Quality can initially be determined by the company, but in subsequent developments, quality planning must pay attention to the wants and needs of consumers. In providing excellent service to customers, the company needs to apply the concept of lean thinking, intending to reduce waste. A methodology is needed that can reduce product variations, and production process errors with the Six Sigma methodology. The second application is often called Lean Six Sigma. This paper aims to improve the quality of fluid carrier tank products. The number of defective products, mainly on welding, cutting and bending process, so rework is needed that causes companies to suffer losses. The company expects to reduce product defects by less than 5%. The welding, cutting and bending process are the highest contributor to defective products, so that process improvement is limited to these processes. The process of welding, cutting and bending process is considered a major problem, so the main concern for quality improvement is for the main problem. Sigma, the initial welding, cutting and bending process in sequence is quite good. The target to be achieved is to increase the sigma value of both processes. The alternative is chosen, namely creating and supervising SOPs, and training to improve the skills, knowledge, and abilities of each employee. These alternatives can increase the sigma value from the initial conditions from 2.93 to 3.20. The increase in sigma value indicates a decrease in the level of defects per million opportunities (DPMO).

Keywords: lean, waste, Sigma, defect, DPMO.

1. Pendahuluan

Kebutuhan pasar dan konsumen yang semakin dinamis, dengan pertumbuhan ekonomi akhir-akhir ini adalah peluang besar untuk memanfaatkan keunggulan bersaing. Bagi perusahaan meningkatkan skala ekonomi adalah basis untuk mendapatkan margin keuntungan, dan menjadikan daya saing sebagai momentum untuk memacu pertumbuhan produksi [1]. Pertumbuhan produksi yang meningkat diharapkan dapat menstimulus perkembangan sumber daya manusia, teknologi dan mengatasi masalah tenaga kerja. Dibutuhkan pemikiran untuk membangun keunggulan kompetitif, yang menjadi dasar baru bagi peningkatan daya saing bisnis [2]. Rangkaian aktivitas kualitas dapat dikategorikan sebagai sebuah *domain problem* yang sangat kompleks. Ini dapat dimulai dari aspek material sampai produk siap untuk dikirimkan ke konsumen. Kerumitan permasalahan ini akan mengarah pada kesalahan/ cacat produk atau kesalahan di dalam pengelolaan kualitas produk, apabila dari awal proses tidak mendapat perhatian serius secara integratif dan komprehensif [3;4]. Penggambaran proses pelayanan, biasanya dilakukan melalui pengkajian pemetaan proses. Pemetaan ini berupa pemetaan yang mencakup proses sejak pertama kali material dibeli sampai terselesainya proses menjadi produk atau jasa [5;6]. Bahkan setelah transaksi terselesaikan masih terdapat pelayanan yang dapat dikategorikan sebagai *after sales service*.

Program kontrol kualitas mengamanatkan pelatihan karyawannya dalam semua aspek di dalam proses organisasi. Setiap proses bisnis yang menggabungkan kualitas dengan Six Sigma harus disempurnakan secara berkesinambungan dan proses ini membutuhkan pelatihan [7].

Pengendalian kualitas adalah aktivitas keteknikan dan manajemen, yang dengan aktivitas tersebut dapat diukur ciri-ciri kualitas dari produk, membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan, dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila terdapat perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dengan standart [8; 9]. Untuk itu perusahaan dituntut dapat menghasilkan kualitas produk yang konsisten agar dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. Pengawasan terhadap produk mutlak dilakukan sebagai jaminan pada konsumen bahwa produk yang diterima konsumen memiliki mutu yang selalu baik. Proses ini termasuk di dalam kegiatan pengendalian kualitas [10].

Penelitian ini akan memberikan solusi terhadap permasalahan kualitas produk furniture. Dengan mengedepankan peranan perbaikan yang berkesinambungan (*continuous improvement*). Untuk itu dicoba untuk mengidentifikasi *system* atau *quality requirements* dari domain problem dengan tujuan menentukan prioritas perbaikan [11; 12]. Adapun tujuannya adalah identifikasi *waste* yang paling berpengaruh, dan memberikan usulan perbaikan yang bertujuan untuk mereduksi terjadinya *waste*

2. Metodologi Penelitian

Siklus *Six-Sigma* dipakai untuk membangun *continous process improvement*. Siklus yang dipakai adalah *Define, Measure, Analysis* dan *Control* seperti ditunjukkan pada gambar 1.

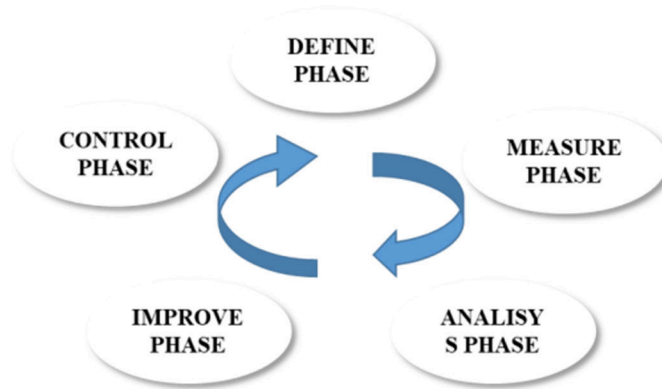
Define phase dimulai dengan pembuatan peta aliran proses dengan *value stream mapping* (VSM), untuk mengetahui proses yang mengindikasikan permasalahan. Ini didukung oleh *voice of customer* (VOC). Metoda yang dipakai untuk menentukan problem adalah dalam bentuk *waste* (pemborosan) di sepanjang aliran proses produksi. Yang menjadi acuan untuk perbaikan adalah pendekatan *lean thinking/ manufacturing*. *Lean manufacturing* merupakan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi *waste* melalui perbaikan yang berlanjut dari produk untuk memenuhi permintaan konsumen secara sempurna.

Measure phase dimulai dengan mengukur tingkat kinerja sekarang dengan *defect per million opportunities* (DPMO) dan nilai *sigma*. *Analisis phase* dimulai dengan mencari dan menentukan penyebab dari suatu masalah. Selanjutnya akar utama suatu permasalahan dapat dianalisis menggunakan diagram sebab akibat, *root cause analisis* (RCA) dan *failure modes and effect analysis* (FMEA).

Improvement phase diperoleh dari nilai *risk priority number* (RPN) dari FMEA. Merupakan fase meningkatkan proses dan menghilangkan sebab-sebab timbulnya cacat. Setelah sumber-sumber penyebab masalah kualitas dapat diidentifikasi, maka dapat dilakukan penetapan rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas.

Control phase merupakan dokumentasi dari hasil-hasil peningkatan kualitas dan disebarluaskan. Hasil-hasil yang memuaskan dari proyek peningkatan kualitas *sigma* harus distandarisasikan, dan selanjutnya dilakukan peningkatan terus menerus. Seluruh fase tersebut dapat dilihat pada siklus *dmaic*, gambar 1.

Lean manufacturing adalah suatu strategi untuk dapat berproduksi pada level yang tinggi dengan persediaan yang minimal. *Eight waste* dipilih untuk menjadi runutan mencari *critical waste*.



Gambar 1. Siklus DMAIC

Waste dapat diidentifikasi sebagai *idle time* yang terjadi selama proses terjadi dan tidak mempunyai nilai tambahnya. Strategi yang benar dari *lean manufacturing* adalah dapat mengurangi biaya dan meningkatkan kualitas. Kekuatan dari kedua konsep ini disinergikan menjadi satu konsep yang tertintegrasi yaitu Konsep *Lean Six Sigma* [9; 13].

Pemikiran *Lean Six Sigma* perlu disebarluaskan ke seluruh bagian tanpa memandang tipe industri atau tipe kegiatan [14; 15]. Dengan demikian *Lean Six Sigma* dapat diterapkan dalam semua proses. *Lean Six Sigma* yang diterapkan dalam industri manufaktur akan menjadi *Lean Six Sigma Manufacturing*. Keterkaitan kedua konsep dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Keterkaitan *Lean* dan *Six Sigma*

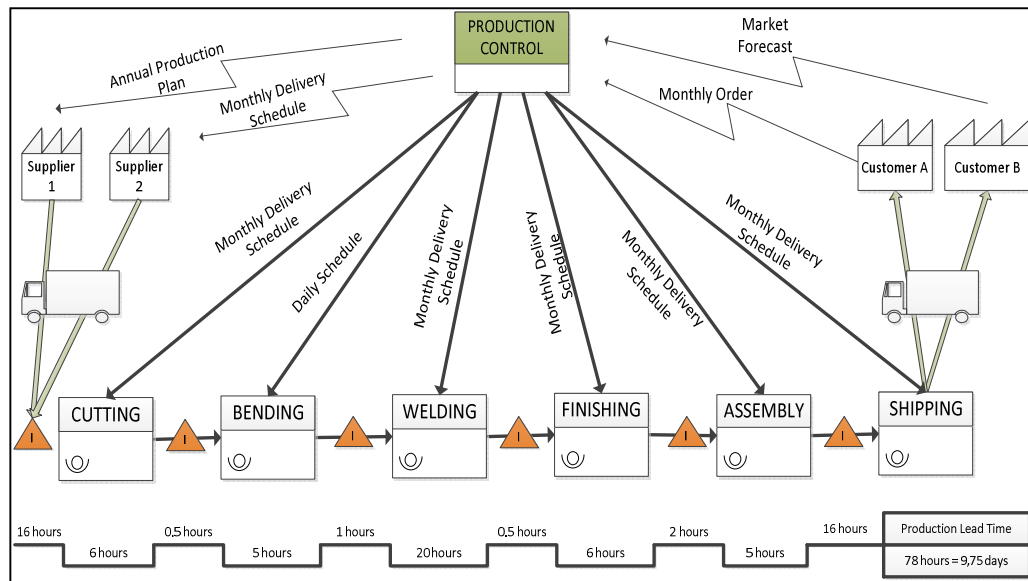
Tahapan terpenting adalah mencari penyebab munculnya *critical to quality* (CTQ) yang merupakan problem utama. *Tools* yang digunakan adalah *Roots Cause Analysis-RCA* [16; 17], dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Setelah itu dilakukan penyusunan rancangan perbaikan untuk mengurangi kegagalan pada proses. Penetapan usulan perbaikan didasarkan pada nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi [18; 19]. Selanjutnya FMEA digunakan untuk mengidentifikasi tindakan-tindakan korektif.

3. Hasil dan Pembahasan

Produk amatan yang dianalisis adalah proses pembuatan tangki. Tangki digunakan untuk mengangkut muatan yang bersifat cair (*liquid*). Ukuran kapasitas tangki truk yang diproduksi pun berbeda-beda mulai dari 5000 liter, 7000 liter, dan 8000 liter. Proses produksi tangki truk dibagi menjadi enam tahap yaitu proses *cutting*, *bending*, *welding*, *finishing*, *assembly* dan *shipping*. Proses produksi tersebut dapat digambarkan dalam bentuk *value stream mapping*, seperti pada gambar 3. Proses produksi tangki mempunyai total *lead time* selama 76 jam atau 9,62 hari. Berdasarkan hasil pengamatan, masih banyak ditemukan *non value added activity* yang mengindikasikan pemborosan (*waste*) terutama pada proses *welding*, *cutting* dan *bending*.

Tahap awal dari siklus DMAIC adalah *define* (D). Dari data historis yang berhubungan dengan *repair/ rework* proses dari departemen produksi di perusahaan maka dapat dilihat bahwa persentase terjadinya produk cacat lebih dari 5% dari total produksi perusahaan. Angka ini dianggap perusahaan adalah cukup besar mengingat biaya *rework* yang harus dikeluarkan perusahaan selama ini cukup besar pula. Oleh sebab itu diperlukan suatu tindakan perbaikan

secara kontinyu-terus menerus untuk mengurangi persentase cacat yang terjadi dengan tujuan untuk mereduksi biaya dan mencapai *zero defect* [1].



Gambar 3. VSM proses pembuatan tangki

Untuk mengetahui sistem produksi secara keseluruhan dapat dilakukan dengan cara memvisualisasikan aliran informasi dan aliran material ke dalam *mapping*. Salah satu *mapping* yang dipakai untuk menggambarkan sistem produksi adalah pembuatan *Big Picture Mapping* (BPM). Kecacatan biasanya disebabkan oleh aktifitas atau proses yang tidak sesuai atau sering digambarkan karena adanya *waste*, di sepanjang proses produksi. *Lean manufacturing* merupakan sebuah konsep berpikir dalam manufaktur untuk mengurangi terjadinya *non value added activity*. Konsep ini mengarahkan setiap pelaku bisnis dunia manufaktur untuk mengklasifikasikan terlebih dahulu aktivitas-aktivitas di sepanjang proses. Sementara itu tipe aktivitas dalam organisasi [14; 20] dapat diklasifikasikan dalam aktifitas yang *value adding (VA)*, *necessary but not value adding (NNVA)*, dan *non value adding (NVA)*.

Bila seluruh aktifitas dihubungkan dengan proses maka seluruh aktifitas tersebut dapat diklasifikasikan pada ketiga aktifitas tersebut. Untuk menganalisa performansi manufaktur perusahaan, diperlukan sebuah pengukuran yang berbasis KPI (*Key Performance Indicator*). Indikator dalam pengukuran KPI ini dapat merepresentasikan hasil operasi manufaktur. Terdapat enam indikator yaitu produktifitas, kualitas, biaya, pengiriman, *safety*, dan moral. Namun KPI yang digunakan dibatasi hanya pada 4 (empat) pengukuran indikator yaitu produktifitas, kualitas, biaya, dan *safety*.

Setelah dilakukan pengklasifikasian aktivitas diperoleh hasil akhir dimana *value added activity* adalah 22%, *necessary but non value added activity* yaitu 44% dan *non value added activity* adalah 34%. Hasil ini menunjukkan bahwa proses produksi tangki masih banyak mengandung *non value added activity*. Aktivitas *non value added* ini mengindikasikan adanya *waste*.

Secara garis besar *non value added* yang terjadi pada proses *welding*, seperti *welding* dilakukan berulang-ulang. Pada proses *cutting* terdapat tiga aktivitas *non value added*; pemotongan dan pengecekan ulang pada material yang sedang diproses, membersihkan *scrap* dan menata ulang material yang tidak terpakai. Sedangkan pada proses *bending*, terjadi proses *rework* terhadap tingkat kelengkungan material. Aktivitas *non value adding* adalah aktivitas yang bersifat boros (*waste*).

Aktifitas ini yang menyebabkan kecacatan produk yang dihasilkan. Untuk itu diperlukan sebuah cara agar *nonvalue adding activity* dapat direduksi. Apabila *nonvalue adding activity* dapat dikurangi maka tujuan utama berupa *lead time* proses/ produksi akan menjadi lebih pendek.

Identifikasi *waste* dilakukan berdasarkan 4 KPI produksi yang telah ditetapkan yaitu produktivitas, kualitas, biaya dan *safety*. Identifikasi *waste* berpatokan pada sembilan tipe *waste*, yaitu *E-DOWNTIME waste*. Jenis *waste* ini meliputi *Environmental, Healthy, and Safety (EHS), Defect, Over Production, Waiting, Not utilizing employee, Transportation, Inventory, Motion*, dan *Excess/ over processing*.

Indikator produktivitas lebih menekankan pada efisiensi selama proses produksi. Identifikasi pengelompokan *waste* yang tergolong dalam KPI produktivitas antara lain *defect, waiting, not utilizing employee, motion* dan *Excess/ over processing*.

Waiting waste merupakan jenis pemborosan karena aktivitas menunggu. Ini berhubungan dengan kejadian *downtime* mesin yang menyebabkan proses produksi tertunda. Kejadian *downtime* dalam sebuah perusahaan dapat dibagi menjadi dua yaitu *planned downtime* dan *unplanned downtime*.

Over processing merupakan jenis pemborosan karena langkah-langkah proses yang lebih panjang dari yang seharusnya. Termasuk dalam *waste* ini yaitu aktivitas yang dilakukan secara berulang-ulang (*rework*). Terjadi proses *rework* terhadap 3 proses produksi tangki yaitu pada proses *cutting, bending, dan welding*. Dengan rata-rata proses total waktu *rework* yang terjadi yaitu 16.25 jam.

Indikator kualitas merupakan KPI yang berhubungan dengan spesifikasi dari *customer*. Indikator kualitas diukur berdasarkan jumlah *defect*. Dimana semakin banyak *defect* dapat diklasifikasikan dalam kualitas yang rendah dan sebaliknya.

KPI biaya merupakan indikator yang mengukur seluruh biaya produksi dan operasional perusahaan. Dalam perhitungan KPI biaya, pengukuran dapat dilakukan pada *over production, transportation* dan *inventory waste*. *Over production* merupakan jenis pemborosan yang terjadi karena produksi melebihi kuantitas. Pengukuran *waste* ini dilakukan berdasarkan aktivitas logistik. *Waste* ini diukur dari tingkat keterlambatan *delivery* kepada pelanggan. Pengukuran *inventory waste* berhubungan dengan *warehousing* mulai dari material masuk sampai material keluar dari *warehouse*.

Pengukuran indikator *safety* dapat dilakukan dengan menghitung seberapa banyak kecelakaan kerja selama produksi. KPI *safety* berhubungan dengan *environmental, health and safety (EHS) waste*.

Waiting waste ditentukan berdasarkan *downtime* mesin. Tahapan awal yaitu menghitung nilai sigma terhadap *waiting*. *Sigma waiting* dihitung terhadap total waktu *waiting* terhadap total waktu produksi secara keseluruhan.

Diperoleh bahwa total waktu *unplanned downtime* yang terjadi selama delapan periode produksi yaitu 48 jam adalah 416 jam. Dengan demikian persentase sebesar 11.47 %. Berdasarkan perhitungan nilai *sigma*, untuk *sigma waste waiting* sebesar 3.27. Selanjutnya untuk menentukan biaya karena *waiting waste* berdasarkan pada biaya bertambahnya tenaga kerja karena bertambahnya waktu produksi. Diketahui bahwa total kerugian *downtime mesin* sebesar Rp 919.420.

Pengukuran *Over processing waste* berdasar pada jumlah *rework* yang terjadi selama proses produksi. *Rework* terjadi pada proses *cutting, bending, dan welding*. Berdasarkan waktu *rework*, persentase terjadinya *rework* yaitu sebesar 25 % dari total *production time* 498 jam selama 8 periode produksi. Berdasarkan perhitungan *sigma* diperoleh bahwa nilai *sigma* pada *waste Over processing* pada aktivitas *rework* yaitu sebesar 3.47. Biaya kerugian yang ditanggung oleh pihak perusahaan yaitu sebesar Rp 3.831.494.

Pengukuran *defect waste* berdasar pada jumlah *defect* yang terjadi selama proses *welding* yaitu sebesar 30%. Nilai *sigma* pada *defect waste* sebesar 2.93. Biaya kerugian yang ditanggung akibat terjadinya *defect* pada proses *welding* yaitu sebesar Rp. 1.414.705

Pemilihan terhadap *waste* menunjukkan bahwa *Excess/ over processing waste* merupakan *waste* yang memiliki kerugian finansial yang paling besar yaitu sebesar Rp 3.831.494 selanjutnya *waste defect* dengan kerugian sebesar Rp 1.414.705 dan yang terakhir merupakan *waste waiting* dengan kerugian finansial sebesar Rp 919.420.

Penyebab *waiting waste* berdasarkan *downtime* mesin. Dari *pareto-chart* diperoleh bahwa yang paling berpengaruh yaitu proses *welding* dan *cutting* menunjukkan kontribusi 80% terhadap terjadinya proses *waiting*. Tabel 4. menunjukkan proporsi *waste*.

Tabel 1. Peringkat *waste* berdasarkan proporsinya

jenis <i>waste</i>	%	jenis <i>waste</i>	%
<i>Excess/ Over processing</i> (proses berlebih)	25	<i>Underutilized human</i> (kinerja tidak maksimal)	8
<i>Defects</i> (cacat produk)	23	<i>Movement</i> (gerakan operator)	7
<i>Waiting</i> (waktu tunggu)	18	<i>Unnecessary inventory</i> (inventory berlebih)	6
<i>Transportation</i> (perpindahan)	8	<i>Over production</i> (kelebihan)	5

Dari tabel di atas diambil 3 (tiga) *critical waste* yang menjadi dasar untuk *continous process improvement*. Tiga *critical waste* tersebut adalah *overprocessing waste*, *defects waste* dan *waiting waste*.

Selanjutnya dibuat *root cause analysis* terhadap terjadinya *downtime* pada mesin *cutting* dan mesin *welding*. Selanjutnya dianalisis seluruh *downtime* dalam *Root Cause Analysis(RCA)* untuk mengetahui sebab terjadinya *downtime*, seperti ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. *Root Cause Analysis Downtime* Mesin Produksi

Waste	Subwaste	Why-1	Why-2	Why-3	Why-4	Why-5
Waiting	Downtime Cutting	Komponen elektronik rusak	Elemen listrik hangus	Kemampuan mesin pemotong kurang	Daya mesin kurang	Pemilihan Daya mesin
			Konsleting	kejutan arus	Kekerasan pisau	Kesalahan operator
		Motor rusak	Transmission rusak	poros spindel kotor	stabilizer tidak ada	
			Control tidak berfungsi	poros spindel tidak dibersihkan	poros spindel tidak dibersihkan	
	Downtime Welding	Motor rusak	Control tidak berfungsi	Kerusakan komponen panel	Kurangnya maintenance	
		Kerusakan kabel	Sistem kendur	Benturan	Penempatan mesin tidak sesuai	
		Travo converter daya hangus	Suhu tidak stabil	pendinginan rusak	Sirkulasi tidak baik	debu kipas tidak dibersihkan
			Hubungan pendek	Mesin las terkena air	Penempatan mesin tidak sesuai	
				Debu scrap yang menumpuk	tidak member sihkan debu	

Akar penyebab *defect waste* dicari dari proses *welding*. Jenis *defect* yang terjadi pada proses *welding* diklasifikasikan menjadi dua jenis *defect* yaitu *defect* karena keretakan dan karena keropos pada hasil pengelasan. Dari penelusuran kecacatan dapat ditentukan bahwa

proses pengelasan adalah proses yang menghasilkan produk cacat terbesar sehingga perbaikan akan dipusatkan pada proses ini.

Tabel 3. *Failure Mode and Effect Analysis Defect Waste*

<i>Waste</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
<i>Defect</i>	Hasil pengelasan retak	Hasil pengelasan <i>reject</i> dan harus dilakukan proses pengelasan ulang	5	tidak melakukan pemeriksaan kandungan karbon elektroda	5	Analisa lebih lanjut	5	125
			5	Kemampuan operator masih kurang	4	Inspeksi visual	4	80
			5	Pengetahuan operator kurang	6	Control lapangan	6	180
			5	Skill operator kurang dalam pengelasan	6	Control lapangan	5	150
			5	Kesalahan setting mesin las	4	Control lapangan	4	80
	Hasil pengelasan keropos	<i>Hasil pengelasan reject</i> dan dilakukan pengelasan ulang	5	Operator lupa membersihkan	5	Inspeksi visual	5	125
			5	Kesalahan pemi lihan elektroda	5	Analisa lanjut	5	125
			5	Kesalahan setting arus las	5	Control lapangan	5	125

Dari timbulnya kecacatan maka dapat ditetapkan *Critical to Quality* (CTQ) untuk tiap proses yang kritis yaitu hasil pengelasan keropos dan hasil pengelasan keropos. Dengan telaah kecacatan di atas indikasi kecacatan dapat ditelusuri dari seluruh aktifitas *nonvalue adding* yang menyertainya. Aktifitas ini dalam konsep *lean* adalah merupakan *waste* (pemborosan).

Untuk perhitungan sigma level dan DPMO untuk proses pengelasan, dilakukan dengan bantuan *SPC Wizard's Sigma Calculator*. Jumlah produk cacat yang digunakan adalah semua produk yang dinyatakan cacat sesuai dengan standard kualitas yang ditetapkan oleh perusahaan. Dari tabel 3 ditunjukkan bahwa jumlah CTQ yang digunakan pada proses pemotongan sebanyak 2 CTQ, yaitu pengelasan retak dan pengelasan keropos.

Tabel 4. Konversi DPMO ke nilai *Sigma*

Presentase yang memenuhi spesifikasi	DPMO	<i>Sigma</i>
30,9 %	690.000	1
69,2 %	308.000	2
93,3 %	66.800	3
99,4 %	6.210	4
99,98 %	320	5
99,9997 %	3,4	6

Untuk perhitungan DPMO, data-data yang dibutuhkan adalah jumlah produk yang cacat (*defects*), jumlah produk yang diperiksa (*units inspected*) dan banyaknya CTQ penyebab kecacatan (*opportunities per unit*).

$$\text{DPMO} = \frac{\text{Banyaknya produk cacat}}{\text{Banyaknya produk yang diperiksa} * \text{CTQ potensial}} * 1\,000\,000$$

Dari perhitungan diperoleh bahwa *sigma* awal adalah 2,93 ini menunjukkan prosentase produk yang memenuhi spesifikasi yang diharuskan adalah sekitar 93%, dan nilai *Defect per million Opportunities* adalah 69 000.

DPMO mengindikasikan berapa banyak kesalahan muncul jika sebuah aktivitas diulang sebanyak sejuta kali [3]. Jika dalam perhitungan 6 *sigma*, dinyatakan bahwa perhitungan DPMO sebanyak 3,4 maka artinya dari produksi satu unit produk dalam prosesnya hanya memiliki 3,4 kali kesempatan untuk mengalami kegagalan. Perhitungan DPMO adalah sebagai berikut :

Berdasarkan pada analisa yang terdapat di FMEA, terdapat 3 alternatif yang mungkin dapat digunakan untuk melakukan *improvement* yaitu,

1. Pembentukan tim pembuatan SOP,
2. Penjadwalan *maintenance* mesin produksi dan
3. Pelatihan untuk meningkatkan *knowledge, skills and abilities* operator.

Terdapat tiga kriteria yang digunakan dalam penilaian keseluruhan alternatif yang mungkin dapat digunakan untuk dilakukan *improvement*, yaitu:

1. produktivitas,
2. kualitas dan
3. *Cycle Time*

Dari ketiga alternatif di atas, secara keseluruhan memiliki delapan kombinasi alternatif perbaikan yang dapat di-*generate* kan dan dipilih oleh perusahaan. Selanjutnya untuk memilih alternatif terbaik dilakukan pendekatan *value* dengan mempertimbangkan dua faktor yaitu *performance* dan *cost*.

Bila seluruh solusi di atas dipakai sebagai dasar untuk membangun alternatif dan kombinasinya maka dapat dibuat 8 alternatif dan kombinasi alternatif yang berbeda. Setiap alternatif dapat ditelusuri berapa biaya yang dibutuhkan untuk menjalankan alternatif tersebut. Pada saat yang sama ketika alternatif dan kombinasi alternatif sudah terbentuk maka dibutuhkan penilaian performansi dari para ahli. Untuk menilai tiap alternatif dan kombinasinya ditentukan kriteria-kriteria penilaian. Setiap alternatif mempunyai komponen biaya dan performansi. Untuk memilih alternatif yang mungkin untuk dijalankan maka antara performansi dan biaya dipertimbangkan bersama-sama [17]. Tabel 5 menggambarkan alternatif yang mungkin untuk dijalankan dengan mempertimbangkan dua sisi yaitu biaya dan performansi.

Tabel 5. *Value* Pemilihan Alternatif

Alternatif	Bobot KPI			Performance	Cost (Rp.)	Value
	<i>Productivity</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle Time</i>			
	0,4	0,3	0,3			
0	12	13	15	13,2	123.015.685	1
1	21	18	19	19,5	140.015.685	1,2978
2	19	18	20	19	131.015.685	1,3512
3	20	20	18	19,4	128.861.764	1,4030
1,2	20	17	20	19,1	148.015.685	1,2026
1,3	24	22	21	22,5	145.861.764	1,4378
2,3	19	22	22	20,8	136.861.764	1,4161
1,2,3	22	22	19	21,1	153.861.764	1,2780

Kombinasi alternatif 1 dan 3, berdasarkan perhitungan pada pendekatan *value*, yang paling tinggi diperkirakan akan dapat mereduksi *cost* seiring dengan penurunan *rework* dan *defect product*. Alternatif yang diajukan yaitu pembuatan dan pengawasan SOP, serta pengadaan pelatihan untuk meningkatkan *skills, knowledge, and abilities* setiap karyawan. Pada perhitungan awal, *cost* yang ditimbulkan akibat *rework* adalah Rp 3.831.494 sedangkan setelah dilakukannya kombinasi alternatif 1 dan 3, *cost* yang ditimbulkan adalah Rp 2873620,5 sehingga terjadi reduksi *cost* sebesar Rp 957 873,5 atau reduksi biaya 25%.

Berdasarkan nilai *sigma* awal dari *defect* adalah 2,93 dan *defect per million opportunities* (DPMO) sebesar 69 000 dan *sigma* setelah pelaksanaan kombinasi alternatif 1 dan 3 mempunyai nilai *sigma* sebesar 3,20 dengan *defect per million opportunities* (DPMO) sebesar 46 000; terjadi peningkatan nilai *sigma* terhadap *Defect waste* sebesar 0,27, dan terjadi penurunan nilai DPMO.

Bila penurunan *defect per million opportunities* (DPMO) ini ternyata belum dapat menutup biaya yang harus dikeluarkan untuk *improvement* maka strategi perbaikannya perlu untuk dirubah. Artinya diperlukan biaya yang lebih rendah untuk melakukan *improvement*.

Dari tabel di atas pengambilan keputusan terakhir, tergantung pada manajemen yang akan menjalankan perbaikan proses. Dengan perbaikan proses yang terus menerus (*continous process improvement*) diharapkan nilai *sigma* akan semakin baik.

4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah:

1. Terdapat tiga *waste* yang muncul dan sering terjadi adalah *over processing, defect, waiting waste*.
2. Alternatif terpilih untuk melakukan *mprovement* yaitu pembuatan tim dan pengawas SOP serta pengadaan pelatihan guna meningkatkan kemampuan dan keterampilan tenaga kerja.
3. Terjadi kenaikan *sigma* dari *sigma* 2.70 menjadi 3.20 dan terjadi reduksi *cost* sebesar 25%

Daftar Pustaka

- [1] Timans, W., Ahaus, K., van Solingen, R., Kumar, M., & Antony, J. (2016). Implementation of continuous improvement based on Lean Six Sigma in small-and medium-sized enterprises. *Total Quality Management & Business Excellence*, 27(3-4), 309-324.
- [2] Desai, D., & Prajapati, B. N. (2017). Competitive advantage through Six Sigma at plastic injection molded parts manufacturing unit: A case study. *International journal of lean six sigma*, 8(4), 411-435.
- [3] Cavanagh, R.R., Peter, S.P., and Robert, P.N. (2002). *The Six Sigma Way*, Penerbit Andi, Jogjakarta
- [4] Evan, J.R. dan Lindsay, W.M. (2007). Pengantar Six Sigma; *An Introduction to Six Sigma and Process Improvement*. Jakarta: Penerbit Salemba Empat.
- [5] Antony, J., Kumar, M., & Madu, C. N. (2005). Six sigma in small-and medium-sized UK manufacturing enterprises: Some empirical observations. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 22(8), 860-874.
- [6] Albliwi, S. A., Antony, J., & Lim, S. A. H. (2015). A systematic review of Lean Six Sigma for the manufacturing industry. *Business Process Management Journal*, 21(3), 665-691.
- [7] Deolia, P., Verma, P. L., & Bajpai, L. The Contribution of Total Quality Management And Six Sigma to Achieve the Success in Terms of Quality.
- [8] Pyzdek, T. (2002). *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Greenbelts, Black belts, and Managers at all Levels*, Tucson, Quality Publishing, Inc

- [9] Rathilall, R., & Singh, S. (2018). A Lean Six Sigma framework to enhance the competitiveness in selected automotive component manufacturing organisations. *South African journal of economic and management sciences*, 21(1), 1-13.
- [10] Girmanová, L., Šolc, M., Kliment, J., Divoková, A., & Mikloš, V. (2017). Application of Six Sigma using DMAIC methodology in the process of product quality control in metallurgical operation. *Acta technologica agriculturae*, 20(4), 104-109.
- [11] Bhote, K. R. (2003). *The power of ultimate Six Sigma: Keki Bhote's proven system for moving beyond quality excellence to total business excellence*. AMACOM Div American Mgmt Assn.
- [12] Antony, J. (2011). Six Sigma vs Lean: Some perspectives from leading academics and practitioners. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 60(2), 185-190.
- [13] Gaspersz, V. (2007). *Lean Six Sigma*. Gramedia Pustaka Utama.
- [14] Hines, P., & Taylor, D. (2000). Going lean. *Cardiff, UK: Lean Enterprise Research Centre Cardiff Business School*, 3-43.
- [15] Baker, B. (2003). Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality With Lean Speed. *Quality Progress*, 36(10), 96.
- [16] Andersen, B., & Fagerhaug, T. (2006). *Root cause analysis: simplified tools and techniques*. ASQ Quality Press.
- [17] Supriyanto, H., & Maftuhah, D. I. (2017). A lean Six-Sigma manufacturing process case study. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, 8(7), 498-509.
- [18] *DaimlerChrysler Corporation; Ford Motor Company; General Motors Corporation* (July 2001). *Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Reference Manual*
- [19] FMEA Worksheet, <URL: www.ad12.k12.co.us/Quality/dokuments/FMEAWorksheet.pdf>
- [20] Dighe, S. B., & Kakirde, A. (2014). Lean manufacturing implementation using value stream mapping: A case study of pumps manufacturing company. *International Journal of Science and Research*, 3(6), 2492-2498.

KEY PERFORMANCE INDICATOR (KPI) DESIGN OF BAMBOO CREATIVE INDUSTRY IN GODEAN SLEMAN DISTRICT AREA

Yasrin Zabidi

Program Studi Teknik Industri Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto
Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
Email : yazma_2000@yahoo.com

Abstract

Performance issues are not only important for upper middle and large companies, but also important for Small and Medium Industries Creative Industries. To evaluate the current condition of a creative industry, the creative industry needs to determine the multi-criteria Key Performance Indicator (KPI) properly and correctly. Therefore in this study, researchers tried to design a Key Performance Indicator (KPI) for the creative industries of bamboo crafts in the Godean district of Sleman. The design of KPI uses the Balanced Scorecard method which includes setting strategic objectives, determining key performance indicators (KPI). From the results of the study obtained 10 KPI, namely: the level of sales growth, the level of customer growth, the level of customer satisfaction, the level of customer complaint fulfillment, the level of production speed, the number of products produced by labor, the percentage of defective products, the percentage of the level of effort to repair defective products, the level of productivity employees, and employee job satisfaction

Keywords: *Performance, Performance Indicator, Key Performance Indicator (KPI), Balanced Scorecard, Creative Industry.*

1. Pendahuluan

Industri kreatif telah banyak berkembang di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta, salah satunya di daerah Kecamatan Godean, Kabupaten Sleman. Godean merupakan salah satu sentra industri kreatif kerajinan bambu yang berada di Kabupaten Sleman. Industri kreatif kerajinan bambu pada dasarnya merupakan kategori industri manufaktur yang memproses input menjadi output (produk/barang).

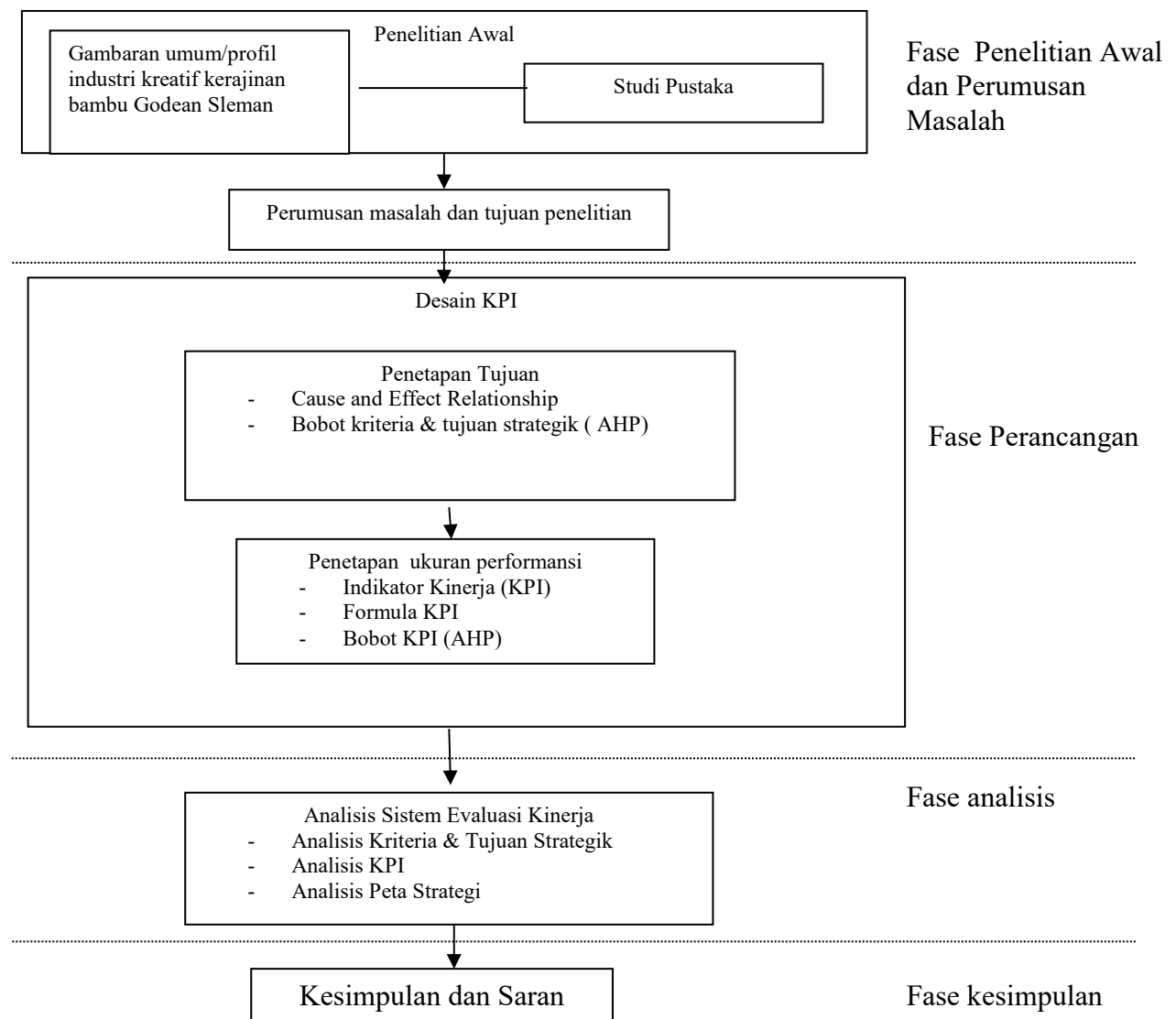
Salah satu faktor yang penting dalam mempengaruhi proses kemajuan dan kemunduran suatu industri adalah faktor kinerja, artinya meningkatkan kinerja berarti meningkatkan kesejahteraan dan mutu perusahaan. Masalah kinerja bukan hanya penting bagi perusahaan menengah ke atas maupun perusahaan besar, tetapi juga penting bagi Usaha Kecil Mengengah (UKM) seperti industri kreatif kerajinan bambu di wilayah Godean Sleman. Kelancaran proses bisnis dan kemajuan usaha tidak terlepas dari peran kinerja itu sendiri. Tanpa kinerja maka matilah proses bisnis tersebut.

Industri kreatif yang merupakan salah satu bentuk kegiatan bisnis yang berada pada suatu wilayah/daerah yang memiliki peran sangat penting bagi berlangsungnya perekonomian daerah, kesejahteraan masyarakat. Untuk mengevaluasi kondisi suatu industri kreatif pada saat ini, maka industri kreatif tersebut perlu untuk menentukan *Key Performance Indicator* (KPI) secara baik dan benar karena ukuran kinerja ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dan penambahan fasilitas produksi dan tenaga kerja yang akan mendukung aktivitas perusahaan.

Oleh karena itu pada penelitian ini, peneliti mencoba untuk mendesain Indikator kinerja (*Key Performance Indicators*) industri kreatif kerajinan bambu di wilayah kecamatan Godean, Sleman.

2. Metodologi Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini terbagi atas empat fase, yaitu : fase penelitian awal dan perumusan masalah, fase perancangan, fase analisis dan fase kesimpulan. Fase penelitian awal dan perumusan masalah meliputi, profil industri kreatif kerajinan bambu di wilayah kecamatan Godean Sleman, sistem evaluasi kinerja saat ini, perumusan masalah dan penentuan tujuan penelitian. Fase desain meliputi proses perancangan KPI dengan metode *Balanced Scorecard* yang meliputi penetapan arsitektur yang terdiri atas visi, misi, penetapan tujuan strategik, penetapan indikator-indikator kinerja (*key performance indicator*). Fase analisis meliputi analisis KPI dan analisis peta strategi. Fase kesimpulan meliputi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran-saran bagi industri kreatif kerajinan bambu di wilayah kecamatan Godean Sleman dan kelanjutan penelitian ini. Adapun kerangka pemecahan penelitian ini dapat dilihat dalam gambar 1. langkah-langkah penelitian.



Gambar 1. Langkah-langkah Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kriteria Kinerja dan Bobot Kepentingan

Ada 4 kriteria kinerja yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Finansial
2. Konsumen
3. Proses Bisnis Internal
4. Belajar dan tumbuh

Tabel 1. Kriteria Kinerja dan Bobot Kepentingan

No	Kriteria	Bobot
1	Kriteria Finansial	0,395
2	Kriteria Konsumen	0,232
3	Kriteria Proses Bisnis Internal	0,232
4	Kriteria Belajar dan Tumbuh	0,140

3.2. Tujuan Strategis

Tabel 2. Tujuan-Tujuan Strategis

No	Kriteria	Tujuan-Tujuan Strategis
1	Finansial	1. Pertumbuhan penjualan yang meningkat
2	Pelanggan	1. Pertumbuhan pelanggan yang tinggi 2. Kepuasan pelanggan yang tinggi
3	Proses Bisnis Internal	1. Peningkatan produktivitas 2. Peningkatan kualitas produk
4	Belajar dan Pertumbuhan	1. Produktivitas karyawan yang meningkat 2. Terciptanya iklim kerja yang baik

3.3. Bobot Kepentingan Tujuan Strategis

Tabel 3. Bobot Derajat Kepentingan Tujuan-Tujuan Strategis

No	Tujuan Strategis	Bobot
1	Pertumbuhan penjualan yang meningkat	0,395
2	Pertumbuhan pelanggan yang tinggi	0,116
3	Kepuasan pelanggan yang tinggi	0,116
4	Peningkatan produktivitas	0,116
5	Peningkatan kualitas produk	0,116
6	Produktivitas karyawan yang meningkat	0,070
7	Terciptanya iklim kerja yang baik	0,070

3.4. Key Performance Indicator (KPI)

Tabel 4. Key Performance Indicator (KPI)

Kriteria	Key Performance Indicators
KRITERIA FINANSIAL	a. Tingkat pertumbuhan penjualan
KRITERIA PELANGGAN	a. Tingkat pertumbuhan pelanggan b. Tingkat kepuasan pelanggan c. Tingkat pemenuhan keluhan pelanggan
KRITERIA PROSES BISNIS INTERNAL	a. Tingkat kecepatan produksi b. Jumlah produk yang dihasilkan pertenaga kerja c. Prosentase produk cacat d. Prosentase tingkat usaha memperbaiki produk cacat
KRITERIA BELAJAR DAN PERTUMBUHAN	a. Tingkat produktivitas karyawan b. Tingkat kepuasan kerja

3.5. Bobot Kepentingan Key Performance Indicator (KPI)

Tabel 5. Bobot Kepentingan Key Performance Indicator (KPI)

No	Indikator Kinerja	Bobot
1	Tingkat pertumbuhan penjualan	0,395
2	Tingkat pertumbuhan pelanggan	0,116
3	Tingkat kepuasan pelanggan	0,077
4	Tingkat pemenuhan keluhan pelanggan	0,039
5	Tingkat kecepatan produksi	0,058
6	Jumlah produk yang dihasilkan pertenaga kerja	0,058
7	Prosentase produk cacat	0,058
8	Prosentase tingkat usaha memperbaiki produk cacat	0,058
9	Tingkat produktivitas karyawan	0,070
10	Tingkat kepuasan kerja	0,070

3.6. Formula Key Performance Indicator (KPI)

1. Tingkat pertumbuhan penjualan

$$\frac{(\text{tingkat penjualan}_t) - (\text{tingkat penjualan}_{t-1})}{\text{tingkat penjualan}_{t-1}} \times 100\% \dots\dots\dots 1$$

2. Tingkat pertumbuhan pelanggan

$$\frac{\text{jml pelanggan thn}_t - \text{jml pelanggan thn}_{t-1}}{\text{jml pelanggan thn}_{t-1}} \times 100\% \dots\dots\dots 2$$

3. Tingkat kepuasan pelanggan dengan survey kepuasan pelanggan

4. Tingkat pemenuhan keluhan pelanggan

$$\frac{\text{Jumlah keluhan terlayani}}{\text{Total jumlah keluhan}} \times 100\% \dots\dots\dots 3$$

5. Tingkat kecepatan produksi

$$\frac{\text{Jumlah produk yang dihasilkan}}{\text{Jam kerja terpakai}} \dots\dots\dots 4$$

6. Jumlah produk yang dihasilkan pertenaga kerja

$$\frac{\text{Jumlah produk yang dihasilkan}}{\text{Jumlah tenaga kerja}} \dots\dots\dots 5$$

7. Prosentase produk cacat

$$\frac{\text{Jumlah produk cacat}}{\text{Jumlah produk yang dihasilkan}} \times 100\% \dots\dots\dots 6$$

8. Prosentase tingkat usaha memperbaiki produk cacat

$$\frac{\text{Jumlah produk cacat yang diperbaiki}}{\text{Jumlah produk cacat yang ada}} \times 100\% \dots\dots\dots 7$$

9. Tingkat produktivitas karyawan

$$\frac{\text{Pendapatan perusahaan (penjualan)}}{\text{Total jumlah karyawan}} \dots\dots\dots 8$$

10. Tingkat kepuasan kerja dengan survey Kepuasan kerja karyawan

4. Kesimpulan

1. Kriteria yang digunakan untuk pengukuran kinerja ada empat, yaitu: kriteria finansial, pelanggan, proses bisnis internal, belajar dan tumbuh.
2. Tujuan-tujuan strategis yang terbentuk ada 7, yaitu: pertumbuhan penjualan yang meningkat, pertumbuhan pelanggan yang tinggi, kepuasan pelanggan yang tinggi, peningkatan produktivitas, peningkatan kualitas produk, produktivitas karyawan yang meningkat dan terciptanya iklim kerja yang baik

3. KPI yang terbentuk ada 10 KPI, yaitu: tingkat pertumbuhan penjualan, tingkat pertumbuhan pelanggan, tingkat kepuasan pelanggan, tingkat pemenuhan keluhan pelanggan, tingkat kecepatan produksi, jumlah produk yang dihasilkan pertengahan kerja, persentase produk cacat, persentase tingkat usaha memperbaiki produk cacat, tingkat produktivitas karyawan, dan tingkat kepuasan kerja

Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada STTA melalui P3M yang telah mendukung penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). Using the balanced scorecard as a strategic management system.
- [2] Maudzoh, U., & Zabidi, Y. (2007). Perancangan Sistem Penilaian dan Seleksi Supplier Menggunakan Multi Kriteria. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 5(3), 113-122.
- [3] Maudzoh, U. (2018, November). Performance Measurement of Customer Relationship Management Using Scorecard CRM (Case Study of UKM in Bayat Klaten District). In *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta* (Vol. 4, pp. 287-294).
- [4] Nurdin, R., Zabidi, Y., & Adisutjipto, S. T. T. (2005). Pengukuran Dan Analisis Produktivitas Lini Produksi PT. XYZ Dengan Menggunakan Metode Objective Matrix. *Dalam Jurnal Teknik Industri Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto (STTA). Yogyakarta*.
- [5] Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process* (Vol. 175). Springer Science & Business Media.
- [6] Saaty, T. L. (2013). Analytic hierarchy process. In *Encyclopedia of operations research and management science* (pp. 52-64). Springer, Boston, MA.
- [7] Simons, R., Russ-Eft, D., Preskill, H., Tejada, R. A., Delgado Negrini, S., Montero Corrales, M., ... & Román, I. (2000). *Performance measurement and control systems for implementing strategy* (No. D10 276). IICA, Tegucigalpa (Honduras) Instituto Nacional Agrario, Tegucigalpa (Honduras) Federación de Organizaciones Privadas de Desarrollo de Honduras, Tegucigalpa (Honduras) Secretaria de Recursos Naturales, Tegucigalpa (Honduras).
- [8] Zabidi, Y. (2015). Pengukuran dan Analisis Kinerja Industri Kreatif Gerabah Kasongan Bantul Guna Meningkatkan Daya Saing dan Kekuatan Daerah. *Jurnal Angkasa*, 7(1).
- [9] Zabidi, Y., & Suhardiwamo, S. (2016). Perancangan Sistem Standarisasi Desa Wisata Kabupaten Bantul dengan Model Sistem Pengukuran Kinerja Balanced Scorecard Guna Penguatan Industri Pariwisata Daerah. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 8(2), 1-8.
- [10] Zabidi, Y. (2007). Perancangan Sistem Penilaian Kinerja di STT Adisutjipto sebagai Pendukung Sistem Penjaminan Mutu. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 5(3), 144-152.
Zabidi, Y. (2018, November). Design Of Batik Crafts Industrial Performance Measurement Model In Wukirsari Region, Bantul. In *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta* (Vol. 4, pp. 277-286).

TURBINE GENERATOR EFFICIENCY ANALYSIS IN GEOTHERMAL POWER PLANT PT GEODIPA ENERGI UNIT DIENG

Alfian Hardi Qurrahman^{1*}, Wahyu Wilopo²⁾, Himawan Tri Bayu³⁾

^{*}Master Of Systems Engineering, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Jl. Teknik Utara, No.3, Berek, Kocoran, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman,
Daerah Istimewa Yogyakarta 55281
E-mail: ¹alfian.hardiq@gmail.com

Abstract

The Geothermal power plant at PT Geodipa Dieng has been operating for more than 10 years. It has undergone for several improvements including the replacement of turbines where to increase turbine efficiency. Before changing the turbine, the efficiency of turbine has decreased due to several factors, such as decrease in load, maintenance, usage, the lifetime etc. Therefore it needs to be analyzed the efficiency of the turbine to find out whether the turbine is still feasible or not, and to find out whether it has necessary to replace the turbine again. The result of the turbine generator efficiency are obtained in one year from April 2017 to March 2018 with an average value of 70-85%. Based on the literature, the value is still at the turbine efficiency standard in general, which is 60-80%. So the turbines can still be categorized reliably and do not need to be changed.

Keywords: *Geothermal, Efficiency turbine, Geodipa Dieng*

1. Pendahuluan

Energi fosil masih menjadi pilihan utama di berbagai negara di dunia di dalam hal pembangkit tenaga listrik. Negara-negara tersebut tidak sedikit pula yang melakukan persaingan untuk mendapatkan energi fosil tersebut. Namun semakin berjalannya waktu energi fosil semakin ditinggalkan karena adanya energi terbarukan, salah satunya adalah energi panas bumi. Energi panas bumi merupakan alternatif yang sedang diminati oleh negara-negara di dunia untuk menggantikan energi fosil di dalam hal pembangkit tenaga listrik. Ada beberapa di dunia yang telah memanfaatkan energi panas bumi yaitu Prancis, Italy, Inggris, Jepang, dan bahkan Indonesia

Indonesia merupakan negara yang mempunyai energi panas bumi terbesardi dunia yaitu sebesar 40% dari cadangan panas bumi yang ada di dunia. Panas bumi di Indonesia tersebar di sepanjang jalur lempeng tektonik, mengikuti cincin gunung api. Terhitung sebanyak 312 titik potensi panas bumi yang tersebar di sepanjang pulau Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi Utara dan Maluku utara dengan potensi mencapai 28.910 MW dengan total cadangan 16.524 Mw dan kapasitas terpasang masih mencapai 1.403 Mw (MEMR, 2015).

Panas bumi yang terpasang harus terus ditingkatkan dan untuk yang telah terpasang harus terus dijaga agar tidak terjadi pengurangan daya yang terpasang, hal ini dapat dilakukan dengan terus melakukan monitoring dan pemeliharaan dari semua komponen pembangkit listrik tenaga panas bumi tersebut, salah satu komponen yang paling penting untuk terus dilakukan pemeliharaan adalah turbin generator. Turbin generator merupakan komponen yang menghasilkan listrik, komponen tersebut mengkonversi energi panas dari sumber panas bumi menjadi energi listrik.

Konversi energi panas ke energi listrik akan semakin baik ketika efisiensi turbin tersebut semakin baik, efisiensi turbin penting untuk diperhatikan dan terus dimonitoring karena

ketika efisiensi turbin kecil maka aliran massa yang masuk turbin akan semakin besar. Oleh karena itu efisiensi turbin harus terus dalam keadaan handal agar aliran massa yang masuk turbin tidak besar, dan agar daya yang dihasilkan dari aliran massa yang tidak terlalu besar tersebut maksimal. Saat turbin sudah tidak handal maka perlu dilakukan perawatan bahkan perlu dilakukan pergantian termasuk pergantian turbin yang dilakukan oleh PT Geodipa Dieng, untuk meningkatkan daya yang dihasilkan perlu dilakukan pergantian turbin. Pada tahun 2014 daya yang dihasilkan generator sebesar 21,71 Mw (Agung, Itoi, Jalilinasrabad, & Jaelani, 2014), pada tahun 2018 daya yang dihasilkan dapat meningkat karena adanya pergantian turbin yang dilakukan PT tersebut.

2. Metodologi penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1 *Mass Balance*

Di dalam suatu sistem tertutup massa dari suatu aliran dianggap konstan sehingga diberikan oleh persamaan berikut (Loh, 1968).

$$\frac{d}{dt} \int_V p dV = 0$$

Dimana V adalah volume dan p adalah kerapatan massa.

2.1.2 *Energy Balance*

Pada pertengahan abad 19 ditemukan sebuah fakta bahwa energi kinetik dan energi potensial dapat diubah menjadi energi panas tanpa merubah nilai dari kedua energi tersebut, penemuan tersebut sampai saat ini terkenal dengan sebutan hukum termodinamika pertama yaitu “Jumlah kalor pada suatu sistem ialah sama dengan perubahan energi di dalam sistem tersebut ditambah dengan usaha yang dilakukan oleh sistem” (Loh, 1968)

2.1.3 Efisiensi Generator

Efisiensi panas dari sistem pembangkit listrik didefinisikan sebagai rasio daya keluaran bersih dan panas yang dilepaskan dari sumber energi panas bumi, yang didefinisikan sebagai persamaan berikut (Yao, Zhang, & Yu, 2018)

$$\eta_{system} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{Q}_w}$$

\dot{W}_{net} dan \dot{Q}_w dapat ditulis dengan persamaan berikut ini

$$\dot{Q}_w = \dot{m}_w(h_{w1} - h_{w2})$$

$$\dot{W}_{net} = \sum \dot{W}_E - \dot{W}_P$$

Dimana:

η_{system} = efisiensi panas dari sistem

\dot{W}_{net} = Daya keluaran bersih (kW)

\dot{Q}_w = Aliran panas dari *geothermal water*

\dot{W}_E = Daya keluaran *expander* (kW)

\dot{W}_P = Daya keluaran *pump* (kW)

\dot{m}_w = laju aliran massa (kg/s)

h_{w1} = entalpi spesifik dari *geothermal water 1* (Kj/kg)

h_{w2} = entalpi spesifik dari *geothermal water 2* (Kj/kg)

2.2 Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Data primer di dapatkan melalui pengukuran langsung di PT Geodipa Dieng yang berupa data suhu dan tekanan pada turbin milik pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) milik PT Geodipa Dieng.

Data sekunder dikumpulkan dari sumber-sumber data yang dianggap relevan dengan penelitian ini yaitu berupa paper-paper dan data literature terdahulu.

2.3 Pemrosesan data

Pengolahan parameter suhu dan tekanan dengan cara interpolasi menggunakan *steam table* untuk mendapatkan nilai volume spesifik, energi dalam, entalpi dan entropi pada setiap komponen turbin milik PT Geodipa Dieng

Pengolahan data *flow rate* dan entalpi pada turbin generator untuk mendapatkan nilai efisiensi dari turbin generator. Setelah mendapatkan nilai efisiensi turbin maka dianalisis apakah nilai tersebut masih sesuai dengan referensi atau literatur yang didapatkan pada pengumpulan data sekunder. Dari nilai efisiensi tersebut dapat dilihat juga apakah turbin tersebut masih handal atau tidak sesuai referensi

3. Hasil & Pembahasan

3.1 Data Penelitian

Data yang diambil berupa data suhu dan tekanan pada turbin dalam waktu satu tahun, Tabel 1 merupakan beberapa data suhu dan tekanan pada turbin PT Geodipa Dieng baik input maupun Output.

Data tersebut selanjutnya diolah untuk didapatkan nilai entalpi, entropi dll, yang selanjutnya bersama dengan *flowrate* nilai entalpi dan entropi akan digunakan untuk mencari nilai efisiensi turbin.

Tabel 1. Data Penelitian

No	Date	flow rate	Turbin			
			input		Output	
			Suhu	Tekanan	Suhu	Tekanan
	Satuan	ton/hr	C	bar	C	bar
1	31/03/2018	328	155	8,2	42,7	-0,52
2	29/03/2018	358	152	8,4	42,6	-0,51
3	02/02/2018	331	150	8,6	42	-0,61
4	02/01/2018	352	152	8,3	42,4	-0,55
5	01/01/2018	349	143	8,4	41,6	-0,58
6	02/12/2017	364	142	8,4	42,6	-0,6
7	01/12/2017	358	140	8,3	42,3	-0,61
8	02/11/2017	337	142	8,4	41,3	-0,56
9	01/11/2017	330	144	8,2	40,3	-0,62
10	02/10/2017	278	151	8,4	40,4	-0,64
11	01/10/2017	256	140	8,5	39,7	-0,66
12	02/09/2017	329	152	8,5	40,9	-0,62
13	01/09/2017	313	151	8,5	40,6	-0,61
14	04/08/2017	330	151	8,4	43,1	-0,56
15	03/08/2017	320	139	8	42,1	-0,57
16	02/07/2017	311	139	8,2	41,8	-0,61
17	01/07/2017	314	132	8,4	41	-0,61
18	02/06/2017	324	125	8,3	43	-0,64
19	01/06/2017	321	124	8,3	43,2	-0,63
20	02/05/2017	344	134	8,3	41,8	-0,59
21	01/05/2017	335	137	8,4	42,4	-0,6
22	02/04/2017	283	132	8,3	40,3	-0,64
23	01/04/2017	301	138	8,4	41	-0,65

3.2 Perhitungan *Mass Balance*

Berikut ini adalah contoh pengolahan neraca massa pada turbin. Perhitungan ini dilakukan untuk melihat bahwa tidak ada massa yang hilang saat proses turbin berlangsung atau bekerja sehingga efisiensi pada turbin benar-benar berasal dari aliran massa yang masuk dan yang keluar turbin

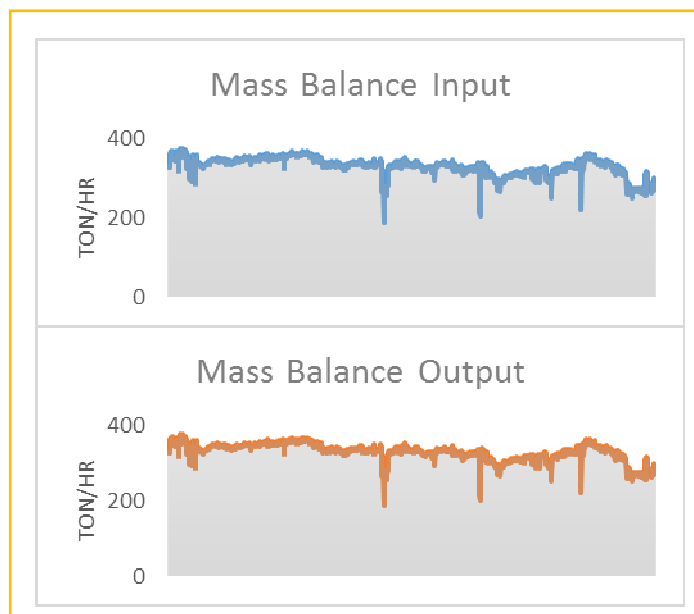
Dengan asumsi fluida masuk turbin adalah *steam* dan keluaran turbin terdiri dari *steam* dan kondensat, maka didapat:

$$\begin{aligned}
 \text{Laju alir } \textit{steam} \text{ masuk turbin} &= 341,725 \text{ ton/jam} \\
 \textit{Steam} \text{ keluaran turbin} &= 0,7949 \times 341,725 \text{ ton/jam} = 271,631 \text{ ton/jam} \\
 \text{Kondensat keluaran turbin} &= 0,2051 \times 341,725 \text{ ton/jam} = 70,094 \text{ ton/jam} \\
 \text{Total laju alir keluaran turbin} &= 341,725 \text{ ton/jam}
 \end{aligned}$$

Tabel 2. Neraca Massa di Turbin

Komponen	Input (ton/h)	Output (ton/h)
	F1	F2
Uap	341,725	271,631
Air	-	70,094
Jumlah	341,725	341,725

Adapun neraca massa dengan perhitungan data dalam waktu satu tahun yaitu seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Neraca massa

Nilai *mass balance* yang yang diperoleh merupakan nilai *mass balance* yang terjadi di dalam turbin, nilai tersebut dipengaruhi oleh *flowrate* dari fluida dan kandungan fraksi uap pada turbin, dengan asumsi fluida yang masuk turbin berupa *steam* dan yang keluar turbin berupa *stem* dan kondensat.

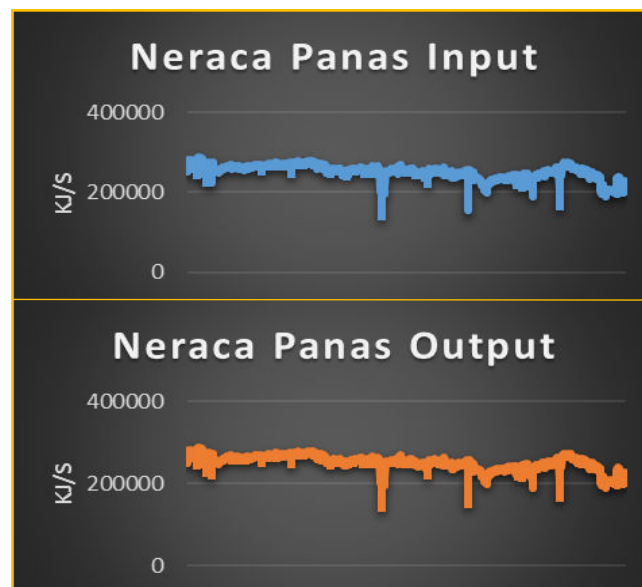
3.3 Perhitungan Neraca energi

Energi balance yang ditinjau berupa energi panas yang masuk pada turbin dimana energi panas tersebut didapatkan dari perbandingan panas yang masuk dan panas yang keluar turbin. Panas yang masuk berupa *steam* yang dihitung dengan mengalikan *flowrate* dan nilai entalpi panas dalam wujud uap. Panas yang keluar turbin berupa *steam* dan kondensat yang dihitung dengan menjumlahkan beberapa panas yaitu panas dari air, panas dari uap, panas laten dan panas yang terpakai (panas mekanik). Tabel 3 menunjukkan salah satu contoh perhitungan neraca panas pada tanggal 31 maret 2018.

Tabel 3. Neraca Panas di Turbin

Komponen	In (kJ/s)	Out (kJ/s)
	Q1	Q2
Air	-	785,998
Uap	250774,222	3437,39
Panas Laten	-	59570,3
Panas Energi	-	186980,571
Jumlah	250774,222	250774,222

Gambar 2. menunjukkan nilai neraca panas pada PLTP Geodipa Energi unit dieng dalam waktu satu tahun dari april 2017 sampai maret 2018. Dengan mengetahui neraca panas kita dapat mengetahui bahwa tidak ada panas yang berasal dari lingkungan dan yang menuju lingkungan sehingga efisiensi dari turbin tidak terpengaru oleh kehilangan panas karena lingkungan dan menuju lingkungan.



Gambar 2. Neraca Panas

3.4 Perhitungan Efisiensi Turbin

Proses yang berlangsung di dalam turbin adalah ekspansi isentropik sehingga entropi masuk turbin sama dengan entropi keluar turbin. Besarnya fraksi uap dan kondensat yang keluar turbin dapat dihitung berdasarkan data entropi cair (S_f) dan entropi gas (S_g) pada kondisi *outlet* turbin

Efisiensi turbin generator merupakan perbandingan antara daya kotor yang masuk turbin

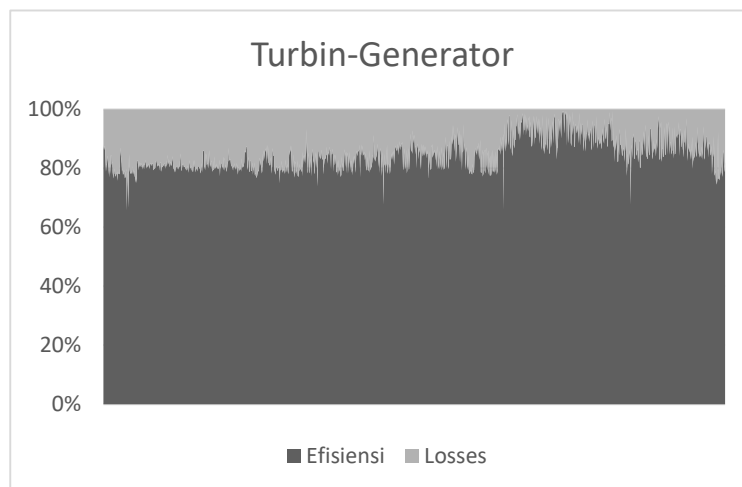
dan daya keluaran bersih dari generator, hal ini dikarenakan turbin dikopel dengan generator dan bekerja secara bersama-sama. Berikut ini merupakan salah satu contoh perhitungan efisiensi turbin. Tabel 4. menunjukkan hasil interpolasi dari *Steam Table*

Tabel 4. Data *Saturated Steam Table* pada Tekanan *Outlet* Turbin

Tekanan (bar)	Hg (kJ/kg)	Hf (kJ/kg)	Sg (kJ/kg. K)	Sf (kJ/kg. K)
0,075	2573,9	168,74	8,2494	0,57625
0,0988	Hg2	Hf2	Sg2	Sf2
0,1	2583,8	191,83	8,1482	0,64926

$$\begin{aligned}
 \eta_{\text{Turbin}} &= \frac{W_s}{W_{\text{isentropik}}} \\
 &= \frac{46,075}{64,7459} \times 100\% \\
 &= 71,16\%
 \end{aligned}$$

Efisiensi menunjukkan seberapa besar daya yang mampu dikonversi oleh generator dari inputan energi yang ada. Besarnya efisiensi turbin-generator pada pembangkit listrik tenaga panas bumi PLTP Geodipa Energi Unit Dieng. Gambar 3 menunjukkan besarnya nilai efisiensi turbin-generator pada PLTP Dieng.



Gambar 3. Efisiensi Turbin Geodipa

Nilai efisiensi turbin-generator PLTP Dieng pada Gambar 3. rata-rata bernilai diatas 70% dan di bawah 85%. Pada kondisi terendah efisiensi dari pembangkit tersebut masih berada di angka 60% hal ini masih sesuai dengan nilai efisiensi yang ditunjukkan oleh studi literatur yaitu sebesar 60-80%. (Zarrouk & Moon, 2014). Kondisi terendah pada sistem tersebut terjadi ketika *flowrate* yang masuk pada turbin nilainya sangat kecil, dan berada di bawah nilai yang seharusnya dapat ditampung oleh suatu turbin. Nilai efisiensi yang melebihi 90% disebabkan oleh *flowrate* yang lebih besar dari yang seharusnya ditampung oleh turbin. Secara garis besar nilai efisiensi seharusnya tidak dipengaruhi oleh besarnya *flowrate*, besarnya *flowrate* yang masuk pada turbin hanya menunjukkan kemampuan turbin dalam menampung uap panas dari separator, semakin besar daya tampung turbin maka hasil yang

diolah turbin menjadi daya akan semakin besar, begitupula sebaiknya

4. Kesimpulan

1. Nilai efisiensi turbin PLTP Geodipa Dieng masih sesuai dengan referensi atau studi literature PLTP pada umumnya dengan nilai 70-85%.
2. Efisiensi turbin PT Geodipa Dieng dapat dikatakan masih handal karena masih berada di atas nilai referensi atau studi literatur yaitu 60-80%

Daftar Pustaka

- [1] Pambudi, N. A., Itoi, R., Jalilinasraby, S., & Jaelani, K. (2014). Exergy analysis and optimization of Dieng single-flash geothermal power plant. *Energy Conversion and Management*, 78, 405-411.
- [2] Loh, W. H. T. (1968). *Fundamentals of Thermodynamics and Aerothermodynamics*. In Jet, Rocket, Nuclear, Ion and Electric Propulsion (pp. 3-116). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [3] Energi, K., & Mineral, S. D. (2015). *Rencana Strategis Kementerian ESDM Tahun 2015-2019*.
- [4] Yao, S., Zhang, Y., & Yu, X. (2018). Thermo-economic analysis of a novel power generation system integrating a natural gas expansion plant with a geothermal ORC in Tianjin, China. *Energy*, 164, 602-614.
- [5] Zarrouk, S. J., & Moon, H. (2014). Efficiency of geothermal power plants: A worldwide review. *Geothermics*, 51, 142-153.

SCADA FOR PROTOTYPE OF DOUBLE TRACK RAILROAD GATE ARM AUTOMATION BASED ON PLC M221

Theresia Prima Ari Setiyani¹⁾, Dede Kurniawan Salim²⁾

Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma

Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman

Email: ¹ariprima@usd.ac.id

Abstract

Most of the gate arm at railroad crossings in Indonesia still using manual systems. Operator error and failure of a manual gate arm operate are factors in the occurrence of accidents on the railroad crossing. SCADA for railroad gate arm is an automation control system to open and close a railroad gate arm that has 2 lanes (double track). The system uses a PLC Schneider M221 as a controller and an HMI as an interface. The HMI allows operators to monitor system conditions in real-time. Four pairs of photosensors on the right and left side of the gate arm are used to detect trains in each lane. Information from the photosensor is processed by the PLC to control the gate arm motor, buzzer, indicator lights, and information display to the HMI. There are 2 operation modes, automatic and manual. In automatic mode, when the photosensor detects a train is about to pass, the gate arm closes, the buzzer goes on, the red light flashes. After the photosensor detects that the train has passed, the gate arm will open, the buzzer will off, and the green light will off. if the photosensor are damaged then manual operation mode is using by pressing the open or close button.

Keywords : SCADA, PLC, railroad gate, double track, HMI

1. Pendahuluan

Kereta api merupakan salah satu sarana transportasi darat yang masih aktif dan diminati oleh masyarakat [1]. Dalam operasionalnya tidak dapat dihindari bahwa rel kereta pasti bersinggungan dengan jalan raya, sehingga keamanan pada perlintasan menjadi hal penting yang harus diperhatikan. Palang pintu pada perlintasan kereta api di Indonesia masih menggunakan sistem manual sehingga masih diperlukan operator untuk membuka tutup palang pintu kereta api [2]. Kesalahan operator dan gagalnya palang pintu manual beroperasi menjadi salah satu faktor terjadinya kecelakaan pada palang pintu lintasan kereta api. Sistem pintu perlintasan kereta api secara manual umumnya bekerja sebagai berikut: ketika operator pengendali menerima sinyal bahwa akan ada kereta api yang melewati penyeberangan maka operator akan segera menurunkan palang pintu untuk menutup jalan penyeberangan bagi bus/ motor atau pejalan kaki dan membiarkan kereta api melewati penyeberangan dengan leluasa. Setelah kereta api melintas sepenuhnya maka operator akan menaikkan palang pintu untuk membuka jalan bagi bus/ motor dan pejalan kaki [2]. Demikian secara berulang- ulang operator melaksanakan pengendalian palang pintu penyeberangan.

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) merupakan teknologi otomasi berbasis komputer yang digunakan untuk monitoring dan kontroling suatu sistem. Biasanya SCADA digunakan untuk melakukan monitoring dan kontroling proses industri yang kompleks menggantikan tenaga manusia (bisa karena dianggap berbahaya atau tidak praktis) dan biasanya merupakan proses-proses yang melibatkan faktor-faktor kontrol yang lebih banyak, faktor-faktor

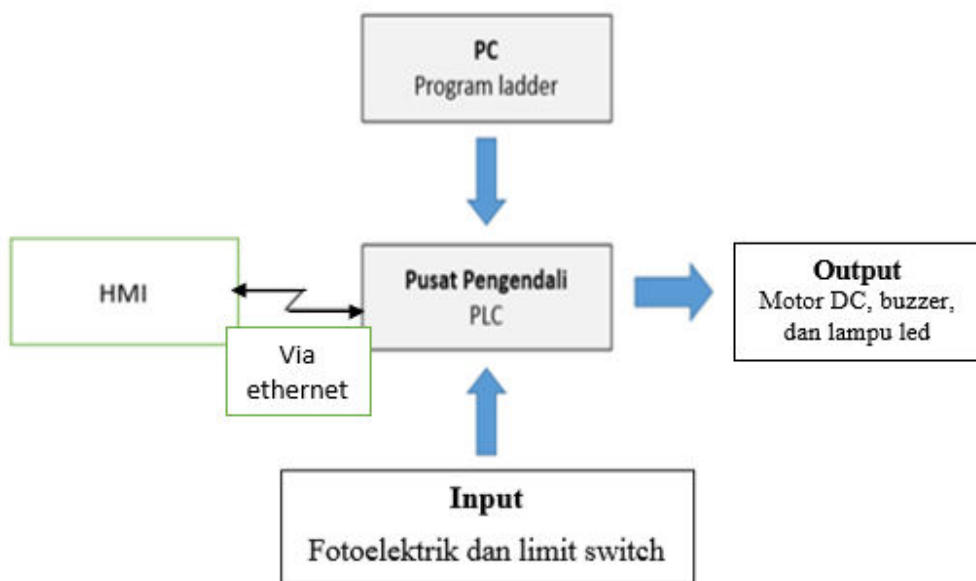
kontrol gerakan-cepat yang lebih banyak, dan lain sebagainya, dimana pengontrolan oleh manusia menjadi tidak nyaman lagi [3].

SCADA untuk palang pintu KA merupakan sistem otomasi pengendalian buka tutup palang pintu KA yang memiliki 2 jalur (*double track*). Sistem menggunakan PLC (*Programmable Logic Controller*) dari Schneider M221 sebagai kontroler dan HMI (*Human Machine Interface*) sebagai *interface*. Adanya HMI akan mempermudah operator untuk mengatur dan melihat kondisi sistem secara *real time*. Penggunaan PLC sebagai kontroler adalah karena PLC memiliki beberapa kelebihan dibanding sistem kontrol konvensional seperti sistem pengkabelan lebih sederhana, pemrograman ulang relatif cepat, adanya record data dan interface yang memudahkan pengguna serta kemudahan pengecekan kerusakan [4]. Penggunaan PLC Schneider seri M221 adalah karena PLC seri tersebut memiliki port ethernet sehingga memungkinkan pemantauan dari jarak jauh melalui internet[5].

Beberapa penelitian tentang otomasi palang pintu KA sudah ada sebelumnya antara lain, Miniatur Palang Pintu Kereta Api Otomatis dengan Menampilkan Kecepatan Kereta Serta Waktu Tunggu Menggunakan Arduino [6], Palang Pintu Kereta Otomatis dengan Indikator Suara Sebagai Peringatan Dini Berbasis Mikrokontroler AT89S51 [7], Sistem PLC Pada Model Pengatur Palang Pintu Perlintasan Kereta Api Otomatis [8]. Namun penelitian tersebut hanya menggunakan 1 jalur kereta dan belum menggunakan sistem SCADA.

2. Metodologi Penelitian

Diagram blok yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperti gambar 1 berikut :



Gambar 1. Diagram blok SCADA untuk prototipe palang pintu kereta api otomatis 2 jalur berbasis PLC M221

Dengan demikian metode penelitian yang digunakan yaitu :

- a. Perancangan dan implementasi perangkat keras prototipe rel kereta api, yang meliputi sistem sensor, motor penggerak palang pintu KA, sistem alarm, dan lampu indikator. Komponen elektronis yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

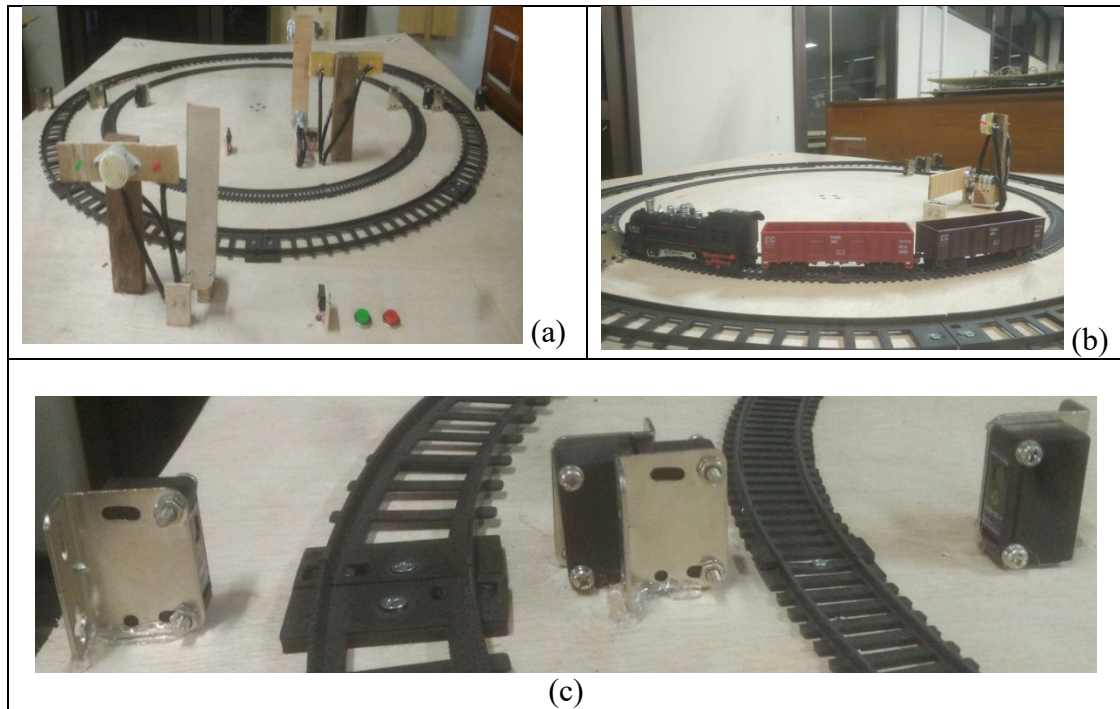
Tabel 1. Komponen elektronik prototipe palang pintu kereta api otomatis 2 jalur

No.	Keterangan	Fungsi atau keterangan
1	Fotosensor 1	Mendeteksi kereta melintas.
2	Fotosensor 2	Mendeteksi kereta melintas.
3	Fotosensor 3	Mendeteksi kereta melintas.
4	Fotosensor 4	Mendeteksi kereta melintas.
5	<i>Limit switch</i> 1	Sebagai pembatas palang pintu 1 saat naik.
6	<i>Limit switch</i> 2	Sebagai pembatas palang pintu 1 saat turun.
7	<i>Limit switch</i> 3	Sebagai pembatas palang pintu 2 saat naik.
8	<i>Limit switch</i> 4	Sebagai pembatas palang pintu 2 saat turun.
9	<i>Push Button</i> naik	Membuka palang pintu 1&2 secara manual.
10	<i>Push Button</i> turun	Menutup palang pintu 1&2 secara manual.
11	Led Merah 1	Sebagai indikator bahwa pengguna jalan raya sisi utara tidak boleh melintas.
12	Led Merah 2	Sebagai indikator bahwa pengguna jalan raya sisi selatan tidak boleh melintas.
13	Led Hijau 1	Sebagai indikator bahwa pengguna jalan raya sisi utara boleh melintas.
14	Led Hijau 2	Sebagai indikator bahwa pengguna jalan raya sisi selatan boleh melintas.
15	<i>Buzzer</i>	Sebagai indikator bahwa kereta akan melintas.
16	Motor DC Palang Pintu 1	Sebagai penggerak palang pintu 1.
17	Motor DC Palang Pintu 2	Sebagai penggerak palang pintu 2.

- b. Perancangan dan implementasi perangkat lunak yang meliputi pemrograman ladder PLC untuk kendali motor palang pintu KA, alarm dan lampu indikator, serta HMI untuk animasi palang pintu kereta dan informasi status sensor, alarm dan lampu indikator. Programing PLC menggunakan perangkat lunak SoMachine Basic, sedangkan Programing HMI menggunakan perangkat lunak Wonderware InTouch
- c. Perancangan dan implementasi konfigurasi jaringan Ethernet menggunakan *Wonderware MODBUS Ethernet I/O Server* (MBENET). MBENET adalah program aplikasi Microsoft Windows yang memungkinkan akses data di PLC Modicon melalui jaringan Ethernet ke PC sehingga layar monitor – sebagai HMI - dapat menampilkan informasi sistem secara *real time*. Protokol komunikasi melalui Ethernet digunakan untuk menangani elemen data dalam percakapan yang menggunakan konvensi penamaan tiga bagian yang mencakup *application name*, *Topic Name*, dan *Item Name*.
- d. Uji coba dan pengambilan data untuk menguji prototipe dan HMI yang sudah dibuat sehingga dapat dilihat hasil kerjanya. Data yang diambil berupa data respon sistem saat kereta melintas dari barat dan timur, baik 1 jalur maupun 2 jalur. Kemudian membandingkan respon pada prototipe tersebut dengan indikator sensor, alarm, buzer dan proses animasi pada HMI.
- e. Analisis dan penyimpulan hasil percobaan. Analisis data dilakukan dengan membandingkan keakuratan proses pada prototipe dengan animasi pada HMI sehingga dapat diambil kesimpulan tentang berhasil tidaknya sistem yang dibuat.

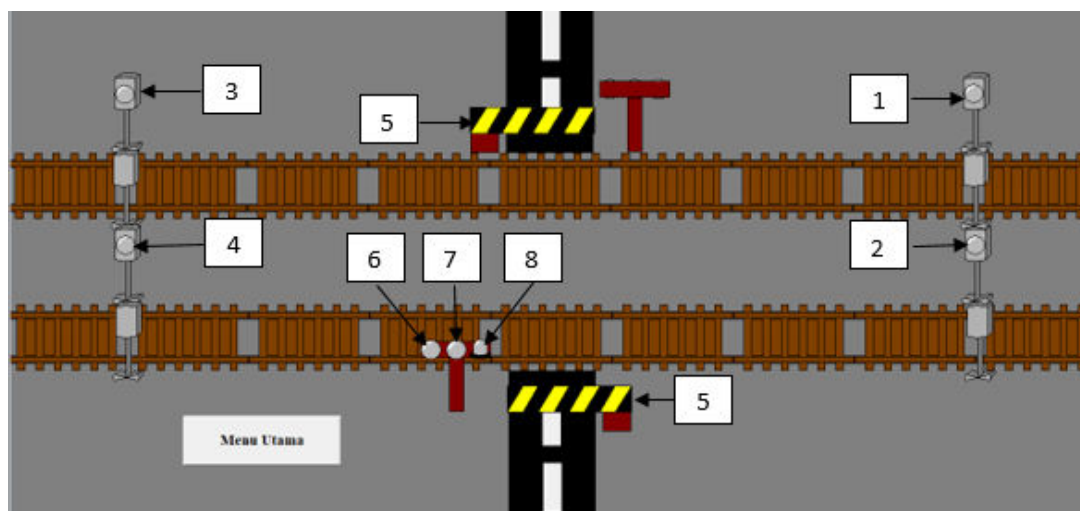
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil implementasi perangkat keras prototipe jalur rel kereta api, yang meliputi sistem sensor, motor penggerak palang pintu KA, sistem alarm, dan lampu indikator, dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. (a). Hasil implementasi prototype sistem. (b). Kondisi saat sebuah KA melintas. (c). Posisi pemasangan foto sensor

HMI ditampilkan melalui layar monitor. Hasil tampilan HMI beserta keterangannya dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 2 berikut.



Gambar 3. Tampilan menu monitoring HMI

Tabel 2. Keterangan tampilan HMI menu monitoring

No	Keterangan	No	Keterangan
1	Foto sensor 1	5	Palang pintu
2	Foto sensor 2	6	Led merah
3	Foto sensor 3	7	Led hijau
4	Foto sensor 4	8	Buzzer / Alarm

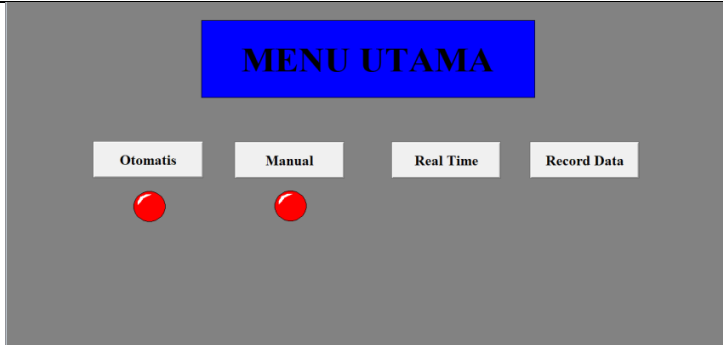
Sistem telah diuji coba dan berhasil diaplikasikan untuk KA dengan berbagai macam jumlah gerbong, yaitu 0 s/d 3, dengan berbagai macam kondisi sebagai berikut:

- 1 KA melintas dari kiri ke kanan dan sebaliknya pada jalur atas.
- 1 KA melintas dari kiri ke kanan dan sebaliknya pada jalur bawah.
- 2 KA melintas bersamaan dari kanan semua
- 2 KA melintas bersamaan dari kiri semua
- 2 KA melintas bersamaan dari kanan dan kiri
- 2 KA melintas berurutan dari kanan semua
- 2 KA melintas berurutan dari kiri semua
- 2 KA melintas berurutan dari kanan dan kiri

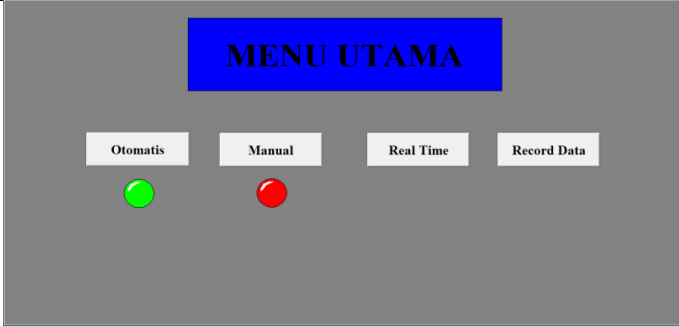
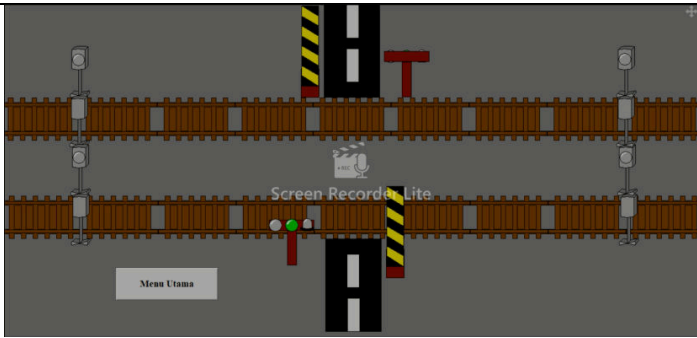
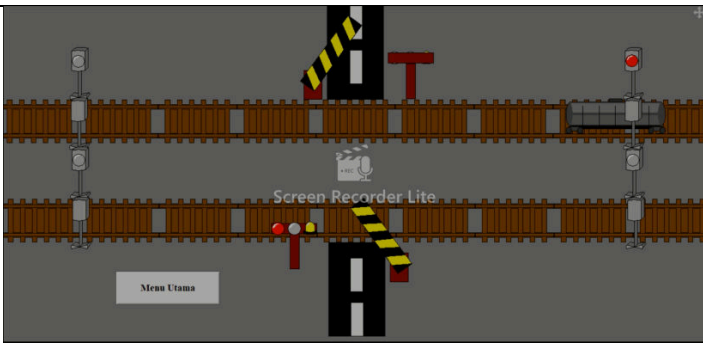
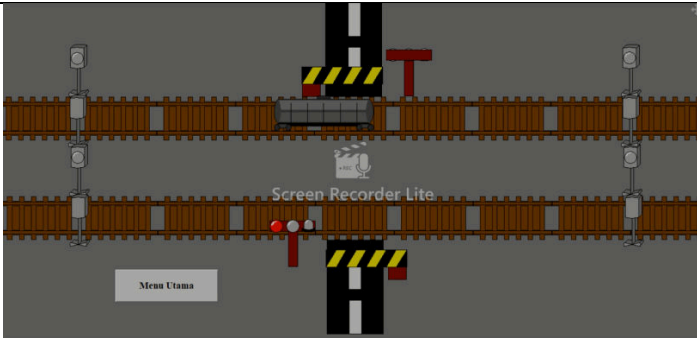
Dari pengamatan saat uji coba dapat diamati bahwa pada mode otomatis kondisi awal diasumsikan tidak ada KA yang akan melintas, sehingga palang pintu dalam kondisi terbuka, lampu indikator hijau menyala, lampu indikator merah mati dan buzzer tidak berbunyi. Saat foto sensor mendeteksi adanya KA yang akan melintas di persimpangan, maka palang pintu akan mulai menutup, lampu indikator hijau mati, lampu indikator merah hidup berkedip dan buzzer berbunyi. Saat foto sensor mendeteksi gerbong terakhir KA telah melintas di persimpangan, maka palang pintu akan mulai membuka, lampu indikator hijau hidup, lampu indikator merah mati dan buzzer berhenti berbunyi. Beberapa tampilan di HMI untuk kondisi KA datang dari Arah Timur Melalui Jalur Utara mulai dari kondisi awal – proses penutupan palang sampai pembukaan palang dapat dilihat pada Tabel 3 .

Tabel 3. Data Tampilan HMI dan Komponen Proses Kereta Datang dari Arah Timur Melalui Jalur Utara

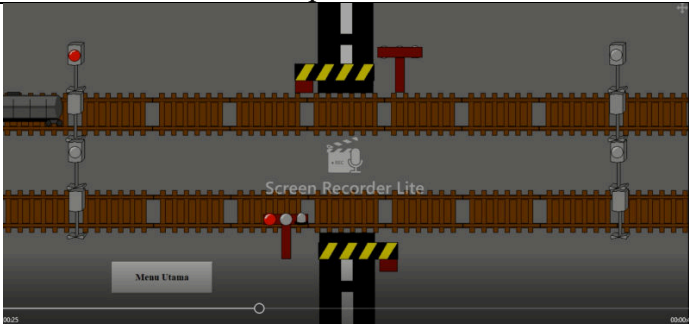

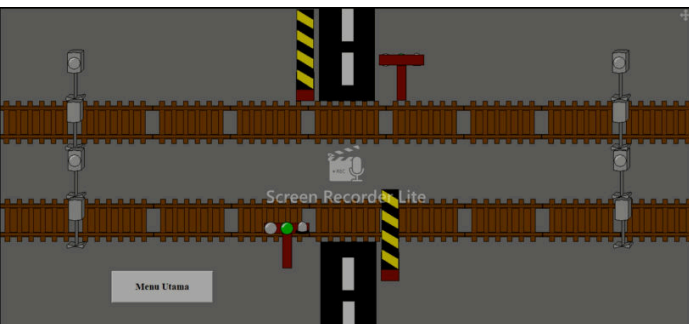
Ket : 1=ON; 0=OFF; FE=Fotosensor; MDC=Motor DC; LM=Led Merah; LH=Led Hijau; Buz=Buzzer

Kondisi	Proses	Tampilan HMI
FE1=0 FE2=0 FE3=0 FE4=0 MDC=0 LM=0 LH=0 BUZ=0	Kondisi awal tampilan menu utama, operator belum memilih jenis operasi	

Lanjutan Tabel 3

Kondisi	Proses	Tampilan HMI
FE1=0 FE2=0 FE3=0 FE4=0 MDC=0 LM=0 LH=1 BUZ=0	Operator memilih jenis operasi otomatis, maka indikator otomatis ON (berwarna hijau)	
FE1=0 FE2=0 FE3=0 FE4=0 MDC=0 LM=0 LH=1 BUZ=0	Kondisi awal halaman monitoring, led hijau ON	
FE1=1 FE2=0 FE3=0 FE4=0 MDC=1 LM=1 LH=0 BUZ=1	Sensor FE1 Mendeteksi kereta lewat. Led hijau OFF, animasi kereta ON, palang pintu menutup, indikator led merah dan buzzer ON.	
FE1=0 FE2=0 FE3=0 FE4=0 MDC=0 LM=1 LH=0 BUZ=1	Palang pintu menyentuh limit switch, maka motor OFF. Kereta melewati sensor FE1, maka FE1 OFF	

Lanjutan Tabel 3

Kondisi	Proses	Tampilan HMI
FE1=0 FE2=0 FE3=1 FE4=0 MDC=0 LM=1 LH=0 BUZ=1	Sensor FE3 mendeteksi kereta telah melewati palang pintu, maka FE3 ON	
FE1=0 FE2=0 FE3=0 FE4=0 MDC=1 LM=0 LH=1 BUZ=0	Kereta telah melewati sensor FE3, maka palang pintu naik, led hijau ON, led merah OFF, buzzer OFF	
FE1=0 FE2=0 FE3=0 FE4=0 MDC=0 LM=0 LH=1 BUZ=0	Palang pintu menyentuh limit switch, maka motor OFF dan tampilan halaman monitoring kembali ke kondisi awal	

Dari Tabel 3 tampak bahwa saat operator memilih mode operasi otomatis dari HMI, maka led hijau ON. Sistem bekerja ketika sensor FE1 mendeteksi ada kereta akan melintas, dan sistem selesai ketika sensor FE3 mendeteksi kereta telah selesai melintas. Pada saat sensor FE1 mendeteksi kereta akan melintas, palang pintu sudah tertutup penuh sebelum kereta sampai ke palang pintu. Palang pintu terbuka ketika sensor FE3 sudah tidak mendeteksi adanya gerbong kereta dalam waktu 0,2 detik. Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan pada saat percobaan, hubungan antara tampilan HMI dengan *plant* sudah baik karena kondisi komponen I/O keduanya sama.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan prototipe palang pintu kereta api otomatis 2 jalur Berbasis PLC M221 yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan:

1. Sistem kendali palang pintu kereta api 2 jalur dapat mendeteksi kereta yang akan lewat maupun yang sudah lewat, dari semua arah (kiri maupun kanan), baik 1 kereta maupun

- 2 kereta dengan berbagai macam jumlah gerbong sehingga dapat menggerakkan aktuator (motor palang pintu, alarm dan lampu indikator) sesuai yang diinginkan .
2. Komunikasi antara HMI dengan PLC melalui ethernet sudah berjalan dengan baik sehingga HMI dapat menerima data dari PLC dan dapat menampilkan kondisi sistem secara *real time*.

Ucapan Terima Kasih

“Penulis Th. Prima Ari dan Dede Kurniawan Salim mengucapkan terima kasih kepada LPPM USD yang telah memberikan dukungan finansial melalui Hibah Penelitian Intrenal tahun 2019”.

Daftar Pustaka

- [1] [Online]. Available: <http://etd.repository.ugm.ac.id/downloadfile/71381/potongan/S1-2014-296391-abstract.pdf>. [Diakses 25 Oktober 2018].
- [2] F. R. Pramono, “Liputan6.com,” PT Liputan6.com, 8 Desember 2015. [Online]. Available: <https://www.liputan6.com/news/read/2385064/beginilah-pengaturan-pintu-perlintasan-kereta>. [Diakses 25 Oktober 2018].
- [3] C. Ulin, “SCRIBD,” 29 Oktober 2017. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/document/362935493/Apa-Manfaat-SCADA-Bagi-Anda>. [Diakses 5 November 2018].
- [4] I. “Ndoware,” 3 Agustus 2017. [Online]. Available: <http://ndoware.com/kelebihan-plc.html>. [Diakses 25 Oktober 2018].
- [5] “Schneider Electric,” Schneider Electric, [Online]. Available: <https://www.schneider-electric.com/en/product/TM221CE24R/controller-m221-24-io-relay-ethernet/>. [Diakses 25 Oktober 2018].
- [6] Firdaus, M. A. (2015). Miniatur Palang Pintu Kereta Api Otomatis dengan Menampilkan Kecepatan Kereta Serta Waktu Tunggu Menggunakan Arduino (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Semarang).
- [7] F. M. Subali dan D. Nur'ainingsih, (2008). Palang Pintu Kereta Otomatis Dengan Indikator Suara Sebagai Peringatan Dini Berbasis Mikrokontroler AT89S51. *Jurnal Teknologi & Rekayasa*, 13(1).
- [8] S. Irawan. (2007). Sistem PLC Pada Model Pengatur Palang Pintu Perlindungan Kereta Api Otomatis.

THREE-PHASE POWER DATA LOGGER USING IEM 3255 SCHNEIDER MODULE BASED ON INTERNET OF THINGS (IOT)

Muhammad Khosyi'in¹⁾, Agus Adhi Nugroho²⁾, Andry Yulistiyo³⁾

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang, 50112, Indonesia

Email :¹⁾chosyi@unissula.ac.id

Abstract

Electricity measurement methods, especially 3-phase power measurement are often constrained by several things, such as the use of several measuring devices for several measurement methods and must be carried out repeatedly to get the accuracy and precision of measurement data, sometimes even the measurement data collection must be obtained within a certain timeframe that is not effective and efficient. Retrieval of measurement data with a measuring instrument must be done by installing a measuring module in the circuit and then the data must be recorded manually. This method has the potential for errors in data collection and data collection. To get over a problem, a measurement method was developed using the IEM3255 module to measure 3 phase power, where the measurement data read can be connected to a web server with the MQTT protocol using IoT (Internet of Thing) technology. With this method, 3-phase power measurement data such as current, voltage, power, frequency and power factor can be stored and read from gadget connected to the internet network.

Keywords: Data logger, Power Meter, Daya 3-Phasa, ESP8266, IEM3255, IoT.

1. Pendahuluan

Pengukuran besaran listrik dalam hal ini adalah pengukuran konsumsi energi dapat dilakukan dengan menggunakan metode pengukuran langsung dan pengukuran tak langsung. Pengukuran secara langsung diimplementasikan pada instalasi ketenagalistrikan tegangan rendah berskala kecil, perangkat ukur langsung terhubung dengan beban listrik, sedangkan pengukuran secara tak langsung diterapkan pada instalasi tenaga listrik bertegangan rendah/menengah berskala besar, dimana perangkat ukur tidak langsung terhubung dengan beban listrik tetapi terhubung melalui trafo ukur yang terdiri dari trafo arus dan trafo tegangan [1].

Pada umumnya, penelitian yang di dalamnya terdapat kegiatan pengukuran besaran listrik, khususnya pengukuran daya terdapat beberapa kendala. Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya tentang Pengukuran Daya Pada Beban Pasif Di Gedung XY Semarang, pengukuran pada beban dilakukan tidak secara realtime, data hasil pengukuran diolah menggunakan asumsi bahwa konsumsi energi listrik beban pasif dalam keadaan standby adalah selama durasi waktu diluar jam kerja. Asumsi alokasi waktu pengukuran konsumsi energi listrik ini memiliki kelamahan terkait dengan akurasi data pengukuran besaran listrik pada durasi waktu yang tidak terukur secara realtime, karena besaran listrik nilainya dapat berubah pada respon waktu tertentu dimana data tersebut tidak tercatat atau terekam pada alat ukur [2].

Kendala pengukuran daya dalam hal ini adalah daya 3-fasa adalah kebutuhan penggunaan beberapa alat ukur dalam sebuah pengukuran daya 3-fasa dan pengukuran harus dilakukan dengan memindahkan cord connector dan clamp sensor pada rangkaian yang akan diukur, baik yang menggunakan metode 3 wire ataupun metode 4 wire. Pengukuran

tersebut juga harus dilakukan berulang-ulang bahkan terkadang dilakukan dalam rentang waktu tertentu yang sangat panjang yang tentunya menghabiskan waktu dan energi peneliti untuk mendapatkan data yang valid dan memiliki akurasi serta presisi tinggi.

Metode pengambilan data pengukuran daya tersebut memiliki kelemahan dari sisi akses pada alat ukur yang terpasang harus dilakukan secara langsung, sehingga muncul gagasan untuk membuat pengukuran yang memungkinkan hasil pengukuran daya yang diperoleh dapat diakses dari jarak jauh dengan gadget ataupun komputer dengan menggunakan teknologi internet, dalam hal ini adalah teknologi Internet of Things (IoT).

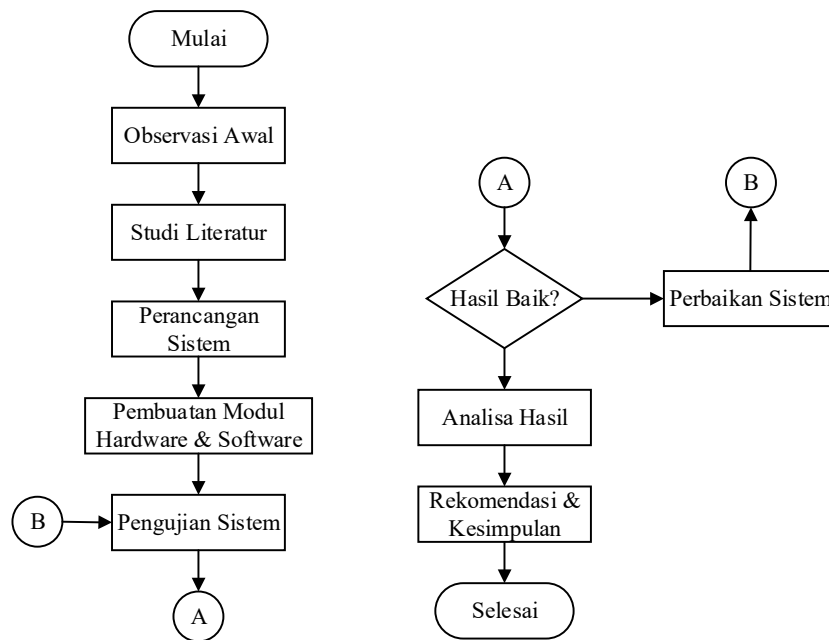
Penggunaan teknologi IoT ini menjadi alternatif pilihan berdasarkan pengalaman penelitian sebelumnya yang pernah dengan judul “Monitoring Jarak Jauh dan Kendali Penggunaan Listrik dengan Logika Fuzzy” mengenai monitoring jarak jauh data pengukuran suhu oleh sensor suhu LM35 dan sensor PIR yang pengiriman datanya dilakukan menggunakan modul Xbee [3]. Kelemahan dari metode pengiriman data dari sensor ini adalah faktor jarak, sehingga dibutuhkan metode komunikasi data yang terbaca oleh sensor dengan menggunakan komunikasi yang tidak terbatas pada ukuran jarak, dan teknologi yang memungkinkan adalah teknologi IoT

Data Logger adalah sebuah alat elektronik yang mencatat data dari waktu ke waktu baik yang terintegrasi dengan sensor dan instrumen. Pada umumnya perangkat data logger dilengkapi dengan mikroprosesor dan memori internal yang digunakan untuk mencatat dan merekam data dan sensor. Beberapa jenis data logger biasanya dikoneksikan dengan computer dan untuk mengaktifkannya digunakan sebuah software yang lebih sederhana. Pengamatan terhadap data yang terekam bisa dilakukan melalui komputer [4]. Penelitian mengenai Data Logger yang pernah dilakukan sebelumnya dengan judul “Data logger Ruang dan Pengendalian Berbasis Logika Fuzzy dengan Menggunakan National Instruments Myrio 1900”, memberikan hasil berupa prototipe data logger suhu ruang dengan menggunakan perangkat LabVIEW yang dilengkapi dengan board myRIO 1900 memungkinkan data pembacaan suhu ruang dapat tercatat dan juga bisa dikendalikan untuk efisiensi penggunaan energi listrik [5]. Sistem pencatatan data yang dilakukan dalam kajian penelitian ini masih dilakukan oleh komputer dengan perangkat LabVIEW, dengan penambahan modul ESP8266, hasil pembacaan data logger memungkinkan ditransmisikan ke komputer server dengan menggunakan protokol komunikasi berbasis IoT.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Deskripsi Umum Sistem

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian rancang bangun prototype data logger daya 3-fasa dengan menggunakan teknologi IoT, metode yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan dalam diagram alir berikut:



Gambar 1. Alur penelitian pembuatan modul data logger daya 3-fasa

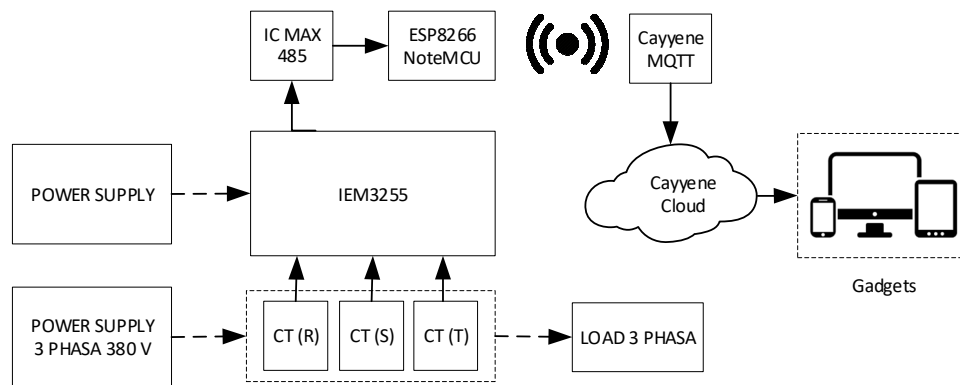
Penelitian ini dimulai dengan melakukan observasi untuk mendapatkan data awal terkait permasalahan dan kendala yang terkait dengan pengambilan data pengukuran yang dilakukan untuk mendapatkan data pengukuran yang memiliki akurasi dan presisi yang tinggi. Observasi dilakukan di Laboratorium teknik elektro dan juga dari kegiatan pengukuran yang pernah dilakukan terkait dengan pengukuran besaran listrik, baik itu pengukuran tegangan, arus, faktor daya serta pengukuran besaran daya baik 1 fasa dan 3-fasa.

2.2 Perancangan Sistem

Desain sistem dibuat dengan membuat konsep sistem pengukuran daya 3-fasa dengan menggunakan modul Schneider IEM 3255, data pembacaan besaran listrik yang diperoleh akan diproses untuk dikirimkan ke komputer server dalam hal ini adalah web server Cayenne, sebuah platform IoT berbasis web milik myDevices. Protokol komunikasi yang digunakan adalah Modbus Serial RTU yang mengatur metode dan format komunikasi serial (RS232 atau RS485) antara master dengan Slave. Sedangkan untuk pengiriman data keluaran dari sensor digunakan modul IC MAX 485 untuk dapat berkomunikasi dengan modul ESP 8266. Untuk pembacaan data di komputer atau gadget digunakan Protokol MQTT untuk pengiriman data dari ESP 8266 ke website cayenne.

1. Blok diagram sistem

Berikut ini adalah konsep sistem yang dibangun yang dideskripsikan dalam bentuk blok diagram sistem

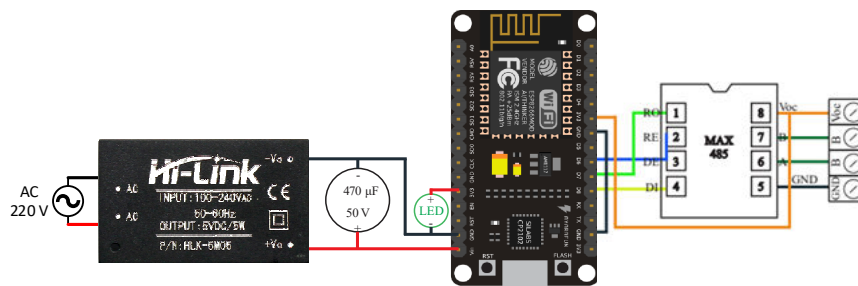


Gambar 2. Blok diagram sistem data logger daya 3-fasa

Dari gambar blok di atas, modul data logger pengukuran daya 3-fasa ini, terdapat beberapa modul elektronik, antara lain modul ESP 8266 NodeMCU, IC MAX 485, modul power meter Schneider IEM 3255, CT (Current Transformer) dan modul catu daya Hi-Link HLK-PM0.

2. Konfigurasi Modul ESP8266 NodeMCU

Berikut ini disajikan Konfigurasi Modul ESP8266 NodeMCU yang dirangkai bersama modul Hi-Link PM01 dan IC MAX 485:



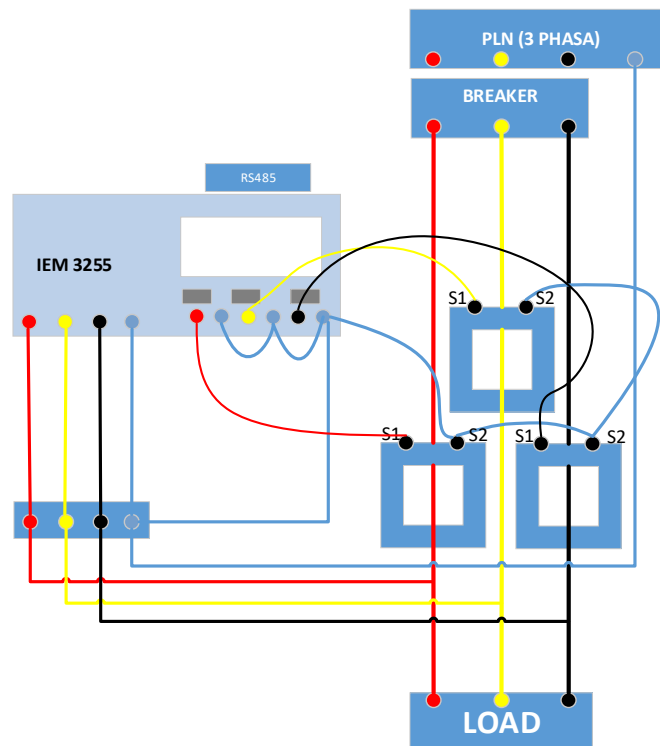
Gambar 3. Konfigurasi modul ESP8266 NodeMCU

Secara umum, modul ESP8266 adalah sebuah chip yang sudah dilengkapi processor, memori dan juga akses ke GPIO yang sudah lengkap dimana di dalamnya modul wifi yang berfungsi sebagai perangkat tambahan mikrokontroler agar dapat terhubung langsung dengan wifi. Modul ini bisa berdiri sendiri tanpa menggunakan mikrokontroler karena sudah memiliki perlengkapan layaknya mikrokontroler.[6]. Pada penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, mengenai sistem telemetri suhu menggunakan sensor MLX90614 Terkoneksi Wifi ESP8266 tahun 2017, peneliti mendapatkan sebuah hasil bahwa penggunaan modul ESP8266 sebagai perangkat komunikasi tanpa kabel dapat menjadi protokol pengiriman data dari pembacaan sensor MLX90614 untuk dikirimkan ke komputer server untuk kemudian ditampilkan menjadi data dalam bentuk grafik dan tabel melalui jaringan internet [7]. Modul power supply Hi-Link HLK-PM01 pada gambar di atas memiliki fungsi sebagai pencatu rangkaian pada modul ESP8266 NodeMCU. Modul ini mendapatkan masukan tegangan dari jala-jalan PLN sebesar 220 Volt dengan tegangan keluaran yang dihasilkan adalah tegangan DC 5V 600 mA (3W). Modul IC MAX 485 digunakan sebagai pengirim data secara serial, IC MAX 485 ini merupakan transceivers daya rendah untuk protokol komunikasi RS-485 dan RS-422. Dalam IC ini terdapat satu pengirim dan satu penerima, dengan kecepatan transmisi hingga 2,5 Mbps. Konsumsi daya yang digunakan 120 μ A pada keadaan siaga, dan 500 μ A pada saat beroperasi dengan pengirim dimatikan.

3. Desain wiring instalation

Data logger daya 3-fasa ini menggunakan modul Schneider IEM 3255, sebuah perangkat power meter digital yang memiliki komunikasi RS-485 dan memungkinkan mengirimkan data digitalnya melalui IC MAX 485. Untuk pengukuran arus, modul ini menggunakan trafo arus / CT (Current Transformer). CT ini berfungsi untuk mengukur arus yang melewati penghantar. Current Tranformer terpasang seri dengan beban yang akan diukur arusnya. Dengan rasio antara lilitan primer (N1) dan lilitan sekunder (N2) maka arus yang melewati suatu penghantar dapat diukur dengan alat ukur seperti Amper meter atau alat ukur digital lainnya [8].

Desain wiring instalation dari power meter digital IEM 3255 lengkap dengan pemasangan trafo CT dengan sumber jala jalan PLN 3-fasa dan beban 3-fasa dengan kode warna kabel mengacu PUIL 2010 dapat dilihat sebagaimana gambar berikut:



Gambar 4. Desain wiring instalation modul data logger daya 3-fasa

4. Desain Aplikasi

Pembuatan aplikasi antarmuka berbasis website dengan platform IoT dilakukan di website cayenne.com dengan menggunakan perangkat komputer. Prosesnya dimulai dengan membuat akun myDevices Cayenne, setelah proses registrasi selesai, maka proses selanjutnya adalah membuat project di website cayenne sesuai dengan kebutuhan. Pada penelitian ini, project yang dibuat adalah data logger 3-fasa. Variabel besaran listrik yang akan dimunculkan dalam widget pada dashboard aplikasi cayenne harus disesuaikan pengalamatannya dengan alamat yang ada pada datasheet IEM3255. Register Address yang digunakan berupa format float32 untuk menjalankan perintah di dalam Schneider IEM 3255. Register address dengan format flot 32 bit ditunjukkan tabel berikut:

Tabel 1. Register Address Schneider IEM 3255 [9]

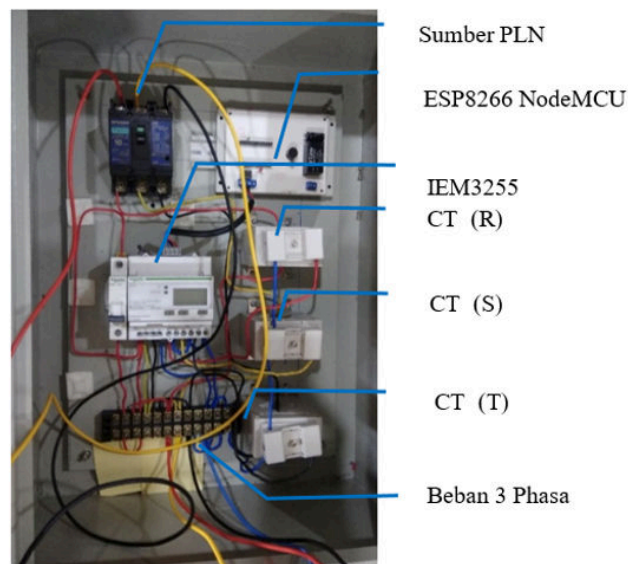
Register Address	Action (R/W/WC)	Size	Type	Units	Description
3000	R	2	Float32	A	I1: phase 1 current
3002	R	2	Float32	A	I2: phase 2 current
3004	R	2	Float32	A	I3: phase 3 current
3010	R	2	Float32	A	Current Avg
3036	R	2	Float32	V	Voltage L–N Avg
3060	R	2	Float32	kW	Total Active Power
3084	R	2	Float32	–	Power Factor
3110	R	2	Float32	Hz	Frequency
45100	R	2	Float32	Wh	Total Active Energy Import
45102	R	2	Float32	Wh	Total Active Energy Export
45108	R	2	Float32	Wh	Partial Active Energy Import
45110	R	2	Float32	VARh	Partial Reactive Energy Import

Program pada modul ESP8266NodeMCU dibuat menggunakan software arduino IDE dengan menyesuaikan board yang digunakan. Proses instalasi board ESP 8266 NodeMCU dilakukan menggunakan software nodem MCU 1.0 ESP 8266 V 2.3.0.

Setelah instalasi board selesai, selanjutnya adalah melakukan instalasi library CayenneMQTT pada library manager. Protokol MQTT ini digunakan untuk mengirim data dari ESP 8266 ke website cayenne. Proses akhir setelah ESP 8266 terhubung pada jaringan internet adalah konfigurasi project yang dibuat di website cayenee sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut adalah wiring dari modul data logger pengukuran daya 3-fasa yang dibuat dalam box panel.



Gambar 5. Wiring instalation data logger daya 3-fasa

Pengujian pengukuran yang dilakukan menggunakan alat ukur Clamp on Power Hitester tipe 3286-20 dan Power Analyzer Lutron DW-6092 sebagai referensi pembanding.

Variabel data pengukuran yang diamati adalah variabel besaran tagangan, arus, daya serta faktor daya, baik itu dari modul data logger ataupun dari alat ukur referensi.

Ada beberapa beban yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain, beban motor induksi 3-fasa dan beban lampu yang dihubungkan dengan jaringan jala-jalan PLN 3-fasa.

3.1 Pengujian Beban Motor Induksi 3-Phasa

Pengujian ini menggunakan beban motor listrik 3-fasa dengan kapasitas 1.5 HP berjumlah 12 buah dan 5 HP berjumlah 1 buah.

Adapun variabel besaran listrik yang diukur adalah, tegangan, arus dan daya aktif.

Tabel 2. Data pengukuran daya motor induksi 3-fasa

Pengukuran Ke - n	V (Volt)	I _R (A)	I _S (A)	I _T (A)	P (kW)	PF	f (Hz)
1	396	26,78	31,41	30,33	16,22	0,83	50,1
2	392	25,83	31,56	30,51	15,15	0,82	49,8
3	395	26,36	29,85	28,7	16,19	0,81	49,8
4	391	25,53	30,8	29,85	16,2	0,83	50,1
5	394	25,82	30,94	30,14	16,14	0,81	50
6	394	25,76	30,94	31,12	16,21	0,83	50,1
7	394	25,61	31,49	31,55	15,99	0,81	50,3
8	396	25,82	30,67	30,73	16,05	0,82	50
Rata-rata	393,98	25,94	30,96	30,37	16,02	0,82	50,03

Nilai presisi dari pengukuran yang dilakukan secara detil dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 3. Perhitungan deviasi rata-rata dan presisi pengukuran motor induksi 3-fasa

Dev. ke-n	$\left \frac{d}{V} \right $	$\left \frac{d}{I_R} \right $	$\left \frac{d}{I_S} \right $	$\left \frac{d}{I_T} \right $	$\left \frac{d}{P} \right $	$\left \frac{d}{PF} \right $	$\left \frac{d}{f} \right $
1	2,02	0,84	0,45	0,04	0,20	0,01	0,08
2	2,48	0,11	0,60	0,14	0,87	0,00	0,23
3	0,92	0,42	1,11	1,67	0,17	0,01	0,23
4	2,68	0,41	0,16	0,52	0,18	0,01	0,08
5	0,32	0,12	0,02	0,23	0,12	0,01	0,02
6	0,32	0,18	0,02	0,75	0,19	0,01	0,08
7	0,48	0,33	0,53	1,18	0,03	0,01	0,27
8	2,02	0,12	0,29	0,36	0,03	0,00	0,02
Dev. Rata-rata	1,41	0,32	0,40	0,61	0,22	0,01	0,13
Presisi (%)	98,59	99,68	99,60	99,39	99,78	99,99	99,88

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa pengukuran yang dilakukan berulang-ulang mendapatkan data pengukuran dengan tingkat presisi yang sangat baik.

Untuk mendapatkan akurasi dalam pengukuran, dilakukan pengukuran daya menggunakan perangkat Power Analyzer Lutron DW-6092 sebagai alat ukur pembanding. Metode pengukuran yang dilakukan adalah metode 4 wire. tabel hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Pengukuran Motor 3-fasa menggunakan Power Analyzer

Pengukuran ke-n	V _{RS} (V)	V _{ST} (V)	V _{TR} (V)	I _R (A)	I _S (A)	I _T (A)	P (kW)	PF	f (Hz)
1	396,00	399	391,01	25,56	30,07	29,83	16,22	0,81	50,10
2	389,04	392,05	384,03	26,43	30,08	30,93	16,29	0,82	49,80
3	388,07	392,08	384,07	26,44	30,83	31,39	16,24	0,81	49,80
4	389,09	393,05	385,05	26,44	31,12	31,79	16,23	0,81	50,10
5	394,03	398,03	389,08	25,22	30,05	31,12	16,00	0,81	50,00
6	393,03	397,03	388,08	26,36	30,68	32,19	16,45	0,81	50,10
7	393,05	397,05	388,03	25,69	30,97	31,58	16,32	0,81	50,00
8	396	399,07	390,06	25,38	30,66	31,22	16,17	0,81	50,00
Rata-rata	392,29	395,92	387,43	25,94	30,56	31,26	16,24	0,81	49,99

Dengan menggunakan power analyzer, diperoleh akurasi parameter besaran yang diukur sebagaimana disajikan pada tabel 5 berikut:

Tabel 5. Akurasi pengukuran data logger terhadap power meter

Parameter	V	I _R	I _S	I _T	P	PF	f
Akurasi (%)	99,46	100,00	98,69	97,15	98,64	98,92	99,92

Tabel di atas menunjukkan akurasi yang sangat baik, ditunjukkan dengan rata-rata akurasi dari semua parameter pengukuran adalah 98,96 %.

3.2 Pengujian Beban Lampu

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan memberikan beban lampu TL dan lampu pijar, berikut adalah tabel data pengukuran yang diperoleh.

Tabel 6. Pengukuran Daya beban lampu menggunakan modul data logger 3-fasa

Pengukuran ke-n	V (Volt)	I _R (A)	I _S (A)	I _T (A)	P (kW)	PF	f (Hz)
1	383,7	0,40	0,49	0,48	0,266	0,885	50,33
2	383,6	0,40	0,48	0,49	0,268	0,886	50,10
3	383,5	0,40	0,49	0,48	0,269	0,882	50,02
4	383,2	0,40	0,49	0,47	0,268	0,870	50,01
5	383,2	0,40	0,48	0,48	0,266	0,882	50,02
Rata-rata	383,45	0,40	0,49	0,48	0,267	0,881	50,10

Berikut adalah data pengukuran menggunakan Clamp on Power Hitester:

Tabel 7. Pengukuran Daya beban lampu menggunakan Clamp meter

Pengukuran ke-n	V ₁ (Volt)	V ₂ (Volt)	V ₃ (Volt)	V _{Total} (Volt)	I ₁ (A)	I ₂ (A)	I ₃ (A)
1	217,10	221,00	223,40	381,92	0,41	0,43	0,43
2	216,60	220,90	223,50	381,63	0,41	0,43	0,43
3	216,70	221,20	223,50	381,86	0,41	0,43	0,43
4	216,50	221,40	223,30	381,74	0,41	0,43	0,43
5	216,80	221,30	223,50	381,97	0,41	0,43	0,43
Rata-rata	216,74	221,16	223,44	381,825	0,41	0,43	0,43

Kolom V_{Total} diperoleh dengan memasukkan rumus berikut,

$$V_{Total} = (V_1 + V_2 + V_3) \times \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)$$

$$V_{Total} = (217,10 + 221,00 + 223,40) \times \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)$$

$$V_{Total} = 381,92 \text{ Volt}$$

Tabel 4. 1. Pengukuran Daya beban lampu menggunakan Clamp meter (lanjutan)

Pengukuran ke-	P ₁ (kW)	P ₂ (kW)	P ₃ (kW)	P _{Total} (kW)	S ₁ (kVA)	S ₂ (kVA)	S ₃ (kVA)	S _{Total} (kVA)	PF	Frek (Hz)
1	0,082	0,086	0,086	0,254	0,090	0,095	0,094	0,279	0,910	50,0
2	0,082	0,086	0,086	0,254	0,089	0,096	0,094	0,279	0,910	50,1
3	0,082	0,086	0,086	0,254	0,090	0,097	0,094	0,281	0,904	50,0
4	0,082	0,086	0,086	0,254	0,089	0,096	0,095	0,280	0,907	50,0
5	0,082	0,086	0,086	0,254	0,089	0,090	0,096	0,275	0,924	50,1
Rata-rata	0,082	0,086	0,086	0,254	0,089	0,095	0,095	0,279	0,911	50,0

Dari tabel di atas, diperoleh Daya aktif,

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P = 0,082 \text{ kW} + 0,086 \text{ kW} + 0,086 \text{ kW}$$

$$P = 0,254 \text{ kW}$$

Daya Semu diperoleh,

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

$$S = 0,090 \text{ kVA} + 0,095 \text{ kVA} + 0,094 \text{ kVA}$$

$$S = 0,279 \text{ kVA}$$

Sehingga diperoleh Power faktor sebagai berikut,

$$PF = \frac{P}{S}$$

$$PF = \frac{0,254 \text{ kW}}{0,279 \text{ kVA}}$$

$$P = 0,910$$

Dari data pengukuran pada tabel 4.9 dan tabel 4.10, diperoleh akurasi pengukuran sebagaimana disajikan pada tabel 4.11 berikut,

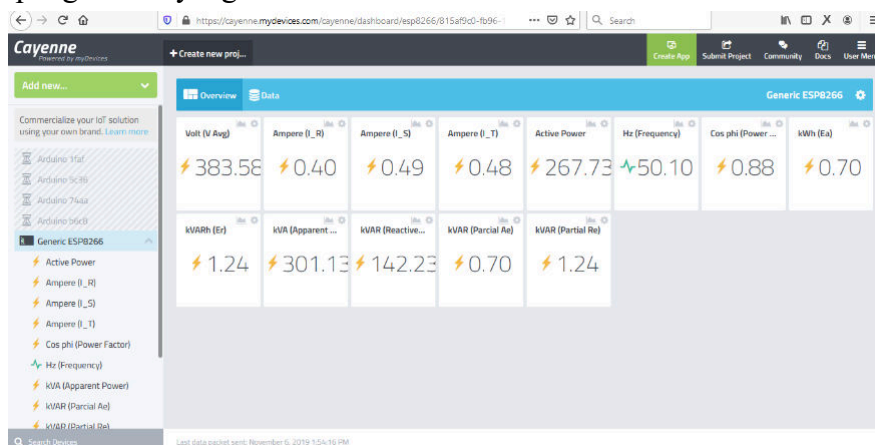
Tabel 8. Akurasi pengukuran daya beban lampu menggunakan metode 4 wire

Parameter	V (Volt)	I _R (A)	I _S (A)	I _T (A)	P (kW)	PF	f (Hz)
Akurasi (%)	99,57	97,56	86,98	88,37	94,82	96,70	99,90

Tabel di atas menunjukkan rata rata akurasi pengukuran semua parameter pengukuran menggunakan data logger daya 3-fasa dibandingkan dengan pengukuran daya menggunakan clamp meter menggunakan metode 4 wire (R, S, T dan N) sebesar 94,8 %.

Semua data pengujian pembacaan parameter pengukuran daya beban motor induksi 3-fasa dan juga beban lampu di atas, terbaca pada aplikasi Cayenne baik menggunakan

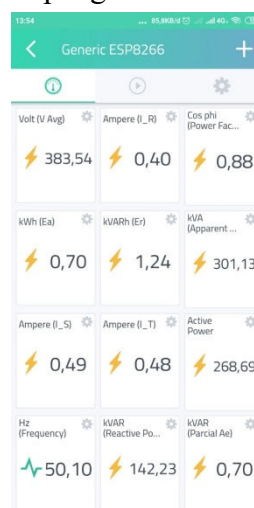
platform aplikasi berbasis web ataupun aplikasi android. berikut beberapa capture hasil pembacaan data pengukuran yang dilakukan.



Gambar 6. Capture pengukuran daya menggunakan data logger daya 3-fasa dengan aplikasi web cayenne

Gambar di atas menunjukkan semua parameter pengukuran yang dimunculkan dalam widget pada dashboard aplikasi cayenne berbasis web. Data pengukuran selalu berubah menyesuaikan dengan perubahan nilai yang terbaca pada modul IEM 3255. Data pengukuran selain disajikan secara realtime pada dashboard aplikasi, data juga memungkinkan diunduh dalam format csv, data ini merupakan database pembacaan data pengukuran yang berisi waktu pembacaan pengukuran dan semua parameter yang terukur pada modul data logger daya 3-fasa atau kita sebut sebagai data logger pengukuran.

Pengujian pembacaan data pengukuran juga bisa dilakukan dengan menggunakan aplikasi android dengan menginstal aplikasi cayene yang bisa diunduh di Playstore android. Berikut adalah capture pembacaan data pengukuran menggunakan aplikasi android.



Gambar 7. Capture pengukuran daya menggunakan data logger daya 3-fasa menggunakan aplikasi android pada smartphone

Sajian tampilan pada aplikasi android bisa berbeda untuk ukuran layar smartphone yang berbeda, umumnya tampilan layar tidak bisa penuh karena banyaknya parameter data pengukuran yang disajikan.

Perbedaan data yang ditampilkan antara aplikasi berbasis web dan aplikasi android terjadi karena respon masing-masing gadget yang digunakan berbeda, juga disebabkan koneksi jaringan yang bergantung pada kecepatan koneksi data provider yang digunakan.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa Data logger pengukuran daya 3-fasa menggunakan modul Schneider IEM 3255 berbasis IoT dapat bekerja dengan baik, ditunjukkan dengan beberapa indikator, antara lain;

1. Pembacaan data pengukuran dapat dilihat selain dari modul IEM 3255 juga termonitor dari aplikasi berbasis web ataupun aplikasi android, hal ini menunjukkan bahwa modul pengukuran daya 3-fasa sudah berjalan dengan baik dengan teknologi IoT (Internet of Thing).
2. Data pengukuran dapat dilihat ataupun diunduh sesuai dengan waktu pengambilan data pengukuran pada website cayenne.
3. Akurasi pengukuran diperoleh sebesar 98,96 % untuk pengukuran beban motor induksi 3-fasa dan 94,8 %. untuk pengukuran beban lampu.

Daftar Pustaka

- [1] M. S. Widodo. (2013). *Dasar dan pengukuran listrik*. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- [2] K. Muhammad. (2019). Pengukuran Daya Pada Beban Pasif Di Gedung XY Semarang,” in *Prosiding SNTI 2009*, p. B.49.
- [3] Arifin, B., Khosyi'in, M., & Nugroho, A. A. (2018). Monitoring Jarak Jauh Dan Kendali Penggunaan Listrik Dengan Logika Fuzzy. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 13(2).
- [4] A. Yulianto. (2011). Data Logger. [Online]. Available: <https://sonoku.com/data-logger-bagian-1/>. [Accessed: 22-Apr-2019].
- [5] Arifin, B., & Nugroho, A. A. (2018). Pengendalian Suhu Dalam Ruang Berbasis Logika Fuzzy Dengan Menggunakan National Instrument Myrio 1900. In *Prosiding Seminar Nasional & Internasional* (Vol. 1, No. 1).
- [6] Arafat, A. (2016). Sistem Pengamanan Pintu Rumah Berbasis Internet Of Things (IoT) Dengan ESP8266. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 7(4).
- [7] Rahmawan, M. A. (2017). Sistem Telemetry Suhu Menggunakan Sensor Mlx90614 Terkoneksi Wifi Esp8266 (Doctoral Dissertation, Fakultas Teknologi Industri Unissula).
- [8] Asmono, D. (2019). Dampak Kesalahan Pengawatan Pada Pengukuran Energi Listrik Tidak Langsung. *Jurnal TEDC*, 8(1), 7-13.
- [9] Schneider Electric. (2019). iEM3000 series Energy meters User manual.

DECISION SUPPORT SYSTEM ASSESSING FEASIBILITY TAEKWONDO ATHLETE (UPN “VETERAN” YOGYAKARTA)

Nur Heri Cahyana¹⁾, Fachrizal Herdiansyah Mawardana²⁾, Rifki Indra Perwira³⁾

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik Industri

UPN “Veteran” Yogyakarta

Jalan Babarsari 2 Tambakbayan

Email : ¹⁾dsnurheri@gmail.com, ²⁾fachrizal.workmail@gmail.com, ³⁾rifki@upnyk.ac.id

Abstract

Indonesian taekwondo athlete's achievements have improved because he managed to win several medals in international championships. Being a taekwondo athlete requires a willingness, discipline, good physical condition, experience, mental endurance, unyielding spirit, and proper posture. The assessment process is still done manually by asking taekwondo for their availability in the match; therefore, it requires a decision support system to measurement of participants (taekwondoin). Decision support is a way to provide problem-solving skills and be able to support the work of a coach in solving problems by giving suggestions towards certain decisions. The purpose of Simple Additive Weighting is to determine the feasibility of taekwondoin selection to become an athlete on the championship team. Dynamic criteria allow adding the criteria needed for coaches and managers. Coaches and managers also can refine taekwondo by adding the required criteria to the agreed additional criteria. The result of this paper is application can give the decision of athletes who deserve to enter the match team. To facilitate managers and coaches in screening the best athletes. The validation test results obtained 85% compatibility between the selection results in the application and manual calculations.

Keywords: *Dynamic criteria, SAW method, support system, taekwondo.*

1. Pendahuluan

Prestasi atlet taekwondo Indonesia semakin meningkat menurut presiden *World Taekwondo Federation* (WTF) karena berhasil memperoleh beberapa medali dalam kejuaraan ajang internasional [1]. Menjadi atlet taekwondo membutuhkan kemauan, disiplin yang tinggi, kondisi fisik yang sehat, pengalaman, mental yang kuat, semangat pantang menyerah serta postur tubuh yang ideal. Seorang murid taekwondo atau Taekwondoin harus mempunyai hal – hal tersebut agar dinilai layak menjadi atlet taekwondo. Di tempat latihan taekwondo atau disebut *dojang* khususnya di *dojang* UPN “Veteran” Yogyakarta para taekwondoin yang ingin menjadi atlet dan masuk team atlet suatu pertandingan akan dinilai kelayakkannya, pada proses penilaian yang masih dilakukan secara manual, yaitu dilakukan dengan menanyakan kepada calon atlet atas ketersediannya mengikuti pertandingan yang akan berlangsung, lalu penilaian yang dilakukan oleh pelatih dengan mencatat penilaian latihan pada secarik kertas saat latihan berlangsung , hal ini menjadikan proses menilai kelayakan taekwondoin menjadi kurang objektif dan kurang informatif, selanjutnya jika pertandingan telah lama usai dan akan ada pertandingan selanjutnya, pelatih maupun *manager* tidak memiliki laporan dan rekam tentang penilaian calon atlet.

Pendukung keputusan mendayagunakan resources individu dengan kemampuan komputer untuk meningkatkan kualitas keputusan [2] serta dapat memberikan kemampuan pemecahan masalah dan mampu mendukung kerja seorang manajer ataupun sekelompok

manajer dalam memecahkan masalah dengan cara memberi informasi atau usulan menuju keputusan tertentu, terdapat salah satu metode pada sistem pendukung keputusan yaitu metode *Simple Additive Weighting* (SAW) yang dikenal juga dengan metode penjumlahan terbobot [3]. Tujuan *Simple Additive Weighting* adalah untuk menentukan dalam penyeleksian kelayakkan taekwondoin menjadi atlet pada suatu kejuaraan. Pada penelitian kali ini dilakukan observasi dan wawancara dengan pelatih di dojang UPN “Veteran” Yogyakarta tentang kriteria dasar penilaian atlet taekwondo dojang UPN, dan didapat tujuh kriteria dasar penilaian yaitu kemauan motivasi, kedisiplinan, kondisi fisik, pengalaman, ketahanan mental, *spirit* (Semangat pantang menyerah), dan Postur tubuh. Jadi pada setiap penilaian akan diberi bobot dan dihitung, hasilnya kita akan mengetahui apakah taekwondoin tersebut layak menjadi atlet atau tidak. Metode *Simple Additive Weighting* (SAW) akan ditambahkan dengan *Dynamic Criteria*, dengan *dynamic criteria* memungkinkan menambahkan kriteria yang dibutuhkan bagi pelatih maupun *manager*, apabila terlalu banyak calon atlet yang memenuhi kriteria tetapi kuota dalam suatu pertandingan tersebut terbatas, pelatih dan *manager* dapat menyaring kembali para calon atlet tersebut dengan cara menambahkan kriteria yang diperlukan tetapi dengan keputusan yang telah disepakati bersama.

Wicaksono [4] mencari alternatif terbaik berdasarkan kriteria-kriteria yang telah ditentukan dengan menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) untuk melakukan perhitungan pada kasus mencari alternatif tablet terbaik. Kriteria bersifat dinamis, nilai bobotnya dapat diubah sesuai keinginan user. Kemudian dilakukan proses perangkingan yang akan menentukan alternatif terbaik, yaitu tablet nilai fuzzy terbaik.

Penelitian lain yang telah dilakukan oleh Rasyid [5], yaitu membuat aplikasi dengan menggunakan beberapa metode *simple additive weighting* (SAW) dan metode *simple multi attribute rating technique* (SMART). Kriteria yang digunakan dalam menentukan pemberian beasiswa adalah nilai rata-rata, tanggungan orang tua, penghasilan orang tua, status keuangan dan usia. Pada aplikasi ini didapat kesimpulan menggunakan 50 data uji coba data sampel hasil dari kedua metode SAW dan SMART sama-sama memperoleh beasiswa, sistem perangkingan nilai akhir pada metode SAW mengurutkan nilai tertinggi sampai terendah dengan rekomendasi nilai tertinggi memperoleh beasiswa sedangkan pada metode SMART sistem penilaian akhirnya dengan menggunakan *range* apakah diterima, dipertimbangkan atau ditolak.

Jayanti [6] mengenai implementasi metode *simple additive weighting* (SAW) dan *analytical hierarchy process* (AHP) pada sistem informasi penilaian kinerja dosen, pada penelitian tersebut menggunakan metode SAW dan AHP untuk menghitung kinerja dosen, penelitian ini membutuhkan suatu metode yang dapat melibatkan banyak komponen atau kriteria yang dinilai (multi kriteria), sehingga dalam penyelesaiannya diperlukan sebuah sistem pendukung keputusan dengan multikriteria.

Jasril [7] tentang sistem pendukung keputusan pemilihan karyawan terbaik menggunakan metode fuzzy AHP, pada penelitian tersebut menggunakan metode fuzzy dan AHP untuk merangking dan mencari karyawan terbaik, penelitian ini menggunakan kriteria yang dinamis sehingga sistem dapat menangani jika terdapat suatu perubahan atau penambahan kriteria. Kontribusi penelitian ini adalah

- 1) Mengusulkan SAW dan *Dynamic criteria* sebagai pengembangan pendukung keputusan.
- 2) *Dynamic criteria* dapat dilakukan secara fleksibel

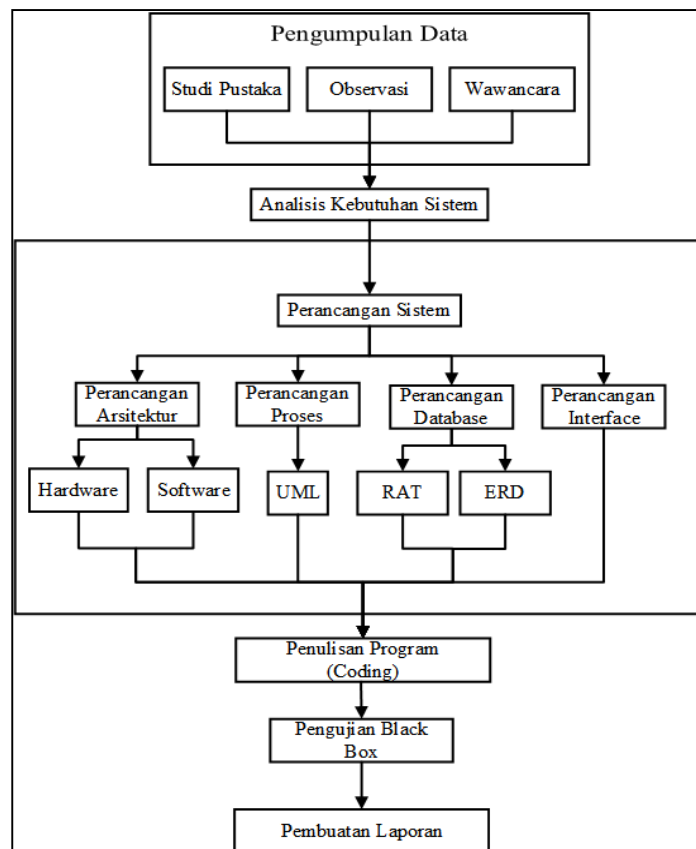
Berdasarkan penelitian terdahulu yang dirujuk dan dijadikan acuan, aplikasi yang akan dibuat pada penelitian ini dengan judul aplikasi kelayakkan siswa/i taekwondo menjadi atlet UPN “Veteran” Yogyakarta menggunakan metode *simple additive weighting* dengan *dynamic criteria* dalam partisipasi kejuaraan memiliki perbedaan pada objek yang diteliti dan

memiliki pembaharuan yaitu memakai metode *simple additive weighting* dengan *dynamic criteria* yaitu *criteria* yang dapat ditambahkan sesuai dengan kebutuhan, tetapi *criteria* dapat ditambahkan hanya jika dengan persetujuan bersama antara manager dengan pengurus *dojang* dan memiliki 7 *criteria* dasar yang didapat dari hasil wawancara oleh pelatih di UPN “Veteran” Yogyakarta. .

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis kualitatif karena berfokus pada subyek [9]. Pada analisa kebutuhan, hal yang dilakukan pertama kali adalah observasi yaitu melakukan tinjauan serta pengamatan langsung di taekwondo UPN “Veteran” Yogyakarta mengamati pada sistem yang berjalan dengan tujuan menentukan objek yang akan diteliti, menentukan data yang dibutuhkan, membuat hipotesa, membuat tujuan penelitian dan menentukan cara yang akan digunakan. Pada tahap pengumpulan data, dilakukan pengumpulan data dengan cara studi pustaka, observasi dan wawancara. Studi pustaka dilakukan sebagai bahan pencarian referensi terhadap masalah dan metode serta cara yang akan digunakan dalam penelitian. Metodologi pengembangan sistem menggunakan waterfall [8].

Adapun tahapan – tahapan yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Berikut perhitungan manual yang dilakukan pada aplikasi penentuan kelayakkan siswa–siswi taekwondo menjadi atlet *dojang* UPN “Veteran” Yogyakarta menggunakan metode *simple additive weighting* dengan *dynamic criteria* dalam partisipasi kejuaraan dari proses yang dilakukan oleh sistem. Terdapat tujuh kriteria dasar pada Tabel 1 yang semuanya merupakan kriteria *benefit*, jika dibutuhkan penambahan kriteria, maka kriteria baru yang telah dibuat merupakan kriteria *benefit* juga.

Tabel 1. Tabel kriteria dasar

No.	Simbol	Keterangan	bobot
1	c1	kemauan dan motivasi	20
2	c2	kedisiplinan	20
3	c3	kondisi fisik	15
4	c4	pengalaman	15
5	c5	ketahanan mental	10
6	c6	<i>spirit</i> (semangat pantang menyerah)	10
7	c7	postur tubuh	10

Pembobotan pada Tabel 1. merupakan bobot dasar yang menjadi acuan perhitungan awal yang berjumlah 100, batas pada jumlah seluruh bobot dalam kriteria adalah 150, jika dibutuhkan kriteria tambahan maka bobot kriteria baru tidak boleh menjadikan batas nilai bobot seluruh kriteria melebihi nilai 150. Pada kriteria masing – masing terdapat penilaian seperti pada Tabel 2. yaitu mempunyai nilai 1 – 5 , jika calon atlet tersebut dinilai sangat kurang dalam suatu kriteria, maka nilai calon atlet pada kriteria tersebut bernilai 1, jika dinilai kurang maka nilai calon atlet pada kriteria tersebut bernilai 2, jika dinilai cukup maka nilai calon atlet pada kriteria tersebut bernilai 3, jika dinilai baik maka nilai calon atlet pada kriteria tersebut bernilai 4 dan jika dinilai sangat baik maka nilai calon atlet pada kriteria tersebut bernilai 5. Tabel 2 berisi tentang keterangan nilai.

Tabel 2. Tabel keterangan nilai

No.	Keterangan	Nilai
1	sangat baik	5
2	baik	4
3	cukup	3
4	kurang	2
5	sangat kurang	1

Jika data nilai dari semua orang (alternatif) atau kriteria sudah lengkap maka akan dilakukan normalisasi dengan metode *simple additive weighting* (SAW), normalisasi dengan menggunakan metode *simple additive weighting* (SAW) jika kriteria tersebut bersifat *benefit* yaitu kriteria yang jika mempunyai nilai tertinggi dalam kriteria tersebut adalah yang terbaik, maka normalisasi dilakukan dengan rumus :

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\text{Max}_i(x_{ij})} \dots \dots \dots (1)$$

Setelah melakukan normalisasi menggunakan metode *simple additive weighting*, hasil normalisasi yang telah diperoleh dimasukkan ke dalam perhitungan matriks sebagai berikut:

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0,75 & 1 & 1 & 0,6 & 0,8 & 1 \\ 0,8 & 1 & 0,75 & 0,8 & 0,4 & 0,6 & 1 \\ 0,4 & 1 & 0,5 & 0,6 & 1 & 1 & 0,8 \\ 0,8 & 1 & 1 & 1 & 0,6 & 0,8 & 0,6 \\ 0,4 & 0,75 & 0,8 & 0,8 & 1 & 1 & 0,4 \\ 0,6 & 0,5 & 0,6 & 0,6 & 0,8 & 0,6 & 0,4 \end{bmatrix}$$

Setelah nilai kriteria ternormalisasi ke dalam matriks, dilanjutkan dengan perhitungan mencari nilai prefrensi yang menggunakan persamaan (2). Hasil perhitungan nilai V_i yang lebih besar mengindikasikan alternatif terbaik [10].

$$V_i = \sum_{j=1}^n W_j r_{ij} \dots\dots\dots(2)$$

Pada rumus mencari nilai prefrensi tersebut adalah jumlah total dari nilai bobot masing – masing dikalikan dengan nilai normalisasi masing – masing, pada nilai bobot masing – masing sudah terdapat pada tabel kriteria Tabel 1 , tetapi nilai pada masing – masing bobot tersebut dibagi dengan jumlah nilai keseluruhan bobot yaitu dibagi dengan 100 dan dikalikan 100 persen agar total dari nilai pembobotan berjumlah 1, dan diperoleh sebagai berikut :

Tabel 3. Contoh penilaian akhir pembobotan

No.	Keterangan	Simbol	Bobot	Nilai
1	kemauan dan motivasi	c1	20	0,2
2	kedisiplinan	c2	20	0,2
3	kondisi fisik	c3	15	0,15
4	pengalaman	c4	15	0,15
5	ketahanan mental	c5	10	0,1
6	spirit	c6	10	0,1
7	postur tubuh	c7	10	0,1

Dengan rumus dan nilai akhir pembobotan tersebut maka akan mendapat nilai prefrensi pada masing – masing baris (alternatif), perhitungannya sebagai berikut :

$$V_1 = (0,2 \times 1) + (0,2 \times 0,75) + (0,15 \times 1) + (0,1 \times 1) + (0,1 \times 0,6) + (0,1 \times 0,8) + (0,1 \times 1) = 0,89$$

$$V_2 = (0,2 \times 0,8) + (0,2 \times 1) + (0,15 \times 0,75) + (0,1 \times 0,8) + (0,1 \times 0,4) + (0,1 \times 0,6) + (0,1 \times 1) = 0,79$$

$$V_3 = (0,2 \times 0,4) + (0,2 \times 1) + (0,15 \times 0,5) + (0,1 \times 0,6) + (0,1 \times 1) + (0,1 \times 1) + (0,1 \times 0,8) = 0,73$$

$$V_4 = (0,2 \times 0,8) + (0,2 \times 1) + (0,15 \times 1) + (0,1 \times 1) + (0,1 \times 0,6) + (0,1 \times 0,8) + (0,1 \times 0,6) = 0,86$$

$$V_5 = (0,2 \times 0,4) + (0,2 \times 0,75) + (0,15 \times 0,5) + (0,1 \times 0,8) + (0,1 \times 1) + (0,1 \times 1) + (0,1 \times 0,4) = 0,67$$

$$V_6 = (0,2 \times 0,5) + (0,2 \times 0,6) + (0,15 \times 0,5) + (0,1 \times 0,6) + (0,1 \times 0,8) + (0,1 \times 0,6) + (0,1 \times 0,4) = 0,57$$

Setelah semua nilai prefrensi didapat, masing – masing dari nilai prefrensi tersebut dikalikan dengan ketereangan nilai tertinggi yaitu dikalikan dengan 5 agar didapat nilai hasil akhir, nilai hasil akhir berguna untuk menentukan lulus tidaknya calon atlet yang mengikuti seleksi pertandingan tersebut. Masing – masing pertandingan mempunyai batas nilai minimal pertandingan atau syarat nilai pertandingan. Syarat nilai pertandingan ditentukan oleh pelatih dan *manager* dengan meninjau tingkat pertandingan tersebut, semakin bergengsi dan semakin tinggi tingkat suatu pertandingan, maka akan semakin tinggi juga syarat nilai pertandingan tersebut. Pada contoh perhitungan kali ini memakai pertandingan tingkat provinsi pada provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, dan syarat nilai pertandingan yang diberikan oleh

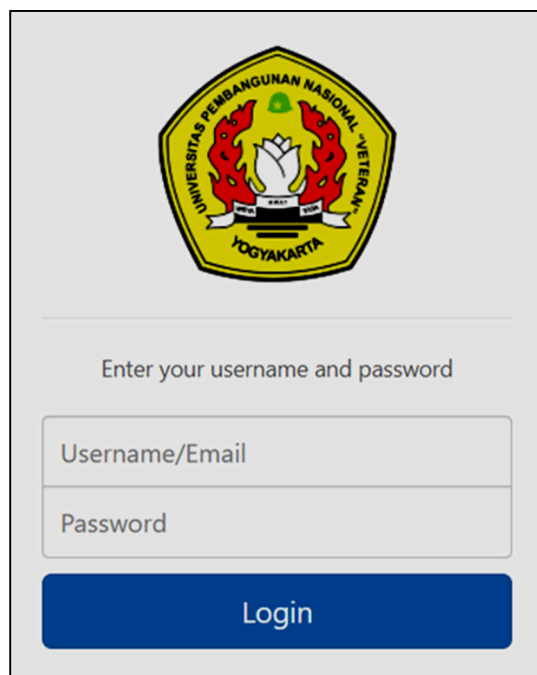
pelatih dan *manager* adalah 3,3, jadi nilai hasil akhir para calon atlet yang tepat ataupun melampaui syarat nilai pertandingan, maka akan dinyatakan lulus seleksi dan boleh mengikuti pertandingan tersebut. Contoh hasil akhir pada seleksi seperti berikut :

Tabel 4. Contoh hasil akhir penilaian

No.	nama	Nilai Normalisasi (r)							Prefrensi (v)	Nilai Akhir	status
		c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7			
1	fachrizal	1,00	0,75	1,00	1,00	0,60	0,80	1,00	0,89	4,45	lulus
2	ary	0,80	1,00	0,75	0,80	0,40	0,60	1,00	0,79	3,9625	lulus
3	giffary	0,40	1,00	0,50	0,60	1,00	1,00	0,80	0,73	3,625	lulus
4	mahendra	0,80	1,00	1,00	1,00	0,60	0,80	0,60	0,86	4,3	lulus
5	elian	0,40	0,75	0,50	0,80	1,00	1,00	0,40	0,67	3,325	lulus
6	frederic	0,60	0,50	0,50	0,60	0,80	0,60	0,40	0,57	2,825	gagal

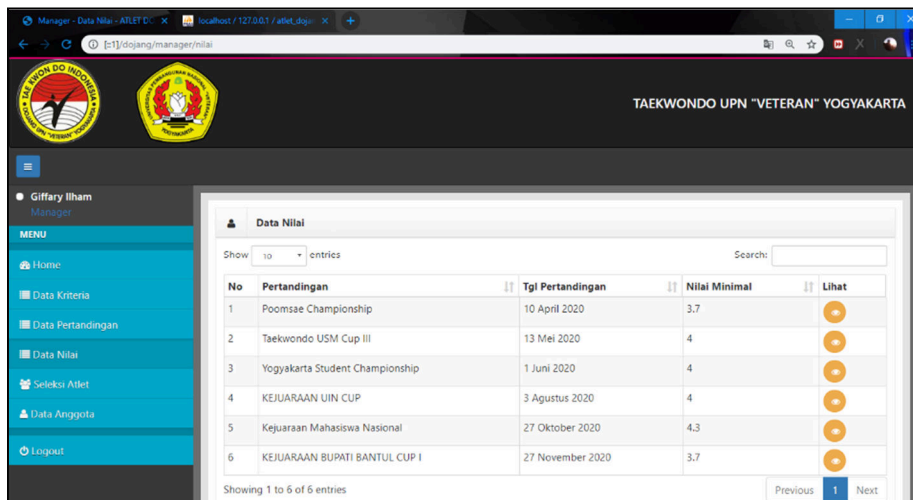
3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini dibahas mengenai implementasi sistem dan menyajikan screenshoot aplikasi penentuan kelayakkan atlet yang dibangun.



Gambar 2. Halaman Login Pengguna

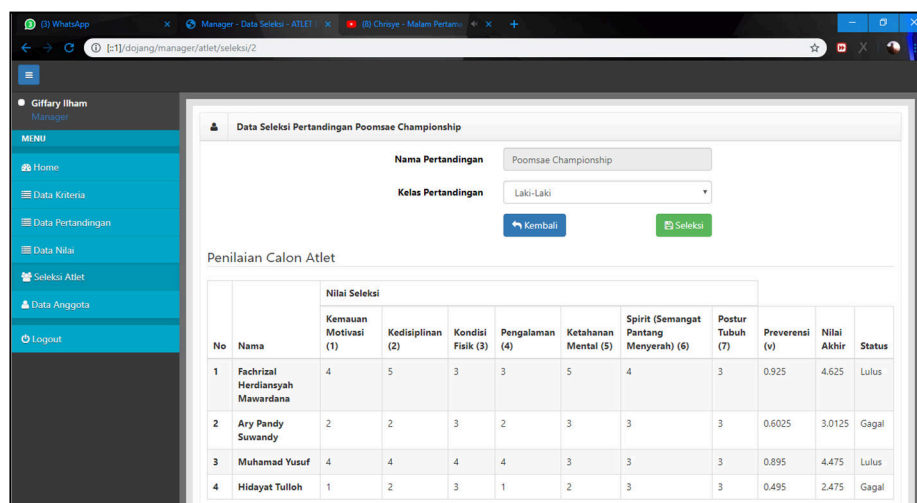
Pada laman login pengguna sistem yaitu admin melakukan login sebelum menjalankan fungsi yang lain dari aplikasi.



No	Pertandingan	Tgl Pertandingan	Nilai Minimal	Lihat
1	Poomsae Championship	10 April 2020	3.7	
2	Taekwondo USM Cup III	13 Mei 2020	4	
3	Yogyakarta Student Championship	1 Juni 2020	4	
4	KEJUARAAN UIN CUP	3 Agustus 2020	4	
5	Kejuaraan Mahasiswa Nasional	27 Oktober 2020	4.3	
6	KEJUARAAN BUPATI BANTUL CUP I	27 November 2020	3.7	

Gambar 3. Halaman Nilai Pertandingan

Halaman lihat data nilai merupakan halaman kumpulan data nilai anggota yang dimana para calon atlet telah diambil penilaian pada tahap seleksi pertandingan yang akan diikuti. Terdapat tabel data nilai calon atlet dan terdapat tombol *edit* yang jika dipilih akan menuju ke halaman kelola nilai.



No	Nama	Kemauan Motivasi (1)	Kedisiplinan (2)	Kondisi Fisik (3)	Pengalaman (4)	Ketahanan Mental (5)	Spirit (Semangat Pantang Menyerah) (6)	Postur Tubuh (7)	Preverensi (v)	Nilai Akhir	Status
1	Fachrizal Herdiansyah Mawardana	4	5	3	3	5	4	3	0.925	4.625	Lulus
2	Ary Pandy Suwandny	2	2	3	2	3	3	3	0.6025	3.0125	Gagal
3	Muhamad Yusuf	4	4	4	4	3	3	3	0.895	4.475	Lulus
4	Hidayat Tulloh	1	2	3	1	2	3	3	0.495	2.475	Gagal

Gambar 4. Halaman Seleksi Pertandingan

Halaman seleksi pertandingan merupakan halaman penyeleksian calon atlet berdasarkan *gender*. Pada halaman ini, proses seleksi dilakukan berdasarkan *gender* yang prosesnya dilakukan sebanyak dua kali. Terdapat dua *form* yaitu *form* nama pertandingan dan *form* pilihan *gender*, proses penyeleksian dapat berjalan jika pada masing – masing kelas *gender* tidak mempunyai nilai yang kosong, jika nilai telah lengkap maka dengan menekan tombol seleksi kemudian proses akan berjalan, setelah dua proses seleksi telah dilakukan dengan menekan tombol selesai akan kembali pada halaman seleksi atlet.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah metode *Simple Additive Weighting* dapat digunakan untuk menentukan kelayakannya Taekwondo di UPN "Veteran" Yogyakarta untuk menjadi atlet dalam partisipasi kejuaraan. *Dynamic criteria* dalam

perhitungan dapat memudahkan *manager* dalam proses seleksi dan menentukan kelayakkan atlet *taekwondo* dalam partisipasi kejuaraan. Hasil pengujian menunjukkan aplikasi ini dapat diterima pengguna sebesar 85%.

Daftar Pustaka

- [1] Pitakasari, A. R. (2012, Juli 06). Prestasi Taekwondo Indonesia Dinilai WTF Meningkatkan. Diambil kembali dari Republika.co.id: <https://www.republika.co.id/berita/olahraga/umum-2/12/07/07/m6r0ej-prestasi-taekwondo-indonesia-dinilai-wtf-meningkat>
- [2] Setiaji, P. (2012). Sistem Pendukung Keputusan Dengan Metode Simple Additive Weighting. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 1(1), 59-67.
- [3] Sanjaya, A. (2015, October 2). Metode Simple Additive Weighting (SAW) Langkah dan Kelebihan. Diambil kembali dari Landasan Teori: <http://www.landasanteori.com/2015/10/metode-simple-additive-weighting-saw.html>
- [4] Wicaksono, D. H., 2013. Penerapan Metode Simple Additive Weighting Dalam Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Tablet.
- [5] Rasyid, M., & Si, M. B. S. (2017). Analisa Perbandingan Metode Simple Additive Weighting (SAW) DAN Metode Simple Multi Atribut Rating Technique (SMART) Dalam Pemberian Beasiswa (Studi Kasus Pemerintah Kota Batam).
- [6] Jayanti, N. K. D. A. (2016). Implementasi Metode SAW Dan AHP Pada Sistem Informasi Penilaian Kinerja Dosen. *CSRID (Computer Science Research and Its Development Journal)*, 8(2), 86-98.
- [7] Jasril, J., Haerani, E., & Afrianty, I. (2011, June). Sistem Pendukung Keputusan (SPK) Pemilihan Karyawan Terbaik Menggunakan Metode Fuzzy AHP (F-AHP). In *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2011*. Islamic University of Indonesia.
- [8] Pressman, R., 2012. *Software Engineering* 7th edition, Prentice Hall.
- [9] Deddy Mulyana, M. P., 2018. *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: PT REMAJA ROSDAKARYA
- [10] Nugroho, J. U., Bayu, S., & Adi, K. (2013). *Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Proses Belajar Mengajar Menggunakan Metode Simple Additive Weighting (SAW)* (Doctoral dissertation, Diponegoro University).

IMPROVING THE USE OF FRANS KAISIEPO AIRPORT THROUGH ALTERNATIVE ELECTION DEVELOPMENT OF REGIONAL POTENTIALS OF BIAK NUMFOR REGENCY (CASE STUDY: BIAK NUMFOR DISTRICT, PAPUA)

Muhammad Nur Roviq¹⁾, Uyuunul Mauidzoh²⁾, Eko Poerwanto³⁾

Program Studi Teknik Industri Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta
Jl. Janti Blok-R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
Email : ¹farahzizy@gmail.com

Abstract

Frans Kaisiepo Airport is the airport with the first international status in the Papua region with the airport managing agency PT. Angkasa Pura I (Persero) and has runway specifications and airport facilities that are fairly good and complete. The airport is located in the Biak Numfor-Papua district, where the district has regional potential that can be developed to increase the utilization of the Frans Kaisiepo airport such as tourism, fisheries, industry and Biak Numfor as a place / space research facility. In this research, it is intended to choose alternative potential of the Biak Numfor district area to be developed in order to improve the utilization of the Frans Kaisiepo Biak Numforairport. In this study, the Analytical Hierarchy Process (AHP) method is used to choose the best alternative potential for the region from the existing potential areas, with the steps in the AHP are (1) Problem decomposition (2) Matrix preparation (3) Assessment /weighting for compare elements (4) Normalization (synstesis) of priorities and consistency tests and (5) Decision making / decision making. Then given suggestions for efforts to develop the potential of selected areas using SWOT analysis. The results of the priority assessment in this study, the final results for the selection of alternative potential areas that are expected to increase the use of Frans Kaisiepo airport are tourism potentials that have the highest priority weight of 0.379, followed by fisheries potential with a priority weight of 0.318. Next, the third and fourth priority sequentially are industry potential and space research facilities with a weight of 0.169 and 0.132. From the results of the SWOT analysis, several efforts that can be made to develop the tourism potential of Biak Numfor Regency are as follows: (1) Optimizing management of tourism potential (2) Increasing tourism promotion efforts in Biak Numfor district (3) Increasing professional human resources to improve the tourism performance of the Biak Numfor district area.

Keywords : *Regional Potential Development, Utilization of Frans Kaisiepo Airport, Analytical Hierarchy Process, SWOT analysis*

1. Pendahuluan

Kabupaten Biak Numfor merupakan salah satu kabupaten yang terletak di Provinsi Papua. Kabupaten ini merupakan gugusan pulau yang berada di sebelah utara daratan pulau Papua atau lebih tepatnya berada di kawasan teluk cenderawasih dan berseberangan langsung dengan samudera pasifik. Kabupaten Biak Numfor dapat berperan sebagai penghubung maupun pintu masuk bagi negara-negara luar, seperti negara-negara yang berada di kawasan Asia Pasifik, Filiphina, Papua New Guinea, Australia, dan yang lainnya. Posisi tersebut menjadikan Kabupaten Biak Numfor sebagai

salah satu wilayah/daerah yang strategis secara geografis. kabupaten Biak Numfor juga memiliki beberapa potensi daerah yang dapat menjadi unggulan dan jika dikembangkan maka dapat menjadi faktor dalam peningkatan pemanfaatan bandara Frans Kaisiepo, seperti potensi pariwisata, potensi perikanan, potensi industri juga sebagai sarana penelitian luar angkasa. (Sumber: <https://biakkab.go.id/>)

Bandara Frans Kaisiepo merupakan bandara dengan status Internasional pertama di wilayah Papua dengan badan pengelola bandar udaranya adalah PT. Angkasa Pura I (Persero) dan merupakan pintu gerbang di wilayah timur Indonesia khususnya provinsi Papua. Pada dasarnya bandara Frans Kaisiepo merupakan bandar udara dengan spesifikasi landasan pacu dan fasilitas bandar udara yang terbilang lengkap dan cukup baik untuk melayani penerbangan rute Internasional maupun domestik. Lalu lintas angkutan udara di bandara Frans Kaisiepo Biak Numfor pada tahun 2013 sampai 2015 mengalami penurunan setiap tahunnya. Berdasarkan data Dirjen Perhubungan Udara RI pada rentang tahun 2013-2015, tingkat pergerakan pesawat, penumpang dan kargo di Bandara Frans Kaisiepo Biak Numfor diketahui seperti pada tabel 1.1 berikut:

Tabel 1 Data Lalu Lintas Angkutan Udara di Bandara Frans Kaisiepo
(Sumber: Direktorat Jenderal Perhubungan Udara RI)

BANDARA FRANS KAISIEPO					
TAHUN	JENIS	DATANG	BERANGKAT	TRANSIT	LOKAL
2013	Pesawat	5.298 Pergerakan	5.308 Pergerakan		0
	Penumpang	138.407 Orang	146.845 Orang	108.320 Orang	
	Bagasi	1.359.076 Kg	1.359.775 Kg		
	Kargo	644.576 Kg	541.375 Kg		
	Pos	660	718		
2014	Pesawat	4.886 Pergerakan	4.887 Pergerakan		0
	Penumpang	127.058 Orang	132.928 Orang	72.602 Orang	
	Bagasi	1.142.714 Kg	1.217.473 Kg		
	Kargo	567.608 Kg	383.395 Kg		
	Pos	827	719		
2015	Pesawat	2.203 Pergerakan	2.205 Pergerakan		0
	Penumpang	57.681 Orang	62.041 Orang	135.181 Orang	
	Bagasi	497.479 Kg	493.175 Kg		
	Kargo	272.536 Kg	152.251 Kg		
	Pos	197	62		

2. Metodologi Penelitian

Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Penelitian ini dilakukan dengan dua tahap, yaitu menganalisis pemilihan pengembangan potensi daerah terbaik dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process*, yang kemudian dilakukan analisis saran strategi pengembangan terhadap potensi daerah terpilih dengan menggunakan metode SWOT.

a. Prosedur AHP meliputi tahapan-tahapan sebagai berikut:

- 1) Dekomposisi masalah/ menyusun *hierarchy*
- 2) Penyusunan matriks;
- 3) Penilaian/pembobotan untuk membandingkan elemen-elemen;
- 4) Normalisasi (sintesis) dari prioritas dan uji konsistensi
- 5) Pengambilan/penetapan keputusan.

b. Analisis SWOT

Setelah didapatkan atau dipilih salah satu potensi daerah terbaik dari beberapa alternatif pemilihan potensi daerah yang ada dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process*, maka selanjutnya akan dilakukan analisis untuk mendapatkan strategi pengembangan potensi daerah terpilih tersebut dengan menggunakan analisis SWOT.

Dalam melakukan analisis SWOT, tahapan kegiatan yang dilakukan adalah dengan mengidentifikasi faktor-faktor Internal dan Eksternal dan kemudian dilakukan analisis data berdasarkan analisis strategi (S-O), (S-T), (W-O) dan (W-T) seperti pada gambar berikut ini :

SW-OT	Kekuatan (S)	Kelemahan (W)
Peluang (O)	Strategi SO: <ul style="list-style-type: none"> • Strategi yang memaksimalkan kekuatan untuk memanfaatkan peluang yang ada, • Strategi agresif, • Keunggulan Komparatif. 	Strategi WO: <ul style="list-style-type: none"> • Strategi yang meminimalkan kelemahan untuk memanfaatkan peluang, • Strategi orientasi putar balik, • Investasi/disvestasi.
Ancaman (T)	Strategi ST: <ul style="list-style-type: none"> • Strategi yang memaksimalkan kekuatan untuk mengatasi ancaman, • Strategi diversifikasi, • Mobilisasi. 	Strategi WT: <ul style="list-style-type: none"> • Strategi yang meminimalkan kelemahan untuk mengatasi ancaman, • Strategi defensif, • Kontrol kerusakan/strategi risiko.

Sumber: Marimin, 2004

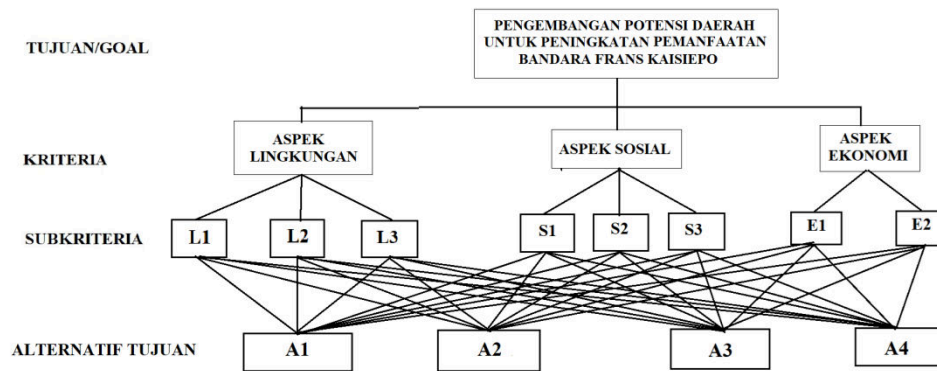
Gambar 1 Matrix SWOT

3. Hasil Dan Pembahasan

Dalam pemilihan alternatif pengembangan potensi daerah Kabupaten Biak Numfor terdapat beberapa alternatif potensi daerah yang dapat dikembangkan dapat berkontribusi dalam peningkatan meningkatkan penggunaan bandara Frans Kaisiepo. Potensi tersebut adalah, Potensi Pariwisata, Potensi Perikanan, Potensi Industri dan Sarana Penelitian Antariksa. Sedangkan kriteria dan sub kriteria penentuan sistem pendukung keputusan sebagai berikut :

- a. Kriteria Aspek Lingkungan
 - 1) Penggunaan Lahan (L1)
 - 2) Adanya Sarana dan Prasarana Baru (L2)
 - 3) Ada Atau Tidaknya Sumber Daya Utama Potensi Daerah (L3)
- b. Kriteria Aspek Sosial
 - 1) Dukungan Masyarakat Sekitar (S1)
 - 2) Terbukanya Lapangan Kerja Baru (S2)
 - 3) Meningkatkan Kunjungan Daerah/Menarik Minat Pasar (S3)
- c. Kriteria Aspek Ekonomi
 - 1) Pertumbuhan Ekonomi Daerah (E1)
 - 2) Mendapatkan Minat Investor (E2)

Struktur Hirarki hirarki *Analytical Hierarchy Process (AHP)* yang digunakan dalam pemilihan Alternatif Pengembangan Potensi Daerah Kabupaten Biak Numfor dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Hirarki Pemilihan Alternatif Pengembangan Potensi Daerah

3.1. Prioritas Penilaian Perbandingan Berpasangan Tiap Elemen

Untuk dapat menentukan nilai perbandingan berpasangan, maka akan digunakan skala penilaian perbandingan berpasangan seperti pada tabel berikut :

Tabel 2 Penilaian Perbandingan Berpasangan

Deskripsi	Kriteria A	Kriteria B	B/A
A sama pentingnya dengan B	1	1	1
A sedikit lebih penting dari B	3	1	1/3
A secara signifikan lebih penting dari B	5	1	1/5
A jauh lebih penting dari B	7	1	1/7
A secara absolut lebih penting dari B	9	1	1/9

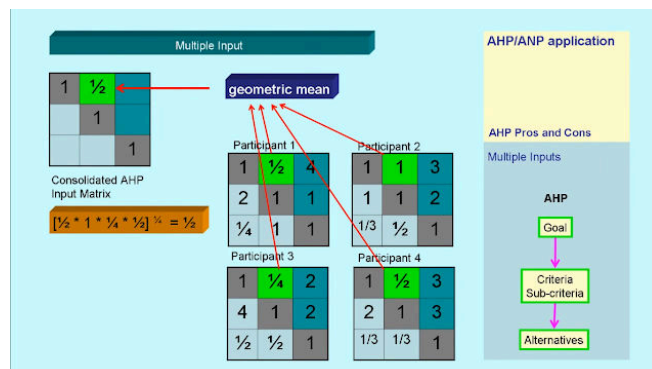
a. Menentukan Bobot Masing-masing Kriteria

Perhitungan Bobot Rata-rata (*Geometric Mean*) Tiap Kriteria. Menghitung bobot rata-rata (*Geometric Mean*) adalah sebagai berikut :

$$GM = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)^{1/n}$$

Dimana: GM = *Geometric Mean*

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ = Bobot penilaian ke 1, 2, 3,



Gambar 3 Menentukan Nilai *Geometric Mean*

Hasil perhitungan *geometric mean* dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Hasil *Geometric Mean* Tiap Kriteria

KRITERIA	Aspek Lingkungan	Aspek Sosial	Aspek Ekonomi
Aspek Lingkungan	1,00	0,69	0,28
Aspek Sosial	1,44	1,00	0,32
Aspek Ekonomi	3,56	3,11	1,00
Jumlah	6,00	4,80	1,60

b. Normalisasi Bobot Kepentingan Tiap Kriteria

Apabila proses pembobotan nilai telah selesai, langkah selanjutnya adalah penyusunan matriks berpasangan untuk melakukan normalisasi bobot tingkat kepentingan pada tiap-tiap elemen pada hirarki masing-masing. Normalisasi (sintesis) ini menghasilkan presentase bobot prioritas relatif menyeluruh untuk masing-masing kriteria.

Tabel 4 Normalisasi Bobot Penilaian Tiap Kriteria

KRITERIA	Aspek Lingkungan	Aspek Sosial	Aspek Ekonomi	Bobot Prioritas
Aspek Lingkungan	0,167	0,144	0,175	0,162
Aspek Sosial	0,240	0,208	0,201	0,216
Aspek Ekonomi	0,593	0,647	0,624	0,621
Jumlah	1,000	1,000	1,000	1,000

c. Menentukan Bobot Masing-masing Sub Kriteria

Tabel 5 Penilaian Perbandingan Berpasangan Tiap Subkriteria Aspek Lingkungan

PILIHAN	L1	L2	L3
L1	1,00	1,44	0,36
L2	0,69	1,00	0,25
L3	2,76	3,98	1,00
Jumlah	4,45	6,42	1,61

Tabel 6 Normalisasi Bobot Nilai Kepentingan Subkriteria Aspek Lingkungan

PILIHAN	L1	L2	L3	Bobot Prioritas
L1	0,22	0,22	0,22	0,225
L2	0,16	0,16	0,16	0,156
L3	0,62	0,62	0,62	0,620
Jumlah	1,00	1,00	1,00	1,000

Tabel 7 Penilaian Perbandingan Berpasangan Tiap Subkriteria Aspek Sosial

PILIHAN	S1	S2	S3
S1	1,00	2,47	3,00
S2	0,41	1,00	1,44
S3	0,33	0,69	1,00
Jumlah	1,74	4,16	5,44

Tabel 8 Normalisasi Bobot Kepentingan Subkriteria Aspek Sosial

PILIHAN	S1	S2	S3	Bobot Prioritas
S1	0,575	0,593	0,551	0,573
S2	0,233	0,240	0,265	0,246
S3	0,192	0,167	0,184	0,181
Jumlah	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabel 9 Penilaian Perbandingan Berpasangan Tiap Subkriteria Aspek Ekonomi

PILIHAN	E1	E2
E1	1,00	2,92
E2	0,34	1,00
Jumlah	1,34	3,92

Tabel 10 Normalisasi Bbobot Kepentingan Subkriteria Aspek Ekonomi

PILIHAN	E1	E2	Bobot Prioritas
E1	0,745	0,745	0,745
E2	0,255	0,255	0,255
Jumlah	1,000	1,000	1,000

3.2. Penentuan Bobot Nilai Akhir Tiap Alternatif

Setelah diketahui bobot masing-masing alternatif berdasarkan subkriteria yang ada, maka tahapan selanjutnya adalah pemberian bobot keseluruhan untuk masing-masing alternatif.

Tabel 11 Bobot Penilaian Keseluruhan Alternatif

Kriteria dan Subkriteria	Bobot Kriteria & Subkriteria	A1	A2	A3	A4
Aspek Lingkungan	0,162				
L1	0,036	0,098	0,128	0,305	0,470
L2	0,025	0,120	0,197	0,244	0,439
L3	0,100	0,271	0,271	0,188	0,271
Aspek Sosial	0,216				
S1	0,124	0,540	0,260	0,127	0,073
S2	0,053	0,584	0,162	0,078	0,177
S3	0,039	0,315	0,135	0,440	0,110
Aspek Ekonomi	0,621				
E1	0,463	0,387	0,387	0,158	0,067
E2	0,158	0,354	0,354	0,146	0,146
Bobot Keseluruhan		0,379	0,318	0,169	0,132

Berdasarkan perhitungan pada bobot penilaian akhir untuk tiap alternatif pilihan, maka didapatkan hasil akhir bahwa alternatif 1 menempati urutan pertama dengan bobot sebesar 0,379, pada urutan kedua ditempati oleh alternatif 2 dengan bobot sebesar 0,318, diikuti dengan alternatif 3 dan 4 dengan bobot alternatif 3 sebesar 0,169 dan 0,132 untuk alternatif 4.

3.3. Analisa Strategi Pengembangan Potensi Pariwisata Biak Numfor

Dari hasil perhitungan bobot alternatif menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) diperoleh bobot tertinggi pada alternatif 1 yaitu potensi pariwisata. Adapun analisa strategi pengembangan potensi pariwisata daerah kabupaten Biak Numfor dapat dilihat pada tabel 12 berikut ini.

Tabel 12 Matriks Strategi SWOT Potensi Pariwisata di Kabupaten Biak Numfor

INTERNAL EXTERNAL		
	Kekuatan (Strength)	Kelemahan (Weakness)
	<ul style="list-style-type: none"> Memiliki potensi wisata alam yang dapat menjadi unggulan, memiliki seni budaya tradisi yang beraneka ragam dan peninggalan sejarah serta atraksi wisata. Tersedia sarana dan prasarana pendukung pariwisata yang cukup memadai seperti Hotel, Restoran, Perbankan, Bandara, Pelabuhan, transportasi, dll. Keramah tamahan penduduk dan keamanan serta stabilitas daerah yang cukup baik. 	<ul style="list-style-type: none"> Belum optimalnya kegiatan promosi dan penyebaran informasi pariwisata Biak Numfor ke luar daerah Nama Kabupaten Biak Numfor yang belum banyak dikenal. Pengelolaan terhadap potensi pariwisata yang masih belum optimal. Fasilitas pendukung tempat wisata yang masih belum cukup memadai. Terbatasnya sumber daya manusia profesional yang diharapkan dapat meningkatkan kinerja pariwisata di Kabupaten Biak Numfor.
	Strategi (S-O)	Strategi (W-O)
	<ul style="list-style-type: none"> Memanfaatkan kerja sama antar instansi terkait, kebijakan pemda setempat, teknologi dan informasi yang semakin berkembang serta event tahunan untuk mengembangkan serta memperkenalkan / mempromosikan pariwisata daerah kabupaten Biak Numfor kepada masyarakat luas. Memanfaatkan beragam potensi wisata yang dimiliki, keramahan penduduk dan keamanan/stabilitas daerah serta sarana dan prasarana yang memadai untuk menarik minat wisatawan 	<ul style="list-style-type: none"> Mengoptimalkan upaya promosi pariwisata Biak Numfor dengan memanfaatkan perkembangan teknologi dan informasi serta event tahunan yang diselenggarakan untuk menarik minat wisatawan. Memanfaatkan kerja sama antar instansi terkait dan kebijakan pemda setempat untuk mengoptimalkan pengelolaan potensi pariwisata dan meningkatkan SDM yang profesional guna meningkatkan kinerja pariwisata di kabupaten Biak Numfor.
	Strategi (S-T)	Strategi (W-T)
	<ul style="list-style-type: none"> Memanfaatkan potensi wisata yang beragam, sarana dan prasarana pendukung pariwisata yang memadai serta keramahan penduduk dan keamanan daerah yang cukup baik untuk bersaing dengan daerah lain dalam menarik minat wisatawan. Meningkatkan kesadaran masyarakat untuk menjaga dan melestarikan potensi wisata Biak Numfor yang beragam dari aktivitas pemanfaatan sumber daya yang tidak ramah lingkungan agar mampu menarik minat wisatawan. 	<ul style="list-style-type: none"> Meningkatkan upaya promosi pariwisata Biak Numfor dan mengoptimalkan pengelolaan terhadap potensi pariwisata yang dimiliki serta meningkatkan SDM yang profesional untuk meningkatkan daya saing pariwisata daerah dan menghindari aktivitas pemanfaatan sumber daya yang tidak ramah lingkungan.
	Ancaman (Threats)	
	<ul style="list-style-type: none"> Adanya pariwisata daerah lain yang sudah dikenal oleh masyarakat luas. Dekatnya daerah - daerah lain (pesaing) yang menjadi tujuan wisata. Konsistensi daya dukung masyarakat untuk terus menjaga dan melestarikan obyek wisata tersebut agar dapat selalu dapat menarik minat wisatawan. Aktivitas pemanfaatan sumber daya dan lingkungan yang tidak ramah lingkungan. 	

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengembangkan potensi pariwisata kabupaten Biak Numfor adalah sebagai berikut :

- 1) Mengoptimalkan pengelolaan terhadap potensi pariwisata yang dimiliki.
- 2) Meningkatkan upaya promosi pariwisata daerah kabupaten Biak Numfor.
- 3) Meningkatkan sumber daya manusia yang profesional untuk meningkatkan kinerja pariwisata daerah kabupaten Biak Numfor

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Diurutan pertama, potensi daerah dengan prioritas pengembangan tertinggi adalah alternatif A1 yaitu **potensi Pariwisata** yang memiliki bobot nilai sebesar 0,379. Alternatif kedua adalah alternatif A2 yaitu **potensi Perikanan** yang memiliki bobot nilai sebesar 0,318. Alternatif ketiga adalah alternatif A3 yaitu **potensi Industri** yang memiliki bobot nilai sebesar 0,169. Alternatif keempat adalah alternatif A4 yaitu sebagai **Sarana Penelitian Antariksa** yang memiliki bobot nilai sebesar 0,132.
- 2) Upaya yang dapat dilakukan untuk mengembangkan Potensi Pariwisata Kabupaten Biak Numfor adalah mengoptimalkan pengelolaan terhadap Potensi Pariwisata yang dimiliki, meningkatkan upaya promosi pariwisata daerah Kabupaten Biak Numfor dan meningkatkan sumber daya manusia yang profesional untuk meningkatkan kinerja pariwisata daerah Kabupaten Biak Numfor.

Daftar Pustaka

- [1] Menteri Kebudayaan dan Pariwisata. (2009). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2009 tentang Kepariwisata. Jakarta
- [2] Direktorat Jenderal Otonomi Daerah. (2009). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah, Jakarta
- [3] Kementerian Kelautan dan Perikanan .(2009). Undang-Undang Republik Indonesia No.45 Tahun 2009. Jakarta
- [4] (LAPAN), L. P. (2015). *Rencana Strategis Tahun 2015-2019 Pusat Sains Antariksa*. Bandung: Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).
- [5] Achmad Rochani, N. M. (2006). *KABUPATEN BIAK NUMFOR: Upaya Bangkit Dari Keterpurukan*. Makassar: Pustaka Refleksi.
- [6] Asmarani, A. D. (2010). *Strategi kebijakan pembangunan daerah Kabupaten Klaten pendekatan analisis swot dan AHP* (Doctoral dissertation, Universitas Indonesia. Fakultas Ekonomi).
- [7] Wijaya, B., & Dwi Atmanti, H. (2006). Analisis pengembangan wilayah dan sektor potensial guna mendorong pembangunan di Kota Salatiga. *Jurnal Dinamika Pembangunan (JDP)*, 3(Nomor 2), 101-118.
- [8] COLABORATIVE DESTINATION DEVELOPMENT 2018. (6AD, January). Retrieved June 1, 2019, from <http://franskaisiepo-airport.co.id/id>.
- [9] BAPPEDA, Biak. Numfor. (n.d.). Retrieved from <http://biakkab.go.id/>
- [10] Dampak Pariwisata Terhadap Lingkungan, <http://stipram.ac.id/2012/index.php>
- [11] Data Kawasan Konservasi TWP Pulau Padaido. (n.d.). Retrieved November 26, 2019, from <http://kkji.kp3k.kkp.go.id/index.php/basisdata-kawasan-konservasi/details/1/103>.

- [12] Sulistiyani, E., Amir, M. I. H., Yusuf, K. R., & Nasrullah, D. I. (2017). Implementasi Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Sebagai Solusi Alternatif Dalam Pemilihan Supplier Bahan Baku Apel Di PT. Mannasatria Kusumajaya. *Technology Science and Engineering Journal*, 1(2).
- [13] Fatmawati, N. S. (-). Peluang Pemanfaatan Bandara Frans Kaisiepo Biak Sebagai AEROSPACEPORT Di Indonesia. *Kajian Kebijakan Penerbangan dan Antariksa*, 18.
- [14] Fuadati, S. R. (2018). Analisis Swot Untuk Pengembangan Potensi Dan Peluang Pasar Kabupaten Blitar Yang Bertumpu Pada Potensi Sumberdaya Alam. *EKUITAS (Jurnal Ekonomi dan Keuangan)*, 12(2), 252-273.
- [15] Suara Papua. (2018, January 12). Menelisik Pulau Biak Sebagai Pusat Peluncuran Satelit. Retrieved November 26, 2019, from <https://suarapapua.com/2017/08/05/menelisik-pulau-biak-sebagai-pusat-peluncuran-satelit/>.
- [16] Hubud. (n.d.). Navigasi Penerbangan. Retrieved November 26, 2019, from <http://hubud.dephub.go.id/>.
- [17] Indonesia, K. K. (2017). Review Masterplan Dan Bisnis Plan Pembangunan Sentra Kelautan Dan Perikanan Terpadu (Skpt) Kabupaten Biak Numfor. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.
- [18] Industri, D. T. (2018). *Perancangan Teknik Industri-II*. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto.
- [19] Data Kawasan Konservasi TWP Pulau Padaido. (n.d.). Retrieved November 26, 2019, from <http://kkji.kp3k.kkp.go.id/index.php/basisdata-kawasan-konservasi/details/1/103>.
- [20] Khuzaini, K., & Suwitho, S. (2018). Analisis Swot Daya Dukung Daerah Terhadap Pengembangan Kawasan Industri Kabupaten Blitar. *EKUITAS (Jurnal Ekonomi dan Keuangan)*, 11(2), 193-218.
- [21] Adam, L., & Surya, T. A. (2013). Kebijakan pengembangan perikanan berkelanjutan di indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Publik*, 4(2), 195-211.
- [22] Mujtahid, I. M. (2012). Strategi Pembangunan Daerah di Provinsi Bengkulu: Indonesia Menuju MDGs 2015.
- [23] Numfor, B. K. (2018). *Biak Numfor Dalam Angka 2018*. Biak Kota: BPS Kabupaten Biak Numfor.
- [24] Numfor, D. P. (n.d.). <https://pariwisata.biakkab.go.id/>. Retrieved from <https://pariwisata.biakkab.go.id/>
- [25] PPN/BAPPENAS, K. (2016). Ringkasan Kajian Strategi Industrialisasi Perikanan Untuk Mendukun Pembangunan Ekonomi Wilayah. *Pembangunan Ekonomi Wilayah Berbasis Industrialisasi Perikanan*, 22.
- [26] Prawaka, M. D. (2016). Analisis Strategi Kebijakan Pembangunan Daerah Kota Bandar Lampung (Pendekatan Analisis SWOT dan AHP).
- [27] Suara Papua. (2018, January 12). Menelisik Pulau Biak Sebagai Pusat Peluncuran Satelit. Retrieved November 26, 2019, from <https://suarapapua.com/2017/08/05/menelisik-pulau-biak-sebagai-pusat-peluncuran-satelit/>.
- [28] Tumada, L. O. (2012). *Analisis Strategis Pembangunan Kabupaten Muna*. Jakarta: Magister Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.

- [29] Wibowo, P. A. S., & Ma'rif, S. (2014). Alternatif Strategi Pengembangan Desa Rahtawu Sebagai Daya Tarik Wisata di Kabupaten Kudus. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 2(3), 245-256.
- [30] Wibowo, A. S., & Priyono, K. D. (2017). *Analisis Potensi Pengembangan Objek Wisata Alam Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR DETERMINING WEBSITE-BASED FRUIT QUALITY IN PAGAR ALAM FRUIT FARMERS GROUP

Buhori Muslim¹⁾, Alfis Arif²⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Pagar Alam
Jl. M. Siagim No. 75 Simpang Mbacang Kel. Karang Dalo, Dempo Tengah Kota Pagaralam
Email : ¹buhoristtp@gmail.com, ²Alfisarif@yahoo.com

Abstract

Fruit is a healthy supplement, the biggest consumer of fruit is found in big cities. Pagar Alam is an area that produces various types of fruit. Assessment of fruit quality by farmer groups, still using manual methods so that it has some weaknesses. Weakness in evaluating the quality of fruit manually causes an inaccurate assessment because the assessment system is done by estimating the quality of a sample of fruits based on the experience of quality assessors and not based on standardized aspects of assessment. For this reason, a Decision Support System (SPK) was developed to determine the quality of fruit based on a website that helps assessors of the quality of fruits in farmer groups in determining accurate fruit quality with a quick process. This system uses PHP as its programming language, the method used by RAD is an object oriented approach. The system can be used to support fruit quality assessment decisions, thus providing data on the quality of current fruit yields and can be used as a reference for farmers to improve the quality of fruit production in the next harvest.

Keyword: Fruit, Assessment, SPK, RAD, Quality.

1. Pendahuluan

Perkembang Teknologi dan Sistem Informasi (TSI) sangat signifikan terutama untuk pendukung akifitas manusia, membuat pekerjaan manusia makin mudah karenanya [5]. TSI juga telah merambah berbagai bidang tak terkecuali bidang pertanian, kelompok tani buah di Gunung Agung, Pagaralam dalam menentukan harga jual buah yang dihasilkan menggunakan perhitungan & cara manual (kira-kira)[6], terdapat kelemahan, dan ini menjadi masalah baru yang timbul dalam melakukan penilaian kualitas buah yang tepat dan akurat, pada sistem sedang berjalan saat ini belum mampu memenuhi kebutuhan para kelompok tani yang ingin melakukan penilaian kualitas buah hasil panennya dengan akurat, karena masih menggunakan cara perkiraan & spekulasi menentukan kualitas buah sehingga menyebabkan penilaian kualitas kurang akurat [7]. Untuk mempermudah petani menentukan kualitas buah yang tepat dan akurat, proses yang cepat, perlu dibuat sebuah sistem penunjang keputusan (SPK) untuk menentukan kualitas buah berbasis *website*, sehingga membantu petani menentukan kualitas buah hasil panen dengan proses cepat dan menghasilkan penilaian kualitas akurat. Aplikasi *website* berbasis PHP merupakan salah satu fasilitas yang dimanfaatkan untuk membangun suatu aplikasi SPK yang dirancang untuk menentukan kualitas buah dengan penilaian terhadap variabel terkait yang telah ditetapkan Pemerintah dalam menentukan kualitas buah Nasional, sehingga setelah menggunakan sistem *user* atau dalam hal ini petani dengan mudah melakukan penilaian kualitas hasil panennya dengan mudah, cepat dan data yang dihasilkan lebih akurat.

Perangkat lunak berbasis *website*, merupakan TSI yang handal, teknologi ini di pilih karena berbagai alasan di antaranya sisi teknologi di perkirakan petani saat ini sudah

mempergunakan teknologi seluler canggih bisa menampilkan *website* dan mudah dalam berinteraksi. Anggota Kelompok Tani yang lain juga dapat belajar mengenai keberhasilan kegiatan wirausaha buah melalui *website* ini, saling bertukar informasi dan ilmu wirausaha buah, Pemda juga melalui aplikasi ini dapat menonjolkan kegiatan wirausaha buah anggota kelompok tani secara *up to date*. Pemerintah dalam hal ini dinas pertanian dapat melakukan pengolahan data untuk daerahnya dan sekaligus dapat menyebarluaskan hasil wirausaha buah, melakukan promosi, dan bahkan dapat melakukan penawaran kepada mitra/sponsor lainnya yang mau dan berminat menjalin kerjasama dengan petani dari daerah lain bahkan bisa melakukan transaksi penjualan hasil pertanian seperti buah yang dihasilkan. Pembuatan sistem informasi penunjang keputusan ini tujuannya yang terpentingnya adalah memberikan kemudahan dalam belajar berwirausaha dan memang ditujukan untuk warga yang awam pembelajaran. Dalam jangka panjang sistem informasi akan dapat memberikan kemanfaatan terbentuknya kemandirian warga dan mendukung pelaksanaan otonomi dalam kegiatan-kegiatan wirausaha/bisnis yang tentu saja akan mensejahterakan.

Penelitian dilakukan karena kelebihan aplikasi *website* ini petani (*user*) lebih mudah bila dibanding dengan peneliti lain yang menggunakan aplikasi yang *offline*, seperti yang dilakukan Ahmad, 2002 berjudul pengolahan citra untuk pemeriksaan mutu buah mangga, yang menghasilkan aplikasi yang membandingkan kualitas mangga antara citra dengan analisis secara langsung terhadap buah mangga [15].

2. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini metode pengembangan sistem mempergunakan *Rapid Application Development (RAD)* yaitu suatu pendekatan berorientasi objek terhadap pengembangan sistem yang mencakup suatu metode pengembangan serta perangkat lunak. Terdapat tiga fase RAD yang melibatkan penganalisis dan pengguna dalam tahap penilaian, perancangan, dan penerapan, sedang metodologi RAD menurut Kendall [14], adalah sebagai berikut:

- a. *Requirements Planning*, yaitu:
 1. Mengidentifikasi kebutuhan, batasan & objektifitas sistem yang dibangun, dengan cara mengumpulkan data dari *stakeholder*.
 2. Aktivitas yang dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung & mengumpulkan data dari buku dan jurnal yang menunjang dan relevan.
 3. Hasil, berupa prosedur pengambilan data penelitian & spesifikasi kebutuhan sistem
- b. *RAD Design Workshop*, yaitu:
 1. Mendesain (merancang) kegiatan arsitektur sistem secara keseluruhan melibatkan identifikasi & deskripsi abstraksi sistem perangkat lunak mendasar & hubungan-hubungannya.
 2. Aktivitasnya: identifikasi pelaku, analisis proses, kinerja sistem, mengidentifikasi struktur objek, relasi, pemodelan interaksi obyek, *behavior* & mendesain Antarmuka.
 3. Hasilnya: berupa Pemodelan *Software*, Rancangan Basis Data dan Desain Antarmuka.
- c. *Implementation*, yaitu:
 1. Mengimplementasikan metode, program sesuai dengan kebutuhan sistem.
 2. Aktivitas: Implementasi *database*, Pemrograman, antarmuka & Pengujian.
 3. Hasil yang didapatkan berupa *website*.

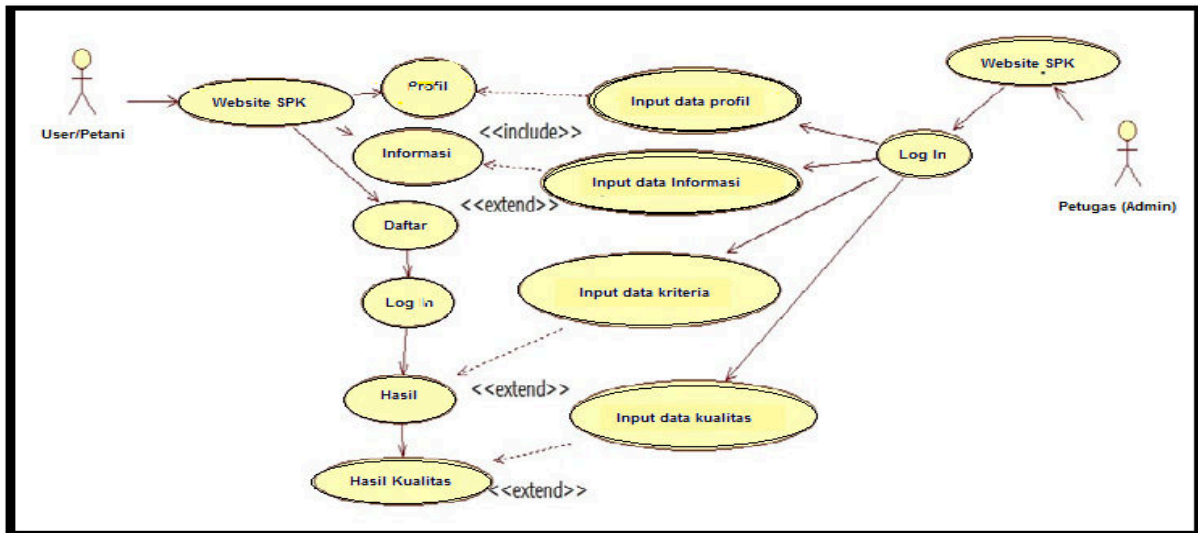


Gambar 1. Metode Pengembangan RAD [14]

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Ada pun hasil dari penelitian ini adalah *website* sistem penunjang keputusan kualitas buah adalah sistem yang memberikan informasi mengenai kualitas buah dan membantu petani mengetahui hasil kualitas buah melalui kriteri-kriteria kualitas buah yang diinputkan ke dalam *website* SPK ini.



Gambar 2. Use case sistem.

Gambar 2, merupakan rancangan use case dari sistem yang dibangun terdiri dari empat menu yang bisa diisi datanya oleh admin lalu bisa dilihat user, yaitu menu: Profil, Informasi, Data Kriteria dan Kualitas, yang mana pada saat akan beraktifitas dalam website user (Petani/Pengunjung/Admin/Petugas) harus melakukan login terlebih dahulu baru bisa masuk ke dalam sistem, untuk *user* (Petani/Pengunjung) yang akan melakukan analisis buah diharuskan untuk daftar dulu pada sistem yang dibangun. Pada penelitian ini digunakan bahasa pemrograman *PHP & database MySQL* [1]. Sistem berfungsi membantu masyarakat identifikasi awal kualitas buah tanpa datang ke Dinas Pertanian dengan mengakses sistem petani mengetahui kualitas buah. Masyarakat hanya melakukan registrasi pada sistem untuk mendapatkan *username dan password*. Setelah *user login* pada sistem maka *user* mengetahui informasi tentang kualitas buah dan melihat hasil kualitas dengan cara mengakses *website* sistem alamat yang telah disediakan admin, pada penelitian ini aplikasi dibatasi untuk mutu buah salak [2,3,4]

3.2. Pengujian

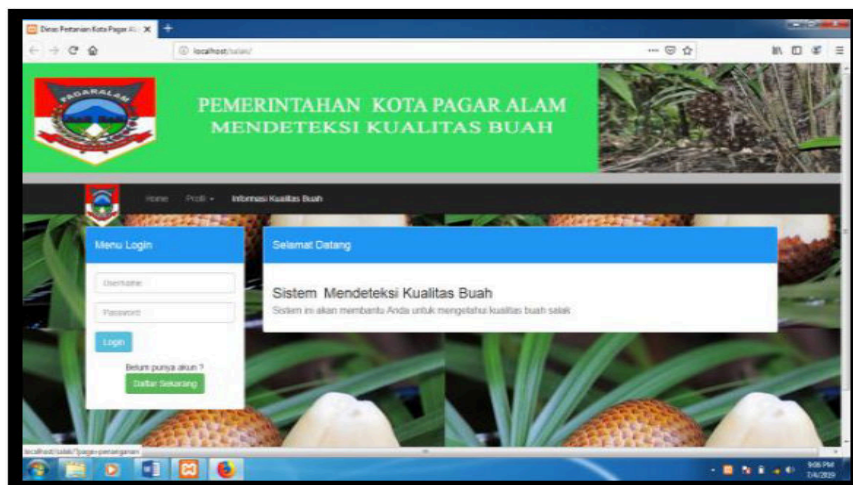
Pengujian sistem dilakukan terhadap sistem pengguna yaitu admin dan Pengunjung (*user*). Admin bisa mengelola data kualitas buah dimana admin menambah, edit & hapus data yang telah

di inputkan seperti data *user*, menu *Home*, *profil*, informasi kualitas buah, menu *login*, menu *home admin*, *master data*, *data kriteria*, *data kualitas*, *data rule*, *setting rule*, *test rule*, *laporan registrasi*. Dapat mencetak laporan dan bagian *user* untuk melihat dan mencetak laporan hasil kualitas yang diinputkan *admin*. Pengujian dilakukan untuk menguji kesalahan dan kekurangan yang ada pada sistem sehingga diketahui apakah sistem layak untuk diimplementasikan dan digunakan. Pengujian sistem yang dilakukan menggunakan *black box testing*.

3.3. Pembahasan

a. Menu-Menu Utama Pada Sistem.

Menu utama merupakan *form* saat pengunjung (*user/admin*) mengakses sistem. Kemudian setelah berhasil ditampilkan *Home*. Kemudian Menu ini akan digunakan *user* secara umum, untuk memilih apakah sebagai *user* atau *admin*. *Website* ini hanya menampilkan dua tampilan yaitu halaman *admin* dan halaman *user* Seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3. Menu Utama

Pada menu utama ini juga user bisa melihat beberapa menu, selain menu *home*, yaitu: Menu profil dan menu informasi kualitas buah. Profil berisi informasi tentang dinas pertanian, sementara informasi kualitas buah merupakan informasi sementara seputar buah yang berkualitas khususnya untuk buah salak khas Pagar Alam



Gambar 4. Kualitas Buah

Berikutnya pada halaman menu utama juga *user* dapat melakukan pendaftaran, agar *user* (petani) dapat mengidentifikasi atau mendapat informasi ciri-ciri buah berkualitas dengan terlebih dahulu harus memberikan informasi diri, hal ini untuk memudahkan pembinaan selanjutnya oleh dinas pertanian.

Pada menu daftar ini sebenarnya terdapat dua *level* bisa sebagai *user* biasa dan bisa sebagai *user* (operator/admin), pada saat sebagai *user* biasa maka akan ditampilkan halaman informasi/identifikasi kualitas buah, sementara jika sebagai *user* (operator/

admin) tugasnya memverifikasi user biasa, menampung segala permasalahannya, untuk disampaikan pada pimpinan atau untuk perbaikan sistem, atau dijadikan masukan untuk dijadikan program kerja dinas pertanian masa akan datang, atau menghapus segala informasi yang tidak diperlukan lagi. Pada menu informasi juga terdapat sub menu master data, pada master data ini terdapat sub menu lagi yaitu kriteria dan menu kualitas. Pada kriteria merupakan kriteria/ciri dari buah salak yang berkualitas, sementara menu kualitas merupakan tingkatan kualitas dari buah itu ada 3 yaitu: kualitas super, kualitas sedang dan tidak baik.

Menu yang lain pada menu informasi adalah menu data rule, laporan dan profil *admin*. Pada data rule berisi tentang kriteria buah, setting rule, tes rule dan perubahannya yang dilakukan admin. Menu Laporan Registrasi berfungsi untuk mengetahui seberapa banyak orang yang telah menggunakan sistem. Profil admin berisi informasi tentang *admin/operator* yang sedang aktif atau yang ditugaskan, *admin* juga bisa melakukan perubahan terhadap datanya sendiri, melakukan perubahan *password* sehingga tiap saat apa bila terjadi *rolling* posisi sistem bisa merubah/*update* data operator/admin baru. Hal lain pada sistem yang dapat dilakukan oleh user biasa (pengguna) selain melihat informasi yang ada pada sistem adalah bisa merubah profil, *password*,

b. Identifikasi buah.

Setelah mengklik menu hasil identifikasi *user* dapat melakukan proses mendeteksi buah berkualitas dengan memberikan input seperti gambar dibawah, lalu klik hasil kualitas.

Pilih Ya Jika kualitas buah salak Anda baik dengan kriteria Tersebut dibawah ini	
1.	Apakah Daging buahnya tebal dengan warna putih kekuningan ?...
2.	Apakah kulit berwarna coklat berkilau cenderung kehitaman terlihat bersih ?...
3.	Apakah buah berbentuk lonjong dan pucuknya lebih runcing dan halus ?...
4.	Apakah sisik pada kulit buah nampak besar dan tidak rapat. ?...
5.	Apakah pucuk buah terasa halus dan padat ketika di pegang atau tekan. ?...
6.	Apakah Bentuk buah bulat telur terbalik dengan garis tengah 6 cm dan panjang 2,5-10 cm. ?...
7.	Apakah Biji salak umumnya berjumlah tiga butir perbuah. ?...
8.	Apakah Memiliki rasa yang manis. ?...
9.	Apakah Memiliki daging buah yang garing dan renyah. ?...
10.	Apakah Berat buah mencapai 150 gr per buah. ?...

Hasil Kualitas

© 2009 Dinas Pertanian Kota Pagar Alam

Gambar 5. Proses Identifikasi

c. *Output* Hasil Analisa

Setelah kita memasukan ciri/kriteria buah seperti Gambar 3. Maka selanjutnya adalah akan ditampilkan halaman hasil analisa, maka akan muncul 3 kemungkinan seperti berikut, berdasar kriteria yang dimasukan:

- Kualitas Super

Setelah mengklik *form* dan memilih jenis kualitas lebih dari 10 kriteria di dapatkan hasil kualitas buah maka sistem akan menampilkan hasil dari proses pendeteksian yang dilakukan *user* dengan keluaran kualitas super. Berikut gambar tampilannya.

Hasil Kualitas

1. Daging buahnya tebal dengan warna putih kekuningan.
2. kulit berwarna coklat berkilau cenderung kehitaman terlihat bersih.
3. buah berbentuk lonjong dan pucuknya lebih runcing dan halus
4. sisik pada kulit buah nampak besar dan tidak rapat.
5. pucuk buah terasa halus dan padat ketika di pegang atau tekan.
6. Bentuk buah bulat telur terbaik dengan garis tengah 6 cm dan panjang 2,5-10 cm.
7. Biji salak umumnya berjumlah tiga butir perbuah.
8. Memiliki rasa yang manis.
9. Memiliki daging buah yang garing dan renyah.
10. Berat buah mencapai 150 gr per buah.

Berdasarkan hasil maka buah salak anda termasuk kategori

Kualitas Super

PENANGANAN :

Buah salak anda telah dinyatakan berkualitas, silahkan terus pertahankan dan terus dikembangkan

Simpan & Cetak

Gambar 6. Hasil identifikasi kualitas super

- Kualitas sedang

Setelah mengklik *form* dan memilih jenis kualitas kurang dari 8 dan lebih dari 5 kriteria di dapatkan hasil kualitas buah maka sistem menampilkan hasil proses pendeteksian dilakukan *user* dengan keluaran kualitas sedang.

Hasil Kualitas

1. Daging buahnya tebal dengan warna putih kekuningan.
2. kulit berwarna coklat berkilau cenderung kehitaman terlihat bersih.
3. buah berbentuk lonjong dan pucuknya lebih runcing dan halus
4. sisik pada kulit buah nampak besar dan tidak rapat.
5. pucuk buah terasa halus dan padat ketika di pegang atau tekan.
6. Bentuk buah bulat telur terbaik dengan garis tengah 6 cm dan panjang 2,5-10 cm.
7. Biji salak umumnya berjumlah tiga butir perbuah.

Berdasarkan hasil maka buah salak anda termasuk kategori

Kualitas Sedang

PENANGANAN :

Ikuti dan perbaiki lagi tata cara perawatan mulai dari pembenihan sampai dengan perawatannya yang lebih baik, guna meningkatkan kualitas buah salak anda

Simpan & Cetak

Gambar 7. Hasil identifikasi kualitas sedang

- Kualitas Tidak Baik

Setelah mengklik *form* dan memilih jenis kualitas kurang dari 5 kriteria di dapatkan hasil kualitas buah maka sistem akan menampilkan hasil dari proses pendeteksian yang dilakukan oleh *user* dengan keluaran tidak baik. Berikut gambar tampilannya.

Hasil Kualitas

1. Daging buahnya tebal dengan warna putih kekuningan.
2. kulit berwarna coklat berkilau cenderung kehitaman terlihat bersih.
3. buah berbentuk lonjong dan pucuknya lebih runcing dan halus

Berdasarkan hasil maka buah salak anda termasuk kategori

Tidak Baik

PENANGANAN :

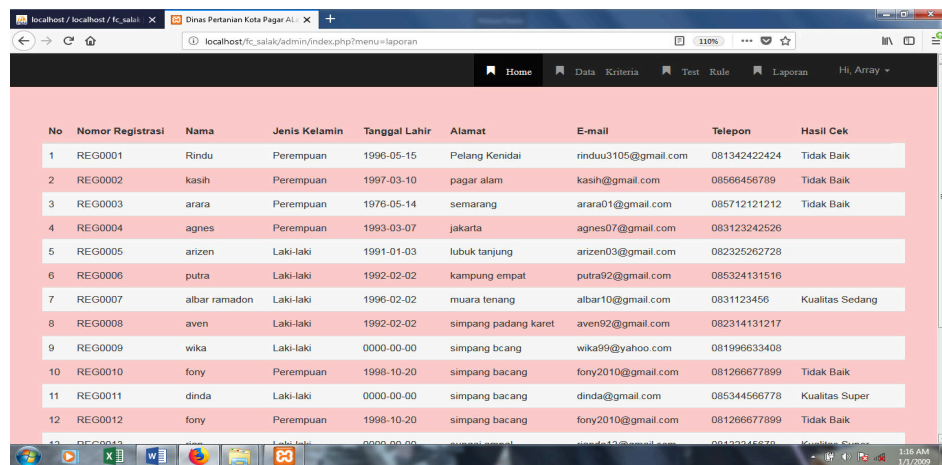
1. penyulaman, sekitar 2-3 minggu setelah tanam, hendaknya diadakan pemeriksaan pada kebun salak, bila ditemukan pertumbuhan salak yang tidak baik atau mati, secepatnya dilakukan penyulaman, agar pertumbuhan bibit sulaman tidak jauh tertinggal dengan tanaman lain, sebaiknya dipilih bibit cangkikan yang baik disertai pemeliharaan yang intensif, penyulaman ini asil untuk mengetahui jumlah tanaman yang sesungguhnya (produktifitas) agar nantinya dapat diketahui jumlah produk yang akan dihasilkan, penyulaman ini sebaiknya dilakukan pada awal-awal musim penghujan.
- 2.
3. asadadadad

Simpan & Cetak

Gambar 8. Kualitas Tidak Baik

d. Data Laporan

Berfungsi untuk mengetahui seberapa banyak orang yang telah menggunakan sistem ini. Berikut gambar tampilannya.



No	Nomor Registrasi	Nama	Jenis Kelamin	Tanggal Lahir	Alamat	E-mail	Telepon	Hasil Cek
1	REG0001	Rindu	Perempuan	1996-05-15	Pelang Kenidai	rinduu3105@gmail.com	081342422424	Tidak Baik
2	REG0002	kasih	Perempuan	1997-03-10	pagar alam	kasih@gmail.com	08566456789	Tidak Baik
3	REG0003	arara	Perempuan	1976-05-14	semarang	arara01@gmail.com	085712121212	Tidak Baik
4	REG0004	agnes	Perempuan	1993-03-07	jakarta	agnes07@gmail.com	083123242526	
5	REG0005	arizen	Laki-laki	1991-01-03	lubuk tanjung	arizen03@gmail.com	082325262728	
6	REG0006	putra	Laki-laki	1992-02-02	kampung empat	putra92@gmail.com	085324131516	
7	REG0007	albar ramadon	Laki-laki	1996-02-02	nuara tenang	albar10@gmail.com	0831123456	Kualitas Sedang
8	REG0008	aven	Laki-laki	1992-02-02	simpang padang karet	aven92@gmail.com	082314131217	
9	REG0009	wika	Laki-laki	0000-00-00	simpang bcang	wika99@yahoo.com	081996633408	
10	REG0010	fony	Perempuan	1998-10-20	simpang bacang	fony2010@gmail.com	081266677899	Tidak Baik
11	REG0011	dinda	Laki-laki	0000-00-00	simpang bacang	dinda@gmail.com	085344566778	Kualitas Super
12	REG0012	fony	Perempuan	1998-10-20	simpang bacang	fony2010@gmail.com	081266677899	Tidak Baik

Gambar 9. Laporan Hasil Diagnosa

Bagi dinas pertanian laporan ini berguna untuk memetakan daerah mana yang harus mendapatkan pembinaan lebih lanjut/atau secara langsung dilapangan, dengan melihat hasil kualitas buah.

4. Kesimpulan

Dari analisa dan pembahasan yang dilakukan Peneliti pada bab-bab sebelumnya, Peneliti menarik kesimpulan bahwa:

- Sistem ini dapat memberikan informasi dan diagnosa untuk mengetahui kualitas buah agar masyarakat lebih mengetahui kualitas buah salak yang baik.
- Sistem ini bisa membantu pengguna (*user*) untuk mempermudah mendapatkan informasi tentang kualitas buah sesuai dengan kriteria yang dialami sesuai dengan diagnosa.
- Sistem ini juga dapat di jadikan sebagai media penerapan intelegensi seorang ahli atau pakar menganalisis kualitas buah sesuai dengan kriteria.

Ucapan Terima kasih

- Terima kasih kepada LPPM STT Pagar Alam
- Panitia Senatik STT Adisucipto Yogyakarta

Daftar Pustaka

- [1] Agung, M. (2016). *Pemrograman PHP dan MySQL untuk Pemula*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- [2] Anarsis, W. (1996). *Agribisnis Komoditas Salak*. Jakarta: Bumi Aksara.
- [3] Drs. Harsoyo Purnomo, M. (2000). *Budi Daya Buah Salak*. Semarang: CV.Aneka Ilmu.
- [4] Tjahjadi, I. N. (1989). *Bertanam Salak*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- [5] Muslim, B. (2017). *Pengantar Teknologi informasi Teknik Informatika*. Yogyakarta: C.V Budi Utama.
- [6] Muslim, B. (2018). Quantitative Risk Analysis of Asset Information Technology at STT Pagaralam. Prosiding STTA Yogyakarta (Senatik 2018), STTA. Pages 501-509.
- [7] Muslim, B. dkk. (2019). Proposal Of Infrastructure Information Technology Frame Work Togaf For Pagar Alam Town Governance. Jurnal Teknologi Informasi, Vol. 11, LPPM STIMIK Mura, pages 20-28.

- [8] Rosa A.S, M. (2016). *Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek*. Bandung: Informatika.
- [9] Rosa, AS, & Shalahuddin, M. (2018). *Rekayasa Perangkat Lunak*. Bandung: Informatika.
- [10] Sibero, A. F. (2013). *Web Programming Power Pack*. Yogyakarta: MediaKom.
- [11] T.Sutojo, S. E. (2011). *Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- [12] Verdi Yasin, S. M. (2012). *Rekayasa Perangkat Lunak Berorientasi Objek*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- [13] Zulfian Azmi, S. d. (2017). *Penghantar Sistem Pakar dan Metode*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- [14] Kendall, J.E. & Kendall, K.E. 2010. *Analisis dan Perancangan Sistem*. Jakarta: Indeks.
- [15] Ahmad, Usman, (2002). *Pengolahan Citra Untuk Pemeriksaan Mutu Buah Mangga.*, Bulletin Teknik Pertanian IPB, Vol. 16, No.1, April.

WEB-BASED CULTURE INFORMATION SYSTEM OF LITERATURE BESEMAH CITY OF PAGAR ALAM

Desi Puspita¹⁾, Yogi Isro' Mukti²⁾

Program Studi Teknik Informatika Sekolah Tinggi Teknologi Pagar Alam
Jl. Masik Siagim No. 75 Simpang Mbacang Kel.Karang Dalo Kec. Dempo Tengah
Email : ¹desiofiral@gmail.com , ²yogie.isro.mukti@gmail.com

Abstract

Besemah Literary Culture comes from the besemah tribe that grew up in Kota Pagar Alam. Besemah literature is now rarely heard by the Pagar Alam people inside and outside the City of Pagar Alam and is also almost unknown to the public, especially Pagar Alam among young people today. The research methodology using the system development method used is Rapid Application Development with stages including, requirements planning, RAD design workshop, and implementation. System testing is done using Black Box Testing with no error results. The results of research in the form of Web-based Literature Culture Information System Weak Besagar Pagar that can be implemented and used by the general public. With the web-based information system program, it can be concluded that the community can more easily obtain knowledge about the literary culture that is weak in the City of Pagar Alam, and also helps disseminate information in the introduction of culture and literature to the wider community to increase outside tourists in supporting the City of Nature Fence program.

Keywords: Information Systems, Culture, Besemah, Website.

1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat khususnya teknologi informasi saat ini, jika pengelolaan seni budaya dipadukan dengan teknologi maka akan menghasilkan kinerja yang baik bagi pengelola seni kebudayaan serta mempermudah penyajian informasi seni kepada wisatawan seluruh dunia [1]. Perkembangan teknologi informasi memang memiliki pengaruh penting bagi kehidupan manusia, termasuk bagi kebudayaan sendiri, bahkan bisa memberi efek negatif contohnya anak-anak pada zaman sekarang sudah sangat jarang kita temui yang masih melakukan permainan tradisional, mereka terpengaruh dengan munculnya permainan digital seiring dengan semakin canggihnya suatu teknologi. Hal tersebut dapat menjadi salah satu unsur mengapa kebudayaan sendiri mulai luntur tergerus arus globalisasi. Namun hal tersebut dapat juga memberikan dampak positif apabila kita memanfaatkan teknologi contohnya *internet* sebagai media untuk mempromosikan kembali kebudayaan kepada masyarakat luas bahkan seluruh dunia dapat mengakses informasi tersebut melalui *internet* [2]. Perkembangan teknologi informasi memang memiliki pengaruh penting bagi kehidupan manusia, termasuk pada kebudayaan sendiri, bahkan memberi efek negatif contohnya pada masyarakat Kota Pagar Alam.

Kebudayaan Sastra besemah berasal dari suku besemah yang tumbuh di Kota Pagar

Alam. Sastra besemah saat ini sudah jarang didengar oleh masyarakat Pagar Alam yang berada didalam maupun diluar Kota Pagar Alam dan juga hampir tidak dikenal lagi oleh masyarakat khususnya Pagar Alam pada kalangan anak muda zaman sekarang. Padahal kebudayaan sastra besemah ini mempunyai keragaman yang khas namun karena kurangnya informasi tentang kebudayaan tersebut banyak masyarakat yang tidak tahu tentang sastra besemah. Seharusnya masyarakat harus memiliki pengetahuan agar mampu mengikuti

perkembangan teknologi. Pemerintah juga berkewajiban memberikan penanganan yang maksimal terhadap kebudayaan sastra besemah, perlu diperhatikan bagaimana menarik simpati wisatawan asing datang ke Indonesia. Dengan itu akan memberikan pemasukan yang besar baik untuk daerah khususnya dan Negara pada umumnya.

Oleh karena itu, peneliti membuat sebuah aplikasi sistem informasi kebudayaan sastra besemah berbasis *web* secara *online* yang digunakan untuk pengenalan budaya dan sastra besemah seperti data budaya, data sastra, informasi dan galeri. Dengan program sistem informasi berbasis *web* tersebut, Masyarakat akan memperoleh pengetahuan tentang kebudayaan sastra besemah yang ada di Kota Pagar Alam, dan juga membantu penyebaran informasi dalam pengenalan budaya dan sastra besemah ke masyarakat luas untuk meningkatkan wisatawan luar dalam mendukung program Kota Pagar Alam.

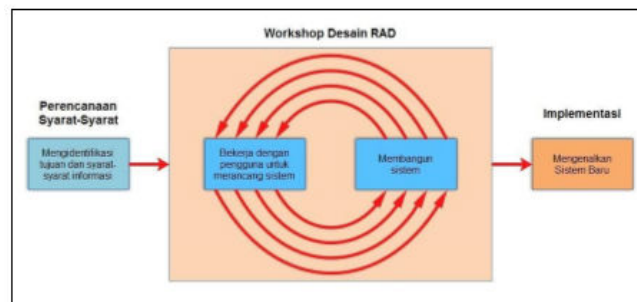
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan sebuah Sistem Informasi Kebudayaan Satra Besemah Pagar Alam berbasis *Web* sebagai sarana penyampaian pengenalan budaya ke masyarakat luas. Urgensi penelitian ini untuk membantu masyarakat dan Pemerintahan dalam mengenal Kebudayaan Satra Besemah kota Pagar Alam, dimana sistem ini memberikan informasi data kebudayaan, data sastra besemah dan galeri yang ada di Kota Pagar Alam. dan dijadikan sebagai media promosi Kota Pagar Alam untuk menambah minat wisatawan luar untuk datang ke Pagar Alam.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Metodologi Pengembangan *Rapid Application Development (RAD)*

Rapid Application Development (RAD) adalah suatu pendekatan berorientasi objek terhadap pengembangan sistem yang mencakup suatu metode pengembangan serta perangkatperangkat lunak. Terdapat tiga fase dalam *RAD* yang melibatkan penganalisis dan pengguna dalam tahap penilaian, perancangan, dan penerapan [3].

Adapun ketiga fase tersebut adalah *requirements planning*, *RAD design workshop*, dan *implementation*. Metodologi *RAD* menurut Kendall berikut ini adalah tahapan pengembangan aplikasi [4].



Gambar 1. Tahap Pengembangan *Rapid Application Development (RAD)*

Tahapan *RAD* terdiri dari 3 fase, yaitu :

1. *Requirements Planning* (Perencanaan Persyaratan), yaitu:
 - a. Pengguna dan analis bertemu untuk mengidentifikasi tujuan dari aplikasi atau sistem.
 - b. Berorientasi pada pemecahan masalah.
2. *RAD Design Workshop*, yaitu:
 - a. Fase desain dan menyempurnakan.
 - b. Programmer dan analis membangun dan menunjukkan tampilan visual desain dan alur
 - c. kerja pengguna.

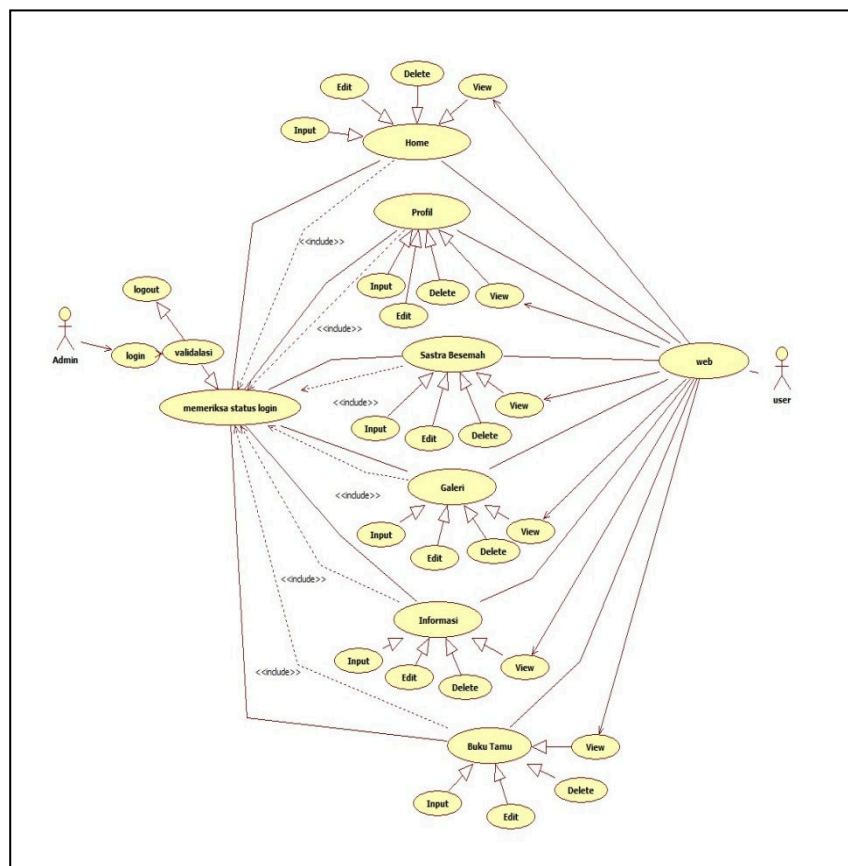
- d. Pengguna menanggapi prototipe kerja aktual.
 - e. Analisis menyempurnakan modul dirancang berdasarkan tanggapan pengguna.
3. *Implementation* (Penerapan), yaitu:
- a. Sebagai sistem yang baru dibangun, sistem baru atau parsial diuji dan diperkenalkan kepada organisasi.
 - b. Ketika membuat sistem baru, tidak perlu untuk menjalankan sistem yang lama secara *parallel*.

2.2. Sistem Informasi

Sistem informasi merupakan gabungan dari empat bagian utama. keempat bagian utama tersebut mencakup perangkat lunak (*software*), perangkat keras (*hardware*), infrastruktur, dan sumber daya manusia (SDM) yang terlatih ke empat bagian utama ini saling berkaitan untuk mencapai sebuah sistem yang dapat mengolah data menjadi informasi yang bermanfaat [5]. Sistem Informasi adalah cara terorganisir untuk mengumpulkan, memasukkan, dan memproses data dan menyimpannya, mengelola, mengontrol dan melaporkannya sehingga dapat mendukung perusahaan atau organisasi untuk mencapai tujuan [6].

2.3. Use Case Diagram

Perancangan dari Sistem Informasi Kebudayaan Satra Besemah Pagar Alam berbasis *Web* menggunakan UML. Perancangan ini dimulai dari konsep hasil analisis yang digambarkan melalui *use case diagram*, dimana actor dari aplikasi ini ada dua actor atau pengguna yaitu Admin dan User umum.



Gambar 2. Use Case Diagram

Pada Gambar 2 terdapat dua actor yaitu *Admin* dan *user*, Dimana dalam sistem *admin* memiliki wewenang untuk melakukan manipulasi data termasuk *input*, *update*, dan *delete* data yang ada pada sistem seperti kelola *home*, *profil*, *sastra besemah*, *galeri*, *informasi*,

buku tamu. Tetapi sebelum bisa memanipulasi data *admin* harus login terlebih dahulu. Kemudian *User* hanya terbatas pada fungsi-fungsi dasar seperti melihat *home*, *profil*, sastra besemah, *galeri*, informasi, buku tamu.

2.4. Rancangan Database

Database pada sebuah aplikasi memegang peran yang sangat penting, dikarenakan *database* menyimpan semua data yang diperlukan dalam mengolah data. *Database* terdiri dari tabel-tabel yang berfungsi untuk menyimpan data. Adapun tabel yang akan dibuat pada sistem informasi kebudayaan besemah antara lain.

2.4.1. Tabel Sastra Tutar Besemah

Tabel ini digunakan untuk memasukan data informasi tentang sastra besemah seperti pengertian, *Audio* dan *Lirik* serta yang menjadi *primary key* adalah *id_sastra*

Tabel 1. Tabel Sastra Tutar Besemah

No	Field Name	Type	Size	Keterangan
1	<i>Id sastra*</i>	<i>Int</i>	11	<i>Primary key</i>
2	<i>Id Kategori**</i>	<i>Int</i>	11	<i>Secondary key</i>
3	Pengertian	<i>Text</i>		Pengertian
4	<i>Audio</i>	<i>varchar</i>	100	Isi
5	<i>Lirik</i>	<i>Text</i>	10	<i>Lirik</i>

2.4.2. Tabel Kategori

Tabel Kategori digunakan untuk menyimpan semua data-data yang berhubungan dengan data kategori. Adapun *field-field* pada table 2 kategori sebagai berikut ini.

Tabel 2. Tabel Kategori

No	Nama Field	Tipe Field	Keterangan
1	<i>Id Kategori **</i>	<i>Int</i>	10
2	Kategori	<i>Varchar</i>	30

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian Sistem Informasi Kebudayaan Besemah Berbasis *Web* berupa program selesai dibuat, selanjutnya dilakukan pengujian, untuk mengetahui dan memastikan bahwa program yang dibuat terbebas dari kesalahan yang bisa saja terjadi dalam pembuatan program. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode *black box testing*. Hasil pengujian yang didapatkan dari fungsi masukan dan keluaran sesuai dengan yang diharapkan dengan kata lain semua berfungsi dengan baik.

Setelah selesai melewati tahap pengujian, maka Sistem Informasi Kebudayaan Besemah Berbasis *Web* dapat implementasikan, dapat dilihat pada gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3. Halaman *Login Admin*

Halaman *login admin* merupakan tempat untuk melakukan *login admin* pada Sistem Informasi Kebudayaan Sastra Tutar Besemah berbasis *web*.



Gambar 4. Halaman Input Sastra Besemah

Halaman *input sastra besemah* merupakan halaman saat *admin* menginputkan data mengenai sastra besemah.



Gambar 5. Halaman Home

Halaman *home* merupakan tampilan sekilas informasi mengenai kebudayaan sastra besemah.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah menghasilkan Sebuah Sistem Informasi Kebudayaan Sastra Besemah Kota Pagar alam berbasis *web* sebagai sarana untuk mengetahui dan memeberi informasi kepada masyarakat luas tentang sastra tutur besemah.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini merupakan hibah penelitian dosen pemula (PDP) yang dibiayai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2019. Kami banyak mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Kota Pagar Alam dan Masyarakat Pagar Alam atas kesediaan menjadi responden. Serta terima kasih juga kami sampaikan kepada petugas lapangan dan petugas survey

Daftar Pustaka

- [1] NILASARI, S. (2014). *JAGO Membuat Website Gratis & Cepat*. Jakarta: Dunia Komputer.
- [2] Normah. (2016). Perancangan Website Sistem Informasi Kebudayaan Betawi.
- [3] Priyanto hidayatullah. (2014). *Informatika Bandung*. Bandung.
- [4] Putri, L. D. (2014). perancangan sistem informasi penerimaan siswa baru pada sekolah menengah kejuruan negeri 3 pacittan. *indonesian journal on networking and security* .
- [5] raharjo, B. (2011). *belajar otodidak Pemrograman Web dengan php + ORACLE*. Bandung: Informatika.
- [6] Shalahuddin, R. A. (2013). *Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur Dan Berorientasi Objek*. Bandung: Informatika.
- [7] Sibero, A. F. (2013). *Web Programming Power Back*. Yogyakarta: MediaKom.
- [8] Sukarno, M. (2006). *Membangun Website Dinamis dan Interaktif dengan PHP dan MySQL (Windows dan Linux)*. Jakarta: Eska Media Press.
- [9] Tantra, R. (2012). Manajemen. Dalam S. Rohmat taufiq, *Sistem Informasi Manajemen Konsep Dasar, Analisis dan Metode Pengembangan* (hal. 18). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [10] Tedi, S. (2007). *mengungkap keberagaman budaya untuk kelas XI untuk sekolah menengah atas/madrasah aliyah untuk perogram bahasa*. bandung: PT.Setia Purna Inves.
- [11] Tohirudin, m. (2011). *Pintar Membuat Web dengan joomla*. Jakarta: Kanayapress.
- [12] Wahana, A. (2016). *Membuat beragam Desain 3 demensi Adobe Photosop CS6*. jogyakarta: andi publisier dan wahana komputer.
- [13] Yuhefizar. (2008). *10 Jam Menguasai Internet :Teknologi dan Aplikasinya* . Jakarta: PT Elek Media Komputindo.

WEB BASED DISASTER EARLY WARNING SYSTEM ON PAGAR ALAM CITY

Yogi Isro' Mukti¹⁾, Desi Puspita²⁾

Podi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Pagar Alam
Jln. Masik Siagim N0.75 Simpang Mbacang Kel. Karang Dalo
Email : ¹yogie.isro.mukti@gmail.com

Abstract

Rainfall monitoring conducted by BMKG, is the capital as the basis of this research which aims to create a web-based landslide early warning system in the City of Pagar Alam, by recording the rainfall that occurs as an anticipatory material for landslides in the Pagar Alam area. In order to make this research work as expected as an early warning system that can be accessed online, a research methodology and in-depth analysis are used. With the Rapid Application Development (RAD) system development method, the design uses flowchart and Unified Modeling Language (UML), with the PHP programming language and MySQLi database. The result of this research is a web-based early disaster landslide early warning system in the City of Pagar Alam area which is a mountainous area, by utilizing the classification of very light, mild, moderate, heavy and very heavy rainfall.

Keywords: *early warning systems, disasters, landslides, web*

1. Pendahuluan

Salah satu bencana yang sering terjadi mendekati musim penghujan selain banjir adalah tanah longsor, hal ini disebabkan oleh faktor pendorong dan faktor pemicu. Faktor pendorong dipengaruhi oleh kondisi material, sedangkan faktor pemicu disebabkan oleh Bergeraknya material itu sendiri[1]. Selain itu penyebab utamanya adalah gravitasi bumi pada suatu lereng yang curam, dimana berkumpulnya titik-titik hujan yang terus menerus pada suatu lereng yang curam sehingga bisa menyebabkan terjadinya longsor.

Salah satu daerah yang ada di Provinsi Sumatera Selatan adalah Wilayah Kota Pagar Alam meliputi 5 (Lima) Kecamatan, 35 Kelurahan. Luas Wilayah 633,66 Km² atau 63.366 Ha, dengan ketinggian bervariasi dari 100 m sampai > 1000 m dari permukaan laut. Jenis tanah terdiri dari andosol dan latosol coklat dengan permukaan bergelombang sampai berbukit. Kota Pagar Alam secara geografis terletak antara 040 Lintang Selatan (LS), dan 103,150 Bujur Timur (BT). Daerah yang berbukit hingga bergunung dengan ketinggian 1.250 m – 3.195 mdpl. Daerah landai dengan ketinggian antara 441 – 1.000 m di atas permukaan laut. Rata rata curah hujan 1.462 mm-5.199 mm per tahun dengan jumlah bulan basah lebih enam bulan per tahun. Suhu berkisar antara 200 - 280 C dan intensitas cahaya matahari antara 6 -10 jam perhari[2]. Dengan kondisi geografis yang berada di area pengunungan, Pagar Alam merupakan rawan bencana terutama tanah longsor mengingat kondisi tanah yang ada berada di area perbukitan dan gunung yang rapuh, terutama jika terjadi musim penghujan. Oleh karena itu perlu adanya sistem yang bisa melakukan pengukuran terhadap curah hujan, untuk mengantisipasi terhadap bencana longsor.

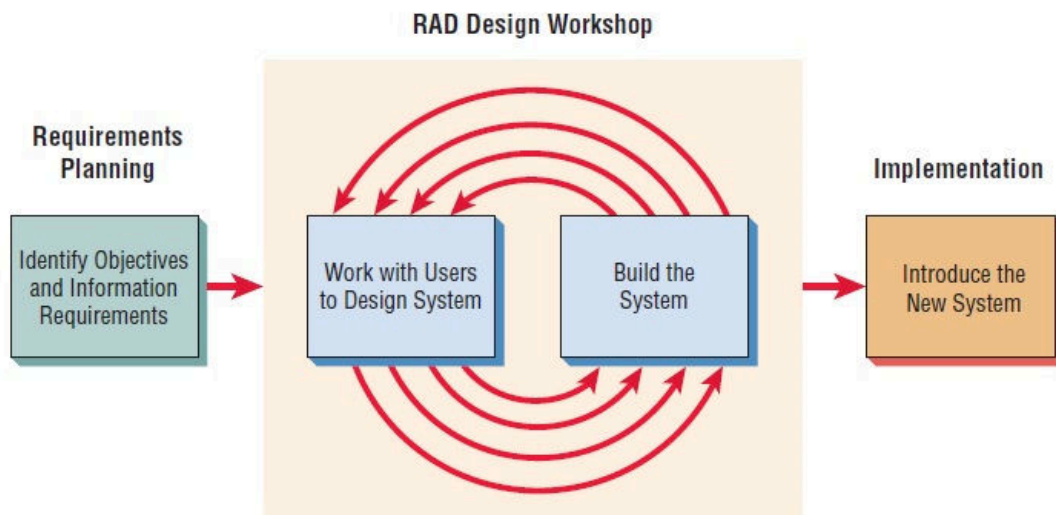
Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pendataan curah hujan berbasis *web* sebagai sistem peringatan dini bencana longsor pada Kota Pagar Alam, yang bisa diakses secara *online*. Dengan memanfaatkan sensor pengukur curah hujan berbasis timbangan, dengan mempertimbangkan arah angin suhu dan data *logging rain gauge*. Pengukuran curah hujan secara otomatis memiliki kelebihan diantaranya pengiriman data yang cepat, realtime

dan tidak memerlukan sumber daya manusia untuk melakukan pengamatan, sehingga pengumpulan data pun akan lebih efektif dan efisien[3].

Sistem berbasis *web* ini sejalan dengan pertumbuhan internet yang semakin meningkat, berdasar dari data Lembaga riset digital marketing, memperkirakan penggunaan internet pada tahun 2018 lebih dari 100 juta orang[4]. Oleh karena itu sistem peringatan dini bencana longsor dirasa tepat dalam memberikan layanan kepada masyarakat terkait bencana yang akan terjadi.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan secara berturut-turut mulai dari studi literatur, analisis kebutuhan sistem pengukuran menggunakan *rain gauge*, pembuatan *website* menggunakan bahasa pemrograman PHP yang merupakan bahasa pemrograman yang dijalankan melalui *web*, yang umumnya digunakan untuk internet[5]. Untuk basis data menggunakan MySQLi yang merupakan basis yang *open source*[6]. Untuk metode pengembangan sistem digunakanlah metode pengembangan sistem *Rapid Application Development (RAD)*, yang terdiri dari tiga tahapan yakni Tahap Requirements Planning (Perencanaan Persyaratan), RAD Design Workshop, Implementation (Penerapan)[7].

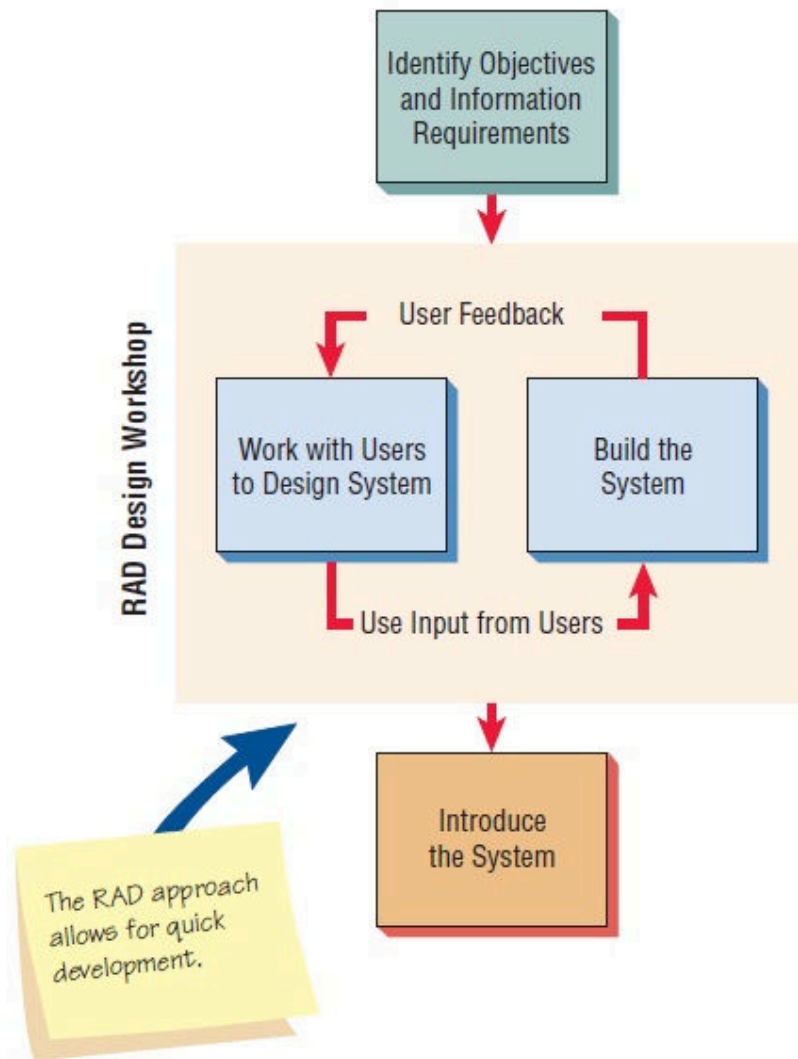


Gambar 1. *Rapid Application Development (RAD)*[7]

Tahapan RAD yang dimulai dari 3 fase yakni[7] :

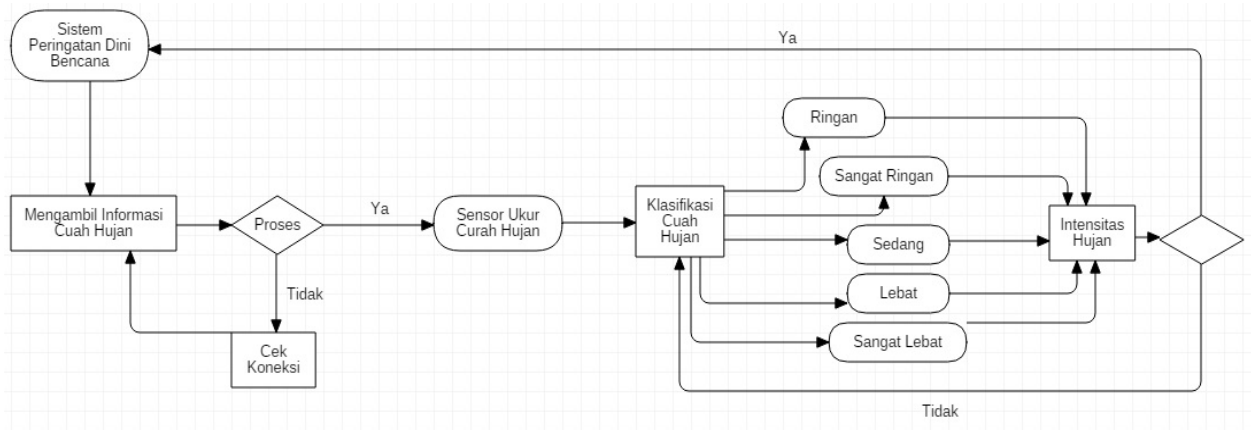
1. Requirements Planning (Perencanaan Persyaratan), yaitu:
 - a. Pengguna dan analis bertemu untuk mengidentifikasi tujuan dari aplikasi atau sistem.
 - b. Berorientasi pada pemecahan masalah.
2. RAD Design Workshop, yaitu:
 - a. Fase desain dan menyempurnakan.
 - b. Programmer dan analis membangun dan menunjukkan tampilan visual desain dan alur kerja pengguna.
 - c. Pengguna menanggapi prototipe kerja aktual.
 - d. Analis menyempurnakan modul dirancang berdasarkan tanggapan pengguna.
3. Implementation (Penerapan), yaitu:

- a. Sebagai sistem yang baru dibangun, sistem baru atau parsial diuji dan diperkenalkan kepada organisasi.
- b. Ketika membuat sistem baru, tidak perlu untuk menjalankan sistem yang lama secara parallel.



Gambar 2. Tahapan *Rapid Application Development (RAD)*[7]

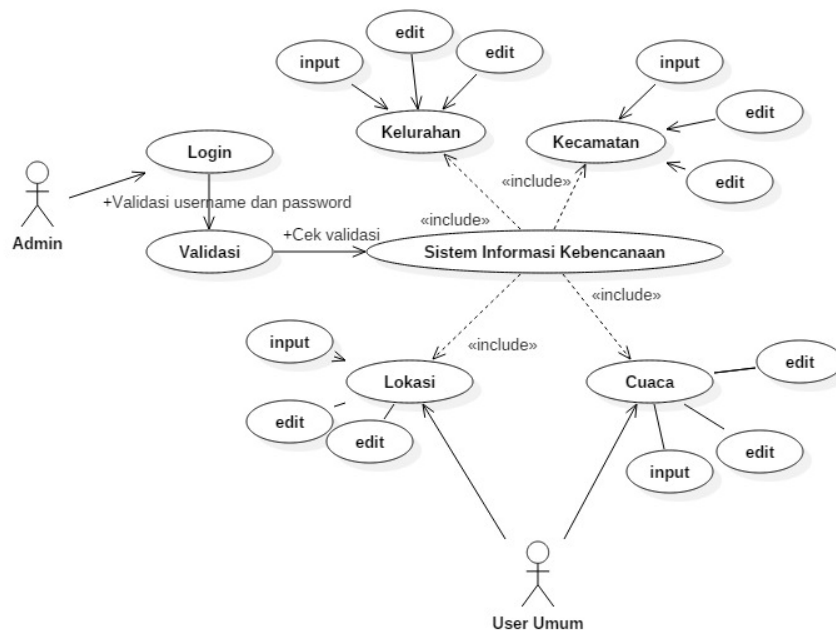
Selanjutnya dalam mengimplementasikan proses yang terjadi dibuatlah *flowchart* terhadap data *rain couge*. *Flowchart* sistem ini menggambarkan hubungan antara sistem aplikasi dan sensor curah hujan, dimana sistem akan mengambil informasi data pada curah hujan dengan beberapa klasifikasi hujan sesuai dengan data dari BMKG yakni ringan, sangat ringan, sedang, lebat dan sangat lebat, yang selanjutnya akan menghitung klasifikasi hujan dengan intensitas hujan, yang selanjutnya sistem akan memproses berdasarkan masukan, sehingga akan memberikan notifikasi peringatan bahaya longsor[8]. Berikut gambaran *flowchart* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Flowchart Pengambilan data rain couge*

Untuk menggambarkan hubungan antara bagian adminstrator dengan sistem dibuatlah *use case diagram* dengan menggunakan *Unified Modelling Language (UML)*[9].

Use case diagram ini menggambarkan hubungan antara user dengan sistem, yakni antara admin dengan sistem mitigasi bencana, dimana *admin* untuk bisa melakukan kontrol terhadap sistem diharuskan melakukan *login* kemudian sistem akan melakukan validasi. Selanjutnya pengguna umum yakni berhubungan dengan sistem hanya dilakukan dari front end, atau halaman depan dari sistem, dimana user umum hanya bisa melihat tanpa bisa melakukan konfigurasi terhadap sistem.



Gambar 4. *Use Case Diagram admin dengan system*

3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil analisis dan rancangan yang dibuat didapatkan hasil dari penelitian ini berupa sistem peringatan dini bencana longsor berbasis *web*, yang dibangun menggunakan bahasa pemrograman web sesuai dengan metode pengembangan sistem *Rapid Application*

Development (RAD)[10]. Pemasangan alat pengukur hujan diletakan di luar area yang terhubung secara *peer to peer* melalui jaringan *wireless* yang dimonitoring melalui LCD, yang selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap curah hujan yang turun dan juga temperatur di luar ruangan.



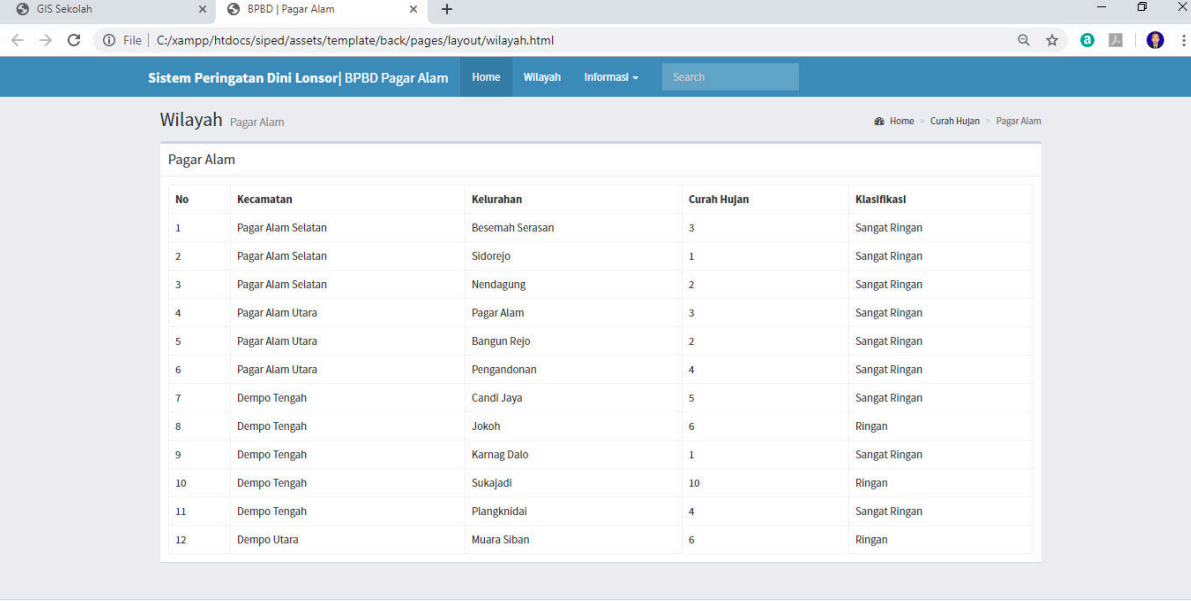
Gambar 5. Pengukur Curah Hujan

Selanjutnya data yang masuk dimasukan kedalam basisdata sistem peringatan dini untuk dilakukan perhitungan terhadap curah hujan yang turun dan insentisitas hujan serta waktu pengukuran. Dengan spesifikasi curah hujan dalam milimeter yang mengacu pada data BMKG[11].

Tabel 1. Hasil Pengukuran Curah hujan perhari
(sumber :bmkg 2018)

No	Klasifikasi	Rentang Nilai
1	Sangat Ringan	< 5 mm / hari
2	Ringan	5 – 20 mm / hari
3	Sedang	21 – 50 mm / hari
4	Lebat	51 – 100 mm / hari
5	Sangat Lebat	>100 mm / hari

Berdasar pada data tabel 1, melakukan pendataan terhadap wilayah di beberapa kecamatan untuk dilakukan pengukuran data curah hujan, sehingga bisa ditentukan klasifikasi apakah intensitas curah hujan yang tinggi masuk dalam kategori Sangat Ringan, Ringan, sedang, lebat dan sangat lebat. Jika masuk dalam klasifikasi lebat maka sistem akan memberikan notifikasi melalui *web*, yaitu berupa peringatan dini akan bahaya terjadinya longsor di wilayah yang terindikasi memiliki tingkat kemiringan curam seperti di wilayah kecamatan Pagar Alam Selatan yang sebagian wilayahnya berada di gunung Dempo, Dempo Utara yang hampir wilayah pemukiman berada di area pegunungan dan perbukitan, Dempo Tengah dan Dempo Selatan.



Sistem Peringatan Dini Longsor | BPBD Pagar Alam Home Wilayah Informasi Search

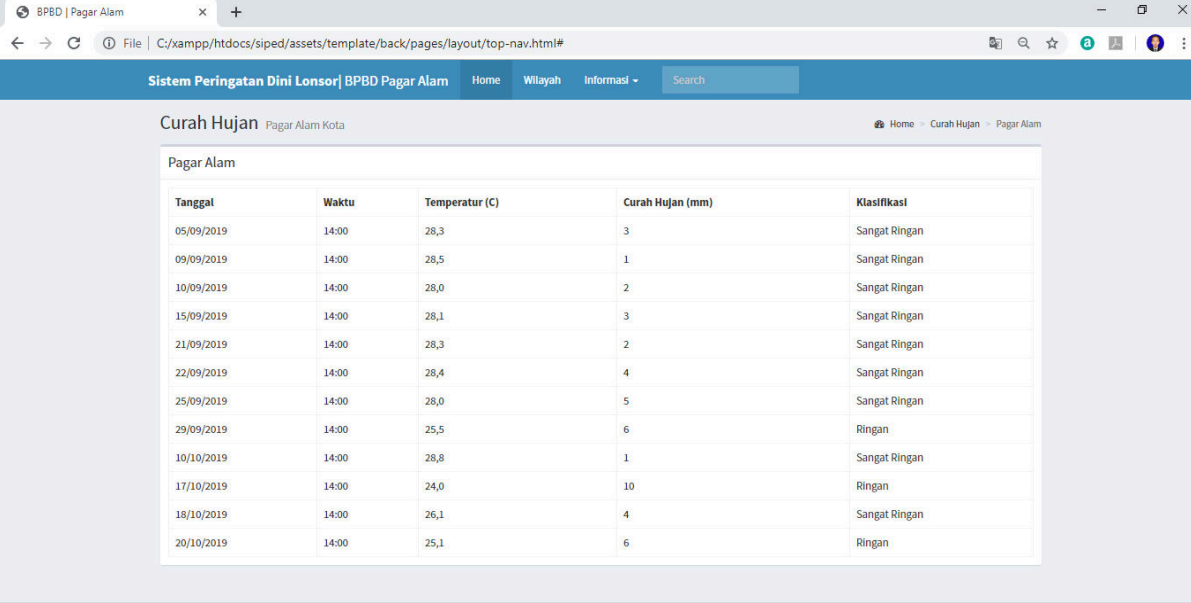
Wilayah Pagar Alam

Pagar Alam

No	Kecamatan	Kelurahan	Curah Hujan	Klasifikasi
1	Pagar Alam Selatan	Besemah Serasan	3	Sangat Ringan
2	Pagar Alam Selatan	Sidorejo	1	Sangat Ringan
3	Pagar Alam Selatan	Nendagung	2	Sangat Ringan
4	Pagar Alam Utara	Pagar Alam	3	Sangat Ringan
5	Pagar Alam Utara	Bangun Rejo	2	Sangat Ringan
6	Pagar Alam Utara	Pengandonan	4	Sangat Ringan
7	Dempo Tengah	Candi Jaya	5	Sangat Ringan
8	Dempo Tengah	Jokoh	6	Ringan
9	Dempo Tengah	Karnag Dalo	1	Sangat Ringan
10	Dempo Tengah	Sukajadi	10	Ringan
11	Dempo Tengah	Plangkridai	4	Sangat Ringan
12	Dempo Utara	Muara Siban	6	Ringan

Copyright©2019 BPBD Pagar Alam. All rights reserved. Version 2.4.18

Gambar 6. Daftar Wilayah



Sistem Peringatan Dini Longsor | BPBD Pagar Alam Home Wilayah Informasi Search

Curah Hujan Pagar Alam Kota

Pagar Alam

Tanggal	Waktu	Temperatur (C)	Curah Hujan (mm)	Klasifikasi
05/09/2019	14:00	28,3	3	Sangat Ringan
09/09/2019	14:00	28,5	1	Sangat Ringan
10/09/2019	14:00	28,0	2	Sangat Ringan
15/09/2019	14:00	28,1	3	Sangat Ringan
21/09/2019	14:00	28,3	2	Sangat Ringan
22/09/2019	14:00	28,4	4	Sangat Ringan
25/09/2019	14:00	28,0	5	Sangat Ringan
29/09/2019	14:00	25,5	6	Ringan
10/10/2019	14:00	28,8	1	Sangat Ringan
17/10/2019	14:00	24,0	10	Ringan
18/10/2019	14:00	26,1	4	Sangat Ringan
20/10/2019	14:00	25,1	6	Ringan

Copyright©2019 BPBD Pagar Alam. All rights reserved. Version 2.4.18

Gambar 7. Curah Hujan

Hasil pengukuran yang dilakukan selama musim kemarau masih terbilang normal, yakni dengan klasifikasi hujan sangat ringan, dan terjadi beberapa klasifikasi ringan. Namun secara keseluruhan hasil pengukuran masih dikategorikan aman dari bencana longsor untuk wilayah yang berada di area perbukitan dan pegunungan. Hasil dari pengukuran bisa dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Hasil Pengukuran Curah hujan perhari

Tahun	Waktu	Temperatur (celcius)	Curah Hujan (mili meter)	Klasifikasi
2019	0:14	25,3	3	Sangat Ringan
2019	0:10	27,9	3	Sangat Ringan
2019	0:15	24,5	10	Ringan
2019	0:13	25,0	6	Ringan
2019	0:12	26,3	4	Sangat Ringan
2019	0:05	29,0	2	Sangat Ringan

4. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran yang dilakukan terhadap curah hujan di beberapa wilayah Kota Pagar Alam didapatkan hasil klasifikasi tingkat curah hujan sangat ringan dengan tingkat temperatur rata-rata 26,3° C.
2. Sistem yang dibangun berjalan sesuai dengan yang diharapkan, yakni memberikan notifikasi jika terjadi hujan lebat, yakni dengan memperingatkan di wilayah yang teridikasi terjadi longsor.
3. Sistem yang dibangu menggunakan metode RAD, dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP, dengan basis data MySQLi
4. Alat yang digunakan berjalan dengan baik, dan selanjutnya perlu dilakukan perluasan di setiap wilayah, agar website sistem peringatan dini bencana longsor bisa digunakan secara maksimal

Ucapan Terimakasih

Tentunya dalam penelitian ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak terutama kepada Sekolah Tinggi Teknologi Pagar Alam (STTP), yang memberikan dukungan mulai dari proses proposal hingga penelitian ini selesai, selanjutnya peneliti menghaturkan terima kasih kepada BPBD Kota Pagar Alam yang telah mengizinkan dilakukannya penelitian terkait kegiatan penanggulangan bencana daerah. Dan yang peneliti juga mengucapkan kepada kemenristek dikti yang telah membiayai penelitian ini, sehingga penelitian yang dilakukan bisa berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

Daftar Pustaka

- [1] Tanah Longsor. (2019). Retrieved from wikipedia.org website: https://id.wikipedia.org/wiki/Tanah_longsor
- [2] Kominfo. (2015). *Geografi Pagar Alam*. Pagar Alam: Dinas Kominfo Pagar Alam.
- [3] Rafi, A. M., Ariyanto, B. T. R. I., & Sutanto, A. T. R. I. (2018). *Rancang Bangun Prototype Jaringan Automatic Rain Gauge (Arg) Berbasis Website*. 72–80.
- [4] Kominfo. (2018). Pengguna Internet. Retrieved from www.kominfo.go.id
- [5] Kurniawan, R. (2010). *PHP dan MySQL untuk Orang Awam Edisi Ke-2* (2nd ed.). Palembang: Maxikom.
- [6] Andre, P. (2017). *MySQL Uncover Panduan Belajar MySQL dan MariaDB untuk Pemula*. Padang Panjang: Dunia Ilkom.
- [7] Kendall, K. E., & Kendall, J. E. (2010). *Systems Analysis And Design Edition 8* (S. Yagan & E. Svendsen, Eds.).
- [8] Barakbah, A. R., Karlita, T., & Ahsan, A. S. (2013). *Logika dan Algoritma*. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.

- [9] Rosa, A., & Shalahuddin, M. (2018). *Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek Edisi Revisi*. Bandung: Informatika.
- [10] Upton, D. (2007). *CodeIgniter for Rapid PHP Application Development*. Birmingham-Mumbai: Packt Publishing.
- [11] Wahyuni, I., Adipraja, P. F. E., & Dewi, S. A. K. (2019). Implementasi Alat Prediksi Curah Hujan Menggunakan Metode Embedded System di Kelurahan Wonokoyo Kecamatan Kedungkandang Kota Malang. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 13(1), 35–46.

FACTORS INFLUENCING PURCHASE INTENTION USING PEER-TO-PEER SOCIAL MEDIA PLATFORM ONLINE SHOPPING

Detha Eliza¹, Wing Wahyu Winarno², Hendrik¹

¹Universitas Islam Indonesia, ¹Jl. Kaliurang Km.14,5, Besi, Umbulmartani

²Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi YKPN, Jl. Seturan Raya, Kledokan, Caturtunggal

Email : ¹16917205@students.uui.ac.id

Abstract

Online trading transactions are now widely used by business people, one of which is e-commerce Peer-to-Peer through online stores. With online stores, consumers don't have to bother going to conventional stores to get goods. But shopping using online stores has risks including fraud-prone, products that have been ordered and paid for are not shipped and the quality of the product is not the same. Although there are many problems that cause losses experienced by consumers, but in reality it does not discourage consumers to keep shopping online. The aim of the researcher is to analyze the factors that influence purchase intentions using the Peer-to-Peer social media platform in online shopping. This research uses quantitative methods and data analysis using Structural-Equation-Modeling with Partial-Least-Square software. With a sample of 100 people, it was concluded that economic benefits and sustainable purchases are determinants of consumer satisfaction and purchase intentions. This study concludes that customer intentions and satisfaction in the context of online accommodation and transportation can be generalized in the context of Peer-to-Peer online shopping despite differences in findings.

Keywords: *Buy Intention; Peer-to-Peer; Social Media, Online Shopping*

1. Pendahuluan

Semakin tingginya persaingan dalam sektor bisnis di era modern seperti saat ini, mengharuskan produsen dalam sebuah sektor industry untuk dapat bersaing memberikan peranan positif bagi keberadaan bisnis mereka di masa depan. Industry pada sektor perdaganganpun mengalami peningkatan seiring dengan kemajuan teknologi internet yang berperan meningkatkan proses jual beli dalam sektor perdagangan. Berdasarkan hasil survei yang dilakukan Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) dan Polling Indonesia, pengguna internet di Indonesia pada tahun 2016 jumlahnya mencapai 132,7 juta, pada tahun 2017 jumlahnya 143,26 juta dan pada tahun 2018 jumlahnya 171,18 juta jiwa. Bank Indonesia yang dikutip dari berita situs daring Kompas.com, menyatakan bahwa jumlah pembelian secara daring setiap tahun terus meningkat di Indonesia. Di tahun 2016 jumlah pembelian secara daring diperkirakan mencapai 9,6% , pada tahun 2017 sebanyak 10,7 % dan pada tahun 2018 mencapai 11,9 % dari total populasi di Indonesia.

Bertambahnya pelaku bisnis yang melakukan promosi, penjualan (*selling*), pembelian (*buying*), dan pemasaran (*marketing*) melalui dunia digital seperti jasa internet sering dikenal dengan istilah perdagangan elektronik (*e-commerce*) [1]. Menurut [2] *e-commerce* terbagi menjadi 5 macam model bisnis yaitu: Bisnis ke Pelanggan atau *Business-to-Consumer* (B2C), bisnis ke bisnis atau *Business to Business* (B2B), konsumen ke konsumen atau *Consumer-to-Consumer* (C2C), *Peer-to-Peer* (P2P), Perdagangan melalui selular atau *Mobile Commerce* (M-commerce).

Pada awalnya proses pemasaran suatu produk dilakukan melalui pemasaran tradisional atau konvensional (*offline*). Namun sekarang dengan menggunakan media daring konsumen dipermudah dalam melakukan transaksi jual beli barang melalui situs belanja

daring sehingga konsumen tidak perlu datang langsung ke toko untuk melakukan transaksi jual beli, konsumen cuma perlu membuka aplikasi melalui handphone dan menetapkan barang atau jasa yang mereka inginkan. *Platform* yang terus berkembang memungkinkan koordinasi sumber daya dan pertukaran diantara masing-masing individu atau biasa disebut *Peer-to-Peer* [3]. *Peer-to-Peer* adalah salah satu bentuk *e-commerce* yang banyak digunakan oleh masyarakat di Indonesia. *Platform* bisnis *Peer-to-Peer* (P2P) merupakan model bisnis daring di mana tempat pembeli dan penjual bertukar produk dan layanan tanpa mengeluarkan biaya dalam penggunaan aplikasi. Model bisnis yang menerapkan bentuk *Peer-to-Peer* adalah *platform* media sosial.

Berbelanja secara daring melalui *platform* media sosial toko daring (*online shop*), saat ini mulai menjadi salah satu aktivitas populer di internet dan jumlahnya terus meningkat [4]. Menurut [5] “keunggulan toko daring dibandingkan toko konvensional (*offline*) yaitu toko daring dibuka 24 jam, dapat diakses di mana saja, konsumen dapat menghabiskan waktu bermain media sosial sembari mencari dan melihat katalog produk dengan mudah tanpa harus membuka aplikasi *ecommerce* lagi”. Menurut [6] kelebihan belanja daring adalah: 1) menghemat biaya, 2) Barang bisa langsung diantar ke rumah. 3) Pembayaran dilakukan secara transfer, dan 4) Harga lebih bersaing. Namun selain kelebihan berbelanja secara daring melalui *platform* media sosial juga memiliki kekurangan yaitu rawan penipuan, produk yang telah dipesan dan dibayar tidak dikirim, dan kualitas produk tidak sama dengan deskripsi produk yang ditampilkan pada halaman penjualan. Walaupun banyak permasalahan yang menimbulkan kerugian yang dialami konsumen muncul namun pada kenyataannya hal tersebut tidak mengurangi niat para konsumen untuk tetap melakukan belanja melalui transaksi daring.

Penelitian yang dilakukan We Are Social menyatakan bahwa *platform* media sosial *Peer-to-Peer* yang paling aktif dan banyak dikunjungi di Indonesia adalah Youtube sebesar 49%, Facebook sebesar 48% dan Instagram sebesar 39%. Hal ini dimanfaatkan produsen sebagai media penjualan yang dalam proses jual belinya dapat menarik perhatian para konsumen. Salah satu alasan konsumen tidak berbelanja daring karena kurangnya rasa percaya konsumen terhadap penjual [7]. Dalam bisnis daring kepercayaan sangat penting dalam menjaga hubungan jangka panjang antara produsen dan konsumen karena belanja daring sangat beresiko, sehingga kepercayaan memainkan peran yang penting dalam mempengaruhi transaksi daring [8] [9].

Para produsen terkadang menjual produk yang sama seperti produk asli namun saat produk diterima oleh konsumen produk tidak sama dengan yang ditampilkan di toko daring produsen. Hal ini terjadi karena adanya efisiensi jarak yang dihadirkan internet yang menimbulkan keterbatasan konsumen dalam memeriksa kualitas produk, konsumen hanya bisa melihat melalui gambar yang diposting oleh produsen di toko daring dan tidak secara langsung menyentuh maupun merasakan produk. Saat toko daring dapat dipercaya maka hal ini dapat memunculkan minat beli konsumen.

Minat beli konsumen mencerminkan keinginan hati konsumen untuk membeli sesuatu produk, ketika konsumen merasakan kepuasan akan kualitas produk dan jasa maka niat belanja konsumen pun akan semakin besar. Kepuasan sendiri merupakan perasaan senang maupun kecewa konsumen yang timbul karena membandingkan kemampuan yang dipersepsikan dengan kinerja sesungguhnya dari suatu produk [10]. Kepuasan konsumen dalam berbelanja daring secara positif dan signifikan akan naik apabila penjual daring mempunyai sifat jujur serta memberikan informasi yang lengkap pada setiap produk yang dijual, sehingga kepercayaan konsumen yang lebih tinggi [11].

Banyaknya macam dan merek suatu produk yang ditawarkan oleh toko daring (*online shop*) akan memberikan pengalaman menyenangkan dan membangkitkan keinginan belanja konsumen saat mencari produk yang diinginkan [12]. Kenikmatan (*enjoyment*) dalam

pembelian mempengaruhi psikologis konsumen yang mendukung konsumen untuk berbelanja di toko daring (*online shop*). Kenikmatan belanja adalah perasaan senang yang dirasakan konsumen dari aktifitas yang dilakukan saat berbelanja daring [13]. Menurut [14] pembelian dan pengalaman di masa lalu konsumen akan menentukan keinginan konsumen dalam melakukan kelanjutan dalam pembelian kembali pada toko daring. Menurut [15] kelanjutan merupakan suatu proses yang mencakup empat komponen yang saling terhubung yaitu ekologi, ekonomi, politik dan budaya. Berbelanja daring melalui *Peer-to-Peer platform* media sosial daring menghasilkan pengalaman yang menjadi faktor motivasi konsumen [16].

Manfaat ekonomi dalam konsumsi diperoleh melalui penghematan terhadap pengeluaran karena biaya yang lebih rendah bahkan tanpa biaya sama sekali serta kemudahan akses yang disediakan oleh konsumsi kolaboratif yang membuat penggunaanya dapat menghemat waktu dan melakukan efisiensi [17]. Selain manfaat ekonomi konsumen juga dapat merasakan manfaat lainnya yaitu manfaat sosial. Beberapa manfaat sosial yang diperoleh dari aktivitas *sharing* antara lain ketika budaya partisipasi dapat menciptakan suatu kegembiraan, apresiasi atau penghargaan, kepuasan serta kepercayaan diri [18] [19].

Studi literatur yang membahas faktor penentu niat menggunakan layanan *Peer-to-Peer* telah diteliti misalnya [17] yang menemukan faktor kelanjutan niat, kenikmatan, dan manfaat ekonomi untuk mempengaruhi niat konsumen untuk ikut serta dalam *platform Peer-to-Peer*. Efek dari penghematan biaya, milik masyarakat, keakraban, kepercayaan, dan utilitas, pada kepuasan dan niat beli konsumen di masa akan datang menggunakan layanan *Peer-to-Peer* [20]. Penelitian [21] mengoperasionalkan motivasi ini (penghargaan intrinsik dan ekstrinsik) menjadi manfaat sosial, kenikmatan, manfaat ekonomi, manfaat lokasi, kelanjutan, dan fasilitas dalam layanan *Peer-to-Peer Accommodation*. Pada penelitian [22], mereplikasi dari penelitian [21], dengan variabel yaitu kenikmatan, manfaat sosial, manfaat ekonomi, kelanjutan, kepuasan, dan niat beli namun pada konteks transportasi daring *Peer-to-Peer* peneliti menghapus manfaat dan fasilitas lokasi. Banyak penelitian yang membahas mengenai bisnis *mobile-commerce (m-commerce)* menggunakan media sosial Instagram, Facebook, Twitter, Youtube, Line maupun media sosial lainnya. Sehingga membuat penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi niat beli konsumen pada *Peer-to-Peer platform* media sosial, dengan mengadaptasi dan mengembangkan model-model penelitian terdahulu.

2. Metode

2.1 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini digunakan dua jenis variabel, yaitu variabel laten eksogen dan dependen. Variabel laten eksogen yaitu variabel independen yang mempengaruhi dependen ditunjukkan dengan anak panah yang menuju variabel laten endogen. Variabel eksogen dalam penelitian ini yaitu Kepercayaan (KP1), Manfaat Sosial (MS1), Manfaat Ekonomi (ME1), Kenikmatan (KN1), Kelanjutan pembelian (KL1). Sebaliknya variabel endogen yaitu variabel dependen yang dipengaruhi variabel independen yang ditunjukkan oleh anak panah yang menuju variabel tersebut. Pada penelitian ini variabel endogen yaitu kepuasan (KPS1) dan Niat Beli (NB1).

2.2 Penentuan Sampel

Pada penelitian ini menggunakan teknik *sampling purposive*, yaitu teknik pengambilan sampel sumber data dengan pertimbangan tertentu [23]. Teknik dipilih oleh peneliti karena dalam penelitian yang dilakukan peneliti memiliki karakteristik dalam memilih responden, sampel yang digunakan harus memenuhi kriteria sebagai berikut: (1) Mahasiswa yang mempunyai akun Facebook dan Instagram, (2) Mahasiswa yang pernah berbelanja melalui Facebook dan Instagram sampai dengan barang datang.

Untuk menentukan banyak sampel yang diperlukan, maka penelitian ini menggunakan rumus yang dikembangkan oleh [24].

$$\begin{aligned}\text{Ukuran Sampel Minimum} &= \text{jumlah indikator} \times 5 \\ \text{Ukuran Sampel Minimum} &= 20 \times 5 \\ &= 100\end{aligned}$$

Dari rumusan di atas disimpulkan bahwa minimum sampel yang akan digunakan adalah 100 orang responden dari mahasiswa Universitas Islam Indonesia yang pernah berbelanja daring melalui media sosial Facebook dan Instagram.

2.3 Metode Analisis Data

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode kuantitatif. Pengumpulan data dalam penelitian yang dilakukan dengan cara kuesioner yang didistribusikan secara daring (*google form*) dan studi pustaka yang dilakukan dengan menentukan informasi, asal sumber informasi. Pengolahan statistik untuk menguji kebenaran hipotesis penelitian dengan bantuan *Structural Equation Modeling* dengan menggunakan software SmartPLS3.0. Penelitian ini menggunakan skala Likert tipe lima sebagai syarat model luar dari PLS. Alat analisis yang digunakan untuk menguji hipotesis terdiri dari uji *outer* model, dan *inner* model.

Analisis uji yang dilakukan pada *outer* model akan didid dari pengaruh yaitu uji validitas dan uji reliabilitas. Menurut [25] menyatakan “uji validitas digunakan untuk mengukur sah, atau valid tidaknya suatu kuesioner.” Ada dua macam evaluasi yang dilakukan pada uji validitas yaitu: *Convergent Validity*, *Discriminant Validity*. Menurut [26] “uji reliabilitas yang diukur dengan dua kriteria yaitu dengan *composite reliability* dan *cronbach's alpha* dari blok yang mengukur konstruk”. Analisis uji yang selanjutnya adalah uji *inner* model dengan evaluasi yang dilakukan untuk pengujian determinasi atau analisis Varians (r^2) dan nilai *t*-statistik dari pengujian koefisien jalur (*path coefficient*) yang merupakan uji *good-fit* model. Koefisien determinasi (R^2) “merupakan pengukuran seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel dependen” [27]. Menurut [27] “Uji-*t* digunakan untuk menunjukkan seberapa jauh pengaruh satu variabel independen secara individual dalam menerangkan variabel dependen”.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Responden

Karakteristik dari responden yang dikumpulkan untuk mengetahui profil dari responden penelitian. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan peneliti terhadap mahasiswa Universitas Islam Indonesia, dapat diketahui gambaran mengenai karakteristik responden berdasarkan tiga aspek yaitu jenis kelamin, media sosial yang digunakan dan fakultas dari responden.

Tabel 1. Karakteristik Responden

No	Aspek	Klasifikasi	Jumlah	Presentase (%)
1.	Jenis Kelamin	Laki-laki		33%
		Perempuan		67%
Jumlah			100 Orang	100%
2	Media Sosial yang digunakan dalam belanja online	Facebook	13	13%
		Instagram	71	71%
		Keduanya	16	16%
Jumlah			100	100%
3	Fakultas	FTI	48	48%
		FTSP	4	4%
		FMIPA	22	22%
		Pendidikan Dokter	2	2%

		FIAI	15	15%
		FPSB	9	9%
Jumlah			100 Orang	100%

Tabel 1 menunjukkan bahwa jumlah responden sebanyak 67 orang jenis kelamin perempuan sedangkan 33 orang jenis kelamin laki-laki. Pada penelitian ini lebih didominasi oleh perempuan hal ini terjadi karena gaya hidup perempuan yang harus mengikuti perkembangan zaman agar lebih up to date.

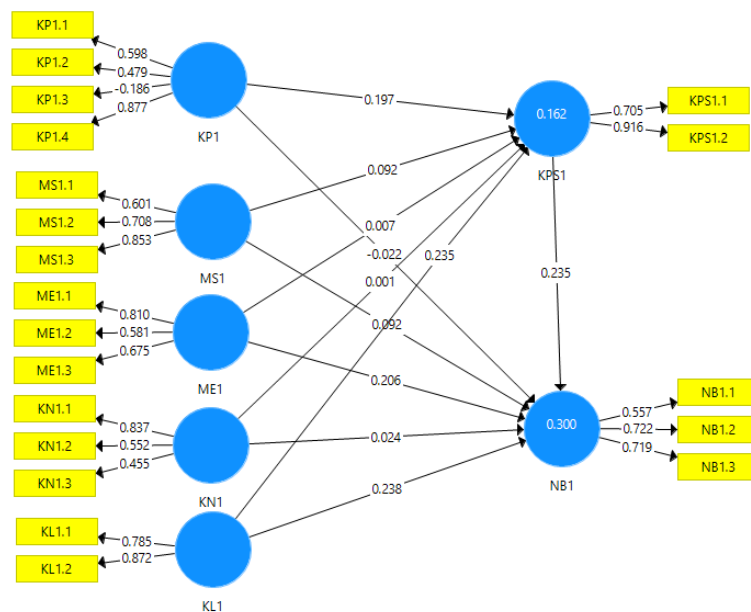
Pada faktor media sosial yang digunakan dalam berbelanja daring menunjukkan bahwa 71 orang responden memilih Instagram, Facebook sebanyak 13 orang responden dan 16 orang responden menjawab pernah melakukan belanja daring menggunakan keduanya (Facebook dan Instagram). Pada penelitian ini menunjukkan Instagram menjadi media sosial yang banyak digemari mahasiswa dalam berbelanja secara daring di Instagram.

Berdasarkan fakultas dari responden terdapat 6 klasifikasi yaitu FTI sebesar 48 orang, FMIPA sebesar 22 orang responden, FIAI sebesar 15 orang, FPSB sebesar 9 orang, FTSP sebanyak 4 orang responden dan yang terakhir Pendidikan Dokter sebanyak 2 orang. Dari penelitian yang dilakukan responden terbesar adalah Fakultas Teknik Industri (FTI).

3.2 Pengujian Outer Model

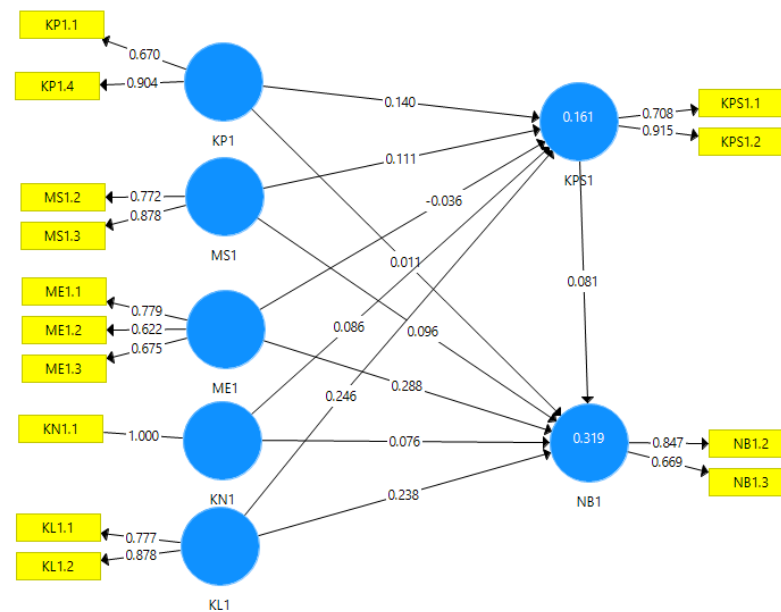
A. Convergent Validity

Convergent validity dari *measurement model* dengan indikator refleksi dapat dilihat dari korelasi antar *score* indikator dengan *score* konstruksya. Indikator dapat dikatakan valid apabila indikator $> 0,7$ namun pada penelitian ini peneliti menggunakan 0,6 agar indikator dikatakan valid. Untuk melihat hasil dari pengujian *outer model* dengan *convergent validity* dapat dilihat pada Gambar1.



Gambar 1. Gambar hasil uji outer model sebelum uji indikator

Dari gambar 1. dapat dilihat hasil nilai skor dari *outer* model pada *convergen validity* sebelum diuji. Hasilnya menunjukkan KP1.1, KP1.2, KP1.3, ME1.2, KN1.1, KN1.3 dan NB1.1 merupakan indikator tidak valid karena memiliki score $< 0,6$. Setelah indikator-indikator yang tidak signifikan dihapus maka hasilnya dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Gambar hasil uji outer model setelah uji indikator

Pada gambar 2 merupakan hasil kalkulasi model SEM PLS setelah indikator-indikator pada setiap variabel yang tidak memenuhi syarat nilai *loading factor* dihapuskan, pada gambar dapat dilihat nilai *loading factor* pada indikator KP1.1, KP1.4, KPS1.1, KPS1.2, MS1.2, MS1.3, ME1.1, ME1.2, ME1.3, KN1.1, KL1.1, KL1.2, NB1.2, dan NB1.3 hasil valid. Hal ini berarti bahwa indikator-indikator memiliki tingkat validitas yang tinggi dan memenuhi syarat convergent validity.

B. Discriminant Validity

Tabel 1. menunjukkan hasil validitas diskriminan dari model penelitian dengan melihat nilai *cross loading*-nya.

Tabel 2. Korelasi antar Konstrak (Akar AVE)

	KL1	KN1	KP1	KPS1	ME1	MS1	NB1	AVE	Kriteria (Korelasi antar Konstruk > AVE)	Status
Kelanjutan Pembelian	0,822							0,687	$0,822 > 0,687$	Valid
Kenikmatan	0,335	1						1	$1,00 > 1,00$	Valid
Kepercayaan	0,326	0,37	0,795					0,633	$0,795 > 0,633$	Valid
Kepuasan	0,34	0,244	0,269	0,818				0,669	$0,818 > 0,669$	Valid
M. Ekonomi	0,348	0,438	0,206	0,173	0,695			0,484	$0,695 > 0,484$	Valid
M. Sosial	0,282	0,357	0,212	0,223	0,507	0,827		0,684	$0,827 > 0,684$	Valid
Niat Beli	0,422	0,34	0,219	0,255	0,469	0,357	0,763	0,582	$0,763 > 0,582$	Valid

Dari hasil tabel 2. diperoleh hasil akar AVE pada semua konstruk yaitu kepercayaan 0,795 sebesar ($\sqrt{0,633}$), manfaat sosial 0,827 sebesar ($\sqrt{0,684}$), manfaat ekonomi 0,695 sebesar ($\sqrt{0,484}$), kelanjutan pembelian sebesar 0,822 ($\sqrt{0,687}$), kepuasan sebesar 0,818 sebesar ($\sqrt{0,669}$), niat beli sebesar 0,763 sebesar ($\sqrt{0,582}$) dan kenikmatan sebesar 1,00

($\sqrt{1,00}$). Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa konstruk kenikmatan memiliki nilai lebih besar daripada konstruk lainnya yaitu kelanjutan pembelian, kepercayaan, kepuasan, manfaat sosial, manfaat ekonomi, dan niat beli. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh konstruk memiliki *discriminant validity* yang baik dan memenuhi kriteria *discriminant validity*.

C. Composite Reliability

Konstruk dinyatakan reliabel jika memiliki *composite reliability* $> 0,6$. Hasil dari *composite reliability* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. *Composite Reliability*

	Composite Reliability
KP1	0,771
KPS1	0,799
MS1	0,812
ME1	0,736
KN1	1,000
KL	0,814
NB	0,733

Pada tabel 3. model menunjukkan nilai *composite reliability* untuk semua konstruk $> 0,6$, maka disimpulkan bahwa semua instrumen penelitian ini valid karena semua konstruk memiliki nilai di atas syarat minimum.

D. Cronbach's Alpha

Konstruk dinyatakan reliabel jika nilai *cronbach's alpha* $> 0,6$. Hasil dari *cronbach's Alpha* dapat dilihat pada table 4.

Tabel 4. Cronbach's Alpha

	Cronbach's Alpha
KP1	0,447
KPS1	0,531
MS1	0,545
ME1	0,464
KN1	1,00
KL	0,551
NB	0,291

Berdasarkan tabel 4. disimpulkan bahwa variabel kenikmatan dengan nilai 1,00 merupakan nilai *Cronbach's Alpha* tertinggi dan variabel niat beli dengan nilai 0,291 adalah yang terendah.

3.3 Pengujian Structural (Inner) Model

Model struktural mencakup pengujian determinasi atau reliabilitas indikator (r^2) dan nilai t-statistik dari pengujian koefisien jalur (*path coefficient*) yang merupakan uji good-fit model.

A. Uji Determinasi atau Analisis Varians (r^2)

Uji Varian (r^2) dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kontribusi variabel kepercayaan, manfaat sosial, manfaat ekonomi, kenikmatan, kelanjutan pembelian, kepuasan dan niat. Hasil dari pengujian varians (r^2) ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai r^2

	R Square	R Square Adjusted
Kepuasan	0,161	0,116
Niat Beli	0,319	0,275

Dari tabel 5. model pengaruh kepercayaan, manfaat sosial, manfaat ekonomi, kenikmatan, kelanjutan pembelian terhadap kepuasan memberikan nilai R-square sebesar 0,161 yang dapat diinterpretasikan bahwa masing-masing variabelitas terhadap konstruk kepuasan sebesar 16,1 % sedangkan 83,9 dijelaskan oleh variabel di luar penelitian. Model pengaruh kepercayaan, manfaat sosial, manfaat ekonomi, kenikmatan, kelanjutan pembelian, kepuasan terhadap niat beli memberikan nilai R-square sebesar 0,319 yang dapat diinterpretasikan bahwa masing-masing variabelitas terhadap konstruk niat beli sebesar 31,9 % sedangkan 68,1 dijelaskan oleh variabel di luar penelitian.

B. Pengujian Hipotesis

Menurut [28] ukuran signifikansi keterdukungan hipotesis dapat digunakan perbandingan nilai *T-table* dan *T-statistic*. Hasil uji hipotesis penelitian dapat dilihat dalam table 6.

Tabel 6. Tabel *Path Coefficient*

	Beta (β)	Sampel Mean (M)	Standard Deviation (STDEV)	T_Statistic	P Values
KP1 ----> KPS1	0,140	0,132	0,188	0,749	0,454
KP1 ----> NB1	0,011	0,036	0,150	0,074	0,941
MS1 ----> KPS1	0,111	0,104	0,111	1,002	0,317
MS1 ----> NB1	0,096	0,099	0,106	0,906	0,366
ME1 ----> KPS1	-0,036	-0,012	0,142	0,252	0,801
ME1 ----> NB1	0,288	0,293	0,102	2,834	0,005
KN1 ----> KPS1	0,086	0,088	0,167	0,513	0,608
KN1 ----> NB1	0,076	0,059	0,090	0,841	0,401
KL1 ----> KPS1	0,246	0,251	0,119	2,071	0,039
KL1 ----> NB1	0,238	0,237	0,109	2,181	0,030
KPS1 ----> NB1	0,081	0,099	0,106	0,768	0,443

Dari tabel 6 di atas menyimpulkan bahwa kepercayaan tidak signifikan terhadap kepuasan (T-statistik=0,749) dan niat beli (T-statistik= 0,074) dengan demikian H1a dan H1b tidak didukung. Manfaat sosial dalam kontek belanja daring P2P melalui media sosial tidak signifikan terhadap kepuasan (T-statistik= 1,002) dan niat beli (T-statistik=0,906) dengan demikian H2a dan H2b tidak didukung. Manfaat ekonomi tidak signifikan terhadap kepuasan (T-statistik= 0,252) namun memiliki pengaruh positif terhadap niat beli (T-statistik= 2,834) sehingga H3a tidak didukung dan H3b didukung. Kenikmatan tidak signifikan terhadap kepuasan (T-statistik=0,513) dan niat beli (T-statistik= 0,841) sehingga H4a dan H4b tidak didukung. Kelanjutan pembelian memiliki pengaruh terhadap kepuasan (T-statistik= 2,071) dan niat beli (T-statistik=2,181) sehingga H5a dan H5b didukung. H6 dalam penelitian ini tidak didukung karena kepuasan pelanggan tidak berpengaruh positif terhadap niat beli (T-statistik=0,768).

4. Kesimpulan

Studi ini menyimpulkan bahwa faktor-faktor penentu niat beli konsumen pada konteks akomodasi P2P yang dilakukan [21] dan transportasi daring P2P yang dilakukan [22] dapat diterapkan pada konteks industry lainnya seperti konteks belanja daring P2P melalui media

sosial Facebook dan Instagram meskipun terdapat perbedaan. Pada penelitian ini manfaat ekonomi tidak signifikan terhadap kepuasan namun memiliki pengaruh positif terhadap niat beli. Kelanjutan pembelian memiliki pengaruh terhadap kepuasan dan niat beli.

Saran untuk penelitian selanjutnya untuk meneliti di layanan *Peer-to-Peer* lainnya yang menggunakan bisnis lain dari berbagi ekonomi dan mengkonfirmasi kembali model penelitian ini pada konteks *e-commerce* lainnya, misalnya pada layanan keuangan dan crowdfunding. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan ukuran sampel yang lebih besar dan software yang berbeda sehingga penelitian ini tidak hanya diterapkan menggunakan model SEM-PLS sehingga dapat menghasilkan analisis data yang lebih dapat diandalkan, lebih besar dan variabel tersebut tergolong kuat.

Daftar Pustaka

- [1] Azar, S. et al. (2015). Familiarity with Online retailing Special Issue on Sydney Conference Held in April 2015. *The Journal of Developing Areas*, 49(6), 133–144.
- [2] Botsman, R., & Rogers, R. (2010). *What's mine is yours—the rise of collaborative consumption*. HarperCollins: NY.
- [3] Ghozali, I. (2005). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan SPSS*. Semarang: Badan Penerbit UNDIP.
- [4] Ghozali, I. (2009). “Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS “. Semarang: UNDIP.
- [5] Ghozali, I., & Latan, H. (2015). *Partial Least Squares Konsep, Teknik dan Aplikasi Menggunakan Program SmartPLS 3.0 Untuk Penelitian Empiris*. Edisi 2. UNDIP.
- [6] Glind, P. van de. (2013). The consumer potential of Collaborative Consumption. *Research MSc in Sustainable Development – Environmental Governance*, 1–65.
- [7] Hair, J. F., Tatham, R. L., Anderson, R. E., & Black, W. (1998). *Multivariate Data Analysis (5th Edition)* (Upper Sadd). Prentice Hall.
- [8] Hamari, J., Sjöklint, M., & Ukkonen, A. (2015). The Sharing Economy: Why People Participate in Collaborative Consumption. *Journal Of The Association For Information Science And Technology*, 59(1), 126–135. <https://doi.org/10.1002/asi>
- [9] Hill, W. W., & Beatty, S. E. (2011). A model of adolescents' online consumer self-efficacy (OCSE). *Journal of Business Research*, 64(10), 1025–1033. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2010.11.008>
- [10] Ingham, J. et al. (2015). E-Shopping acceptance: A qualitative and meta-analytic review. *Information and Management*, 52(1), 44–60. <https://doi.org/10.1016/j.im.2014.10.002>
- [11] Irani, N., & Hanzae, K. H. (2011). The Effects of Variety-seeking Buying Tendency and Price Sensitivity on Utilitarian and Hedonic Value in Apparel Shopping Satisfaction. *International Journal of Marketing Studies*, 3(3). <https://doi.org/10.5539/ijms.v3n3p89>
- [12] James, P. (2015). *Urban sustainability in theory and practice*. New York: British Library Library of Congress.
- [13] Jogiyanto, & Abdillah, W. (2009). *Konsep dan Aplikasi PLS (Partial Least Square) Untuk Penelitian Empiris*. Yogyakarta: Badan Penerbit Fakultas Ekonomi.
- [14] Juju, D. (2010). *Cara mudah buka toko online dengan Wordpress + WP E-Commerce*. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- [15] Kaplan, A. M., & Haenlein, M. (2010). Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. *Business Horizons*, 53(1), 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2009.09.003>

- [16] Kuntjara. (2007). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Minat Beli Ulang Konsumen (Studi Kasus di PT Wijaya Beton Wilayah IV; Jateng, DIY, Kalsel dan Kalteng. Tesis.
- [17] Laudon. (2003). Management information systems: managing the digital firm. *Revista de Administração Contemporânea* (Vol. 7). <https://doi.org/10.1590/S1415-65552003000100014>
- [18] Lee, M. K. O., & Turban, E. (2001). A trust model for consumer internet shopping. *International Journal of Electronic Commerce*, 6(1), 75–91. <https://doi.org/10.1080/10864415.2001.11044227>
- [19] Möhlmann, M. (2015). Collaborative consumption: determinants of satisfaction and the likelihood of using a sharing economy option again. *Journal of Consumer Behaviour*, 14, 193–207. <https://doi.org/10.1002/cb>
- [20] Palvia, P. (2009). The role of trust in e-commerce relational exchange: A unified model. *Information and Management*, 46(4), 213–220. <https://doi.org/10.1016/j.im.2009.02.003>
- [21] Pavlou. (2003). Consumer Acceptance of Electronic Commerce: Integrating Trust and Risk with the Technology Acceptance Model. *International Journal of Electronic Commerce*, 7(3), 101–134. <https://doi.org/10.1080/10864415.2003.11044275>
- [22] Santoso, A. S., & Nelloh, L. A. M. (2017). User Satisfaction and Intention to Use Peer-to-Peer Online Transportation: A Replication Study. *Procedia Computer Science*, 124, 379–387. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.12.168>
- [23] Sugiyono. (2016). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: PT Alfabet.
- [24] Sukma, A. A. (2012). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan pembelian social networking websites. *Jurnal Ekonomi Manajemen*, 2(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ntt.2007.12.005>
- [25] Sundararajan, A. (2016). The Sharing Economy: The End of Employment and the Rise of Crowd-Based Capitalism - Book Reviews - IMF FINANCE & DEVELOPMENT June 2016 • Volume 53 • Number 2, 256(June), 2016.
- [26] Tussyadiah, I. P. (2016). Factors of satisfaction and intention to use peer-to-peer accommodation. *International Journal of Hospitality Management*, 55, 70–80. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2016.03.005>
- [27] Wallace, E., Buil, I., Chernatony, L. de, & Hogan, M. (2014). Who “Likes” You ... and Why? A Typology of Facebook Fans. *Journal of Advertising Research*, 54(1), 92–109. <https://doi.org/10.2501/jar-54-1-092-109>
- [28] Wicaksono, Y. (2008). Membangun Bisnis Online dg Mambo++ CD. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.

DEVELOPMENT TEXTBOOKS E-COMMERCE FOR GROWING ENTREPRENEURSHIP SKILLS

Rito Cipta Sigitta H.¹⁾, Rizki Noor Prasetyono²⁾

Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pradaban

Jl. Raya Pagojengan Km.3 Paguyangan Kab. Brebes 52276 Telp. 0289-432032

Email : ¹rintocipta13@gmail.com

Abstract

In the digital and disrupt era 4.0 requires innovation in meeting human needs, especially in commerce. The purpose of this study is to increase student interest in entrepreneurship through e-commerce textbooks. This research is a research and development research with ADDIE model. Product validity data collection using questionnaires and tests to find out the increase in entrepreneurship. The results of data analysis and discussion can be concluded that from the development of e-commerce teaching materials validation of material experts, media experts and peers shows that products in the excellent category are appropriate to use. Small group product trials obtained an ideal percentage of 85.2% and were categorized very well. The results of the analysis of increasing entrepreneurial skills from the use of e-commerce teaching materials obtained an N-Gain value of 0.45, indicating that e-commerce development to improve entrepreneurship capacity is effective and appropriate for use in the learning process.

Keywords: textbooks, e-commerce, entrepreneurial skills.

1. Pendahuluan

Di era digital dan disruptif 4.0 membutuhkan inovasi dalam memenuhi kebutuhan manusia, khususnya dalam perdagangan. Tahun 2000an internet belum berkembang seperti sekarang ini, penjualan produk atau proses perdagangan masih menggunakan cara konvensional. Proses penjualan dilakukan secara langsung dengan penjual, pembeli dan proses jual beli terjadi. Proses perkembangan terjadi sekarang banyak model perbelanjaan berbasis online. Munculnya teknologi dan informasi yang berkembang pesat memotong proses jual beli menjadi lebih ringkas. Jual beli ini dilakukan tidak langsung bertemu antara penjual dan pembeli, akan tetapi dengan pihak ketiga berupa *platform* yang menyediakan jasa untuk menyambungkan antara penjual dan pembeli. Pihak ketiga yang sekarang banyak digunakan dimasyarakat Indonesia ini seperti Tokopedia, Bukalapak, Beli-Beli, dan lain sebagainya.

Indonesia menerima dampak perkembangan teknologi informasi dan komputer ini salah satunya aplikasi penjualan online yang merambah dunia perdagangan. Bahkan menurut Febriantoro [1] Indonesia yang mengikuti *Asean Economic Community* (AEC) tahun 2016 para pegiat dunia usaha memiliki pemikiran inovatif untuk pengembangan dunia bisnisnya, salah satunya dengan menggunakan ICT (*Information, Communication, Technology*). Mata & Hernández [2] juga menyatakan dalam penelitiannya bahwa konsep *e-commerce* mampu menambah dan mengembangkan produk dan pemasarnya secara masif. Bahkan teknologi sangat penting dalam penyampaian informasi dengan memaksimalkan manajemen dan teknisi akan menciptakan sistem informasi yang handal [3]. Dampak ini juga merambah ke dalam berbagai bidang seperti dunia pendidikan dan kehidupan sosial.

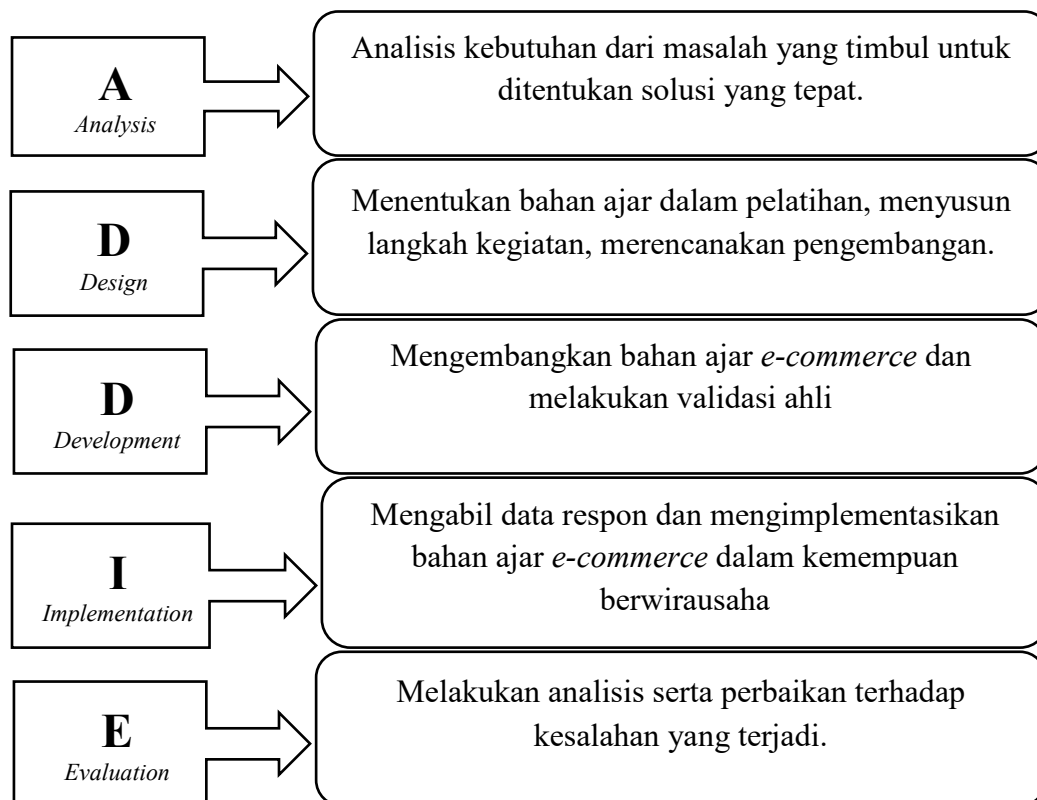
Pendidikan paling cepat terkena dampak akibat perkembangan teknologi dan informasi, dalam hal ini Sekolah menengah Kejuruan (SMK). Sekarang SMK memiliki jurusan yang mengenai teknologi dan informasi. Bahkan konsentrasi dalam penjurusan di SMK lebih spesifik ke pengembangan perangkat lunak yaitu rekayasa perangkat lunak. Arifianto & Coiri [4] menyebutkan bahwa penerepan yang banyak teknologi informasi dalam hal ini *e-commerce* mampu meningkatkan pemahaman siswa dalam pembelajaran manajemen usaha kecil dan menengah. Seprina, dkk [5] dalam penelitiannya mengenai motivasi siswa SMK berwirausaha, menunjukan hal yang positif melalui penggunaan *e-commerce*. Laudon & Traver [6] dalam *e-commerce* untuk siswa sangat bagus untuk pembelajaran dunia bisnis khususnya untuk siswa yang akan lulus dan sudah lulus sekolah. Dari beberapa penelitian tersebut, *e-commerce* sangat dibutuhkan dalam perkembangan siswa SMK untuk menambah minat dalam berwirausaha.

Dari paparan permasalahan diatas maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu bagaimana mengembangkan bahan ajar *e-commerce* untuk menumbuhkan minat siswa dalam berwirausaha. Jadi tujuan penelitian ini yaitu untuk meningkatkan minat siswa dalam berwirausaha melalui bahan ajar *e-commerce*.

2. Metodologi Penelitian

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian *research and development* dengan model ADDIE yang dikembangkan oleh Dick and Carry sesuai dengan gambar 3.2 berikut :



Gambar 1. Pengembangan Model ADDIE

Tahapan pengembangan bahan ajar *e-commerce* berbasis *web* dijelaskan sebagai berikut :

1) *Analysis* (analisis)

Tahapan ini dilakukan analisis dari beberapa aspek dalam kebutuhannya untuk pengembangan bahan ajar ini. Aspek yang diamati dari tahapan ini adalah dari segi

kurikulum sekolah, wawancara dari guru pengajar, kemudian dari aspek siswa dan buku yang mereka gunakan selama pembelajaran.

2) *Design* (Desain)

Hasil analisis kebutuhan menunjukan bahwa perlunya pengembangan bahan ajar. Pada tahap ini dilakukan perencanaan dalam mengembangkan bahan ajar *e-commerce* berbasis *web*. Membuat instrumen validasi dan angket respon untuk bahan ajar *e-commerce* berbasis *web*. Kemudian menentukan validator yang akan menilai bahan ajar *e-commerce* berbasis *web*.

3) *Development* (Pengembangan)

Setelah dilakukan perencanaan desain kemudian dilakukan tahap pengembangan bahan ajar *e-commerce* berbasis *web*. Dengan menambahkan aspek keterampilan berwirausaha melalui konten yang berisi *e-commerce*. Kemudian melakukan validasi produk oleh guru mata pelajaran, ahli media, dan ahli materi. Dari hasil validasi oleh validator kemudian akan dianalisis apakah bahan ajar *e-commerce* berbasis *web* ini layak digunakan atau direvisi untuk diimplementasikan dalam kegiatan.

4) *Implementation* (Implementasi)

Tahapan ini bahan yang sudah divalidasi akan dilakukan uji coba pada sampel kecil atau secara terbatas kemudian diambil data angket respons. Setelah itu dilakukan pelaksanaan penggunaan bahan ajar *e-commerce* berbasis *web* dalam skala besar. Kemudian diambil data angket respons pada kelas yang menerapkan bahan ajar *e-commerce* berbasis *web*.

5) *Evaluation* (Evaluasi)

Pada tahap ini melakukan revisi dan perbaikan akhir yang diambil berdasarkan angket respons atau masukan siswa. Hal ini ditujukan untuk bahan ajar *e-commerce* berbasis *web* bisa digunakan oleh sekolah yang lebih luas lagi.

Sampel Penelitian

Data penelitian diambil di SMK Karya Bhakti Brebes dengan sampel penelitian jumlah total 30 Mahasiswa. Pengambilan data menggunakan *cluster random sampling* yaitu dari 4 kelas dipilih satu kelas yaitu kelas XI RPL 1.

Metode Pengumpulan Data

Metode Angket yaitu pengumpulan data validitas produk menggunakan angket atau kuesioner, berisi pernyataan-pernyataan yang ditujukan kepada ahli materi, ahli media, teman sejawat dan pengguna. Metode Tes yang digunakan yaitu untuk mengukur peningkatan siswa berwirausaha. Instrumen tes terdiri dari soal kemampuan awal dan kemampuan akhir.

Analisis Data Penelitian

Analisis data produk untuk mengetahui validitas dari produk setelah diuji pakar dan uji coba skala kecil sesuai dengan table 1.

Tabel 1. Skor untuk Penilaian Produk

Kategori	Skor	Rentang Skor Kuantitatif
Sangat Baik (SB)	4	$\bar{X} > (M + 1.5 Si)$
Baik (B)	3	$M < \bar{X} \leq (M + 1.5 Si)$
Kurang (K)	2	$(M - 1.5 Si) < \bar{X} \leq M$
Sangat Kurang (SK)	1	$\bar{X} \leq (M - 1.5 Si)$

Analisis untuk menguji peningkatan kemampuan berwirausaha dari penggunaan bahan ajar *e-commerce* dengan :

$$gain = \frac{skor\ post\ tes - skor\ pretes}{Skor\ maksimum - skor\ pretes}$$

Kriteria gain sebagai berikut :

Tinggi : $g \geq 0,7$

Sedang : $0,7 > g \geq 0,3$

Rendah : $g < 0,3$.

3. Hasil dan Pembahasan

Kontribusi penelitian pengembangan bahan ajar *e-commerce* yaitu memberikan wawasan bahwa perlunya buku, materi, maupun panduan untuk mengetahui pembuatan *e-commerce* yang sedang berkembang di era digital saat ini. Perbedaan dengan penelitian ini dengan yang lain yaitu sebagian besar penelitian mengenai *e-commerce* hanya terpusat dalam pengembangan system informasinya, *web design*, analisis *platform*, dan sebagainya. Seperti pada penelitian Farlina dkk [7] menunjukan hasil penelitian mengenai pengembangan dari *web e-commerce* yang berintegrasi dengan *SMS gateway*, dimana penelitian ini berfokus pada pengembangan *web e-commerce* saja. Li & Guan [8] menunjukan penelitian mengenai analisis mengenai pendalaman pengembangan *e-commerce* didaerah pedesaan, penelitian hanya berfokus pada mengembangkan desa komersil. Heshmati dkk [9] juga menganalisis mengenai proses yang terjadi pada *e-commerce* yaitu pada sektor pengiriman dan dampak dari penggunaannya. Bandara dkk [10] juga hanya fokus meneliti mengenai prakiraan mengenai permintaan dalam *e-commerce* dengan menggunakan metode *neural network*. Dari keempat penelitian tersebut bisa disimpulkan masing-masing mempunyai fokus substansi isi dari *e-commerce*. Sedikit yang mengembangkan diluarr substansi *e-commerce* yaitu pengembangan buku, bahan ajar, materi maupun panduan membuat *e-commerce* secara keseluruhan dari awal sampai akhir pembuatannya.

Pengembangan buku ajar memberikan pemahaman ketika dikemas dengan baik sehingga memberikan kontribusi dalam memperoleh pengetahuan mengenai ilmu yang akan dipelajari [11]. Di SMK Karya Bhaakti untuk mempengaruhi dalam pengetahuan pembelajaran mengenai *e-commerce* diperlukan pengembangan buku *e-commerce*, seperti pada penelitian Daulay [12] menunjukan bahwa bahan ajar yang terdistributif dengan baik melalui teknologi infomasi memberikan kemudahan akses siswa dalam mendapatkan ilmu. Tegeh dan Kirna [13] berpendapat bahwa dalam pengembangan bahan ajar melalui penyusunan yang matang diataranya pengumpulan materi, gambar/grafik yang digunakan untuk menjelaskan, dan tata letak dan pengetikan yang menarik bagi pembaca. Dari pengembangan bahan ajar ini di dapatkan validasi ahli materi, ahli media, dua guru mata pelajaran, dan teman sejawat.

Hasil perhitungan validasi ahli materi didapatkan presentase keidealan produk didapatkankan 76,7 % termasuk dalam rentang skor $\bar{X} > 62,5\%$ dalam kategori. Untuk peritungan presentase keidealan tiap aspek sesuai dengan tabel 2.

Tabel 2. Presentase dari Ahli Materi

Aspek	Persentase dari skor keidealan (%)	Kategori
1. Aspek isi	75	Sangat baik
2. Akurasi materi	75	Sangat baik
3. Merangsang Keingintahuan	83,3	Sangat baik
4. Penyajian	87,5	Sangat baik
5. Penggunaan <i>Web</i> dengan <i>php</i> dan <i>dreamweaver</i>	70	Baik

Kemudian dari hasil perhitungan presentase keidealan produk sesuai dengan validasi ahli media didapatkan 70% termasuk dalam rentang skor $\bar{X} > 62,5$ dalam kategori Baik. Untuk peritungan presentase keidealan tiap aspek sesuai dengan tabel 3.

Tabel 3. Presentase dari Ahli Media

Aspek	Persentase dari skor keidealan (%)	Kategori
1. Penyajian	80	Sangat baik
2. Tampilan umum	100	Baik
3. Bahasa/ Keterbacaan	100	Baik
4. Penggunaan <i>Web</i> dengan <i>php</i> dan <i>dreamweaver</i>	75	Sangat baik

Perhitungan presentase keidealan produk sesuai dengan validasi Guru Kelas didapatkan 84,78% termasuk dalam rentang skor $\bar{X} > 81,25$ % dalam kategori sangat baik. Untuk perhitungan presentase keidealan tiap aspek sesuai dengan tabel 4.

Tabel 4. Presentase dari Guru Kelas

Aspek	Persentase dari skor keidealan (%)	Kategori
1. Aspek isi	93,75	Sangat baik
2. Akurasi materi	81,25	Sangat baik
3. Merangsang Keingintahuan	87,5	Sangat baik
4. Penyajian	80	Sangat baik
5. Tampilan Umum	85	Baik
6. Bahasa & Keterbacaan	87,5	Sangat baik
7. Penggunaan <i>Web</i> dengan <i>php</i> dan <i>dreamweaver</i>	85	Sangat baik

Kemudian dari hasil perhitungan presentase keidealan produk sesuai dengan validasi Teman Sejawat didapatkan 82,6% termasuk dalam rentang skor $\bar{X} > 81,25$ dalam kategori sangat baik. Untuk perhitungan presentase keidealan tiap aspek sesuai dengan tabel 5.

Tabel 5. Presentase dari Teman Sejawat (*Peer Review*)

Aspek	Persentase dari skor keidealan (%)	Kategori
1. Aspek isi	81,25	Sangat baik
2. Akurasi materi	93,75	Sangat baik
3. Merangsang Keingintahuan	75	Sangat baik
4. Penyajian	80	Sangat baik
5. Tampilan Umum	85	Baik
6. Bahasa & Keterbacaan	75	Sangat baik
7. Penggunaan <i>Web</i> dengan <i>php</i> dan <i>dreamweaver</i>	85	Sangat baik

Dari data validasi menunjukkan dari tiap ahli yang diambil datanya untuk produk bahan ajar rata-rata dalam kategori diatas baik. Tahapan validitas ini sangat diperlukan untuk memperkuat kelayakan dalam pengembangan bahan ajar. Menurut Mohammadnia, & Moghadam, [14] bahwa buku teks atau bahan ajar yang digunakan sangat penting dalam mengintegrasikan pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan. Mesa dkk [15] menyatakan juga bahwa buku maupun bahan ajar yang memiliki fitur dan desain yang berupaya dalam memotivasi dan mengharuskan siswa berinteraksi sangat bagus dalam mendorong siswa dalam belajar. Praseton dan Trisnawati [16] menyatakan bahwa pentingnya bahan ajar, dalam proses pembelajaran diperlukan bahan ajar untuk arah maupun pedoman dalam belajar selain itu mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis.

Tahapan ini dilakukan diuji coba kelompok kecil yang dilakukan di mahasiswa teknik informatika yang sudah menempuh mata kuliah pemrograman website. Kelompok kecil diambil *random sample* dari mahasiswa sebanyak 15 mahasiswa. Dari data kelompok kecil dianalisis didapatkan skor rata-rata 51,13 dalam rentang $\bar{X} > 48,8$ dikategorikan sangat baik. Dan untuk presentase keidealan 85,2% respon siswa diperoleh dan dikategorikan sangat baik. Untuk hasil perhitungan presentase tiap aspek dari angket respon didapatkan sesuai dengan tabel 6.

Tabel 6. Presentase tiap Aspek Respon Kelompok Kecil

Aspek	Persentase dari skor keidealan (%)	Kategori
1. Merangsang Keingintahuan	87,5	Sangat baik
2. Penyajian	87,5	Sangat baik
3. Tampilan Umum	83,3	Sangat baik
4. Bahasa & Keterbacaan	85	Sangat baik
5. Pemanfaatan Bahan Ajar	85	Sangat baik

Kemudian untuk ujicoba pada kelompok besar dilakukan pada 30 siswa-siswi SMK Karya Bhakti dengan menggunakan pretes dan postes. Didapatkan data penggunaan bahan ajar *e-commerce* memiliki nilai *N-Gain* 0,45 yang termasuk dalam rentang $0,7 > g \geq 0,3$ kriteria sedang. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan *e-commerce* untuk meningkatkan kemampuan berwirausaha sebelum dan sesudah penggunaan, kemudian efektif dan layak untuk dipakai dalam proses pembelajaran.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis data dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa dari pengembangan bahan ajar *e-commerce* validasi ahli materi, ahli media dan teman sejawat menunjukkan produk dalam kategori sangat baik layak digunakan. Uji coba produk kelompok kecil didapatkan presentase keidealan 85,2% dan dikategorikan sangat baik. Hasil Nalisis peningkatan kemampuan berwirausaha dari penggunaan bahan ajar *e-commerce* didapatkan nilai *N-Gain* 0,45 yang termasuk dalam kriteria sedang. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan *e-commerce* untuk meningkatkan kemampuan berwirausaha sebelum dan sesudah penggunaan, kemudian efektif dan layak untuk dipakai dalam proses pembelajaran

Ucapan Terimakasih

Kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang mendukung dalam penulisan penelitian yaitu Direktorat Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat (DRPM) Ditjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, Universitas peradaban dan Fakultas Sains dan Teknologi. Kami juga mengucapkan terimakasih kepada mitra SMK Karya Bhakti atas pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Febriantoro, W. (2018). Kajian Dan Strategi Pendukung Perkembangan E-Commerce Bagi UMKM Di Indonesia. *Manajerial: Jurnal Manajemen dan Sistem Informasi*, 17(2), 184-207.
- [2] Mata, F., & Hernández Ruiz, I. (2019). CRGOURMETCOFFEE. COM: Using E-Commerce To Mitigate The Coffee Paradox In Costa Rica. *repositorio.una.ac.cr*.
- [3] Haryono, R. C. S. (2019). Analisis Dan Penilaian Teknologi Informasi Pada Proses Tata Kelola Dengan Cobit 5 Pada Domain EDM Studi Kasus Universitas Peradaban. *Indonesian Journal of Business Intelligence (IJUBI)*, 1(1), 25-31.

- [4] Arifianto, E. Y., & Coiri, M. (2018). Pemanfaatan E-Commerce Dalam Pembelajaran Manajemen Usaha Kecil Dan Menengah. *Jurnal Komunikasi Pendidikan*, 2(1), 77-85.
- [5] Seprina, I., Suroyo, H., & Komalasari, D. (2017). Motivasi Penggunaan E-Commerce dalam Berwirausaha pada Siswa SMK Bina Jaya. *Prosiding SISFOTEK*, 1(1), 31-36.
- [6] Laudon, K. C., & Traver, C. G. (2016). *E-commerce: business, technology, society*. PEARSON : England.
- [7] Farlina, Y., Hudin, J. M., Yulianti, I., & Maulana, M. (2019). Rancang Bangun E-Commerce Berbantuan Sms Gateway Pada Audrey Batik Sukabumi. *Swabumi*, 7(1), 14-19.
- [8] Li, J., & Guan, C. (2019). Research on the Practice Model for E-commerce Majors to Start Business in Rural Areas of Hubei Province Against the Background of Rural Revitalization. In *The 4th International Conference on Economy, Judicature, Administration and Humanitarian Projects (JAHP 2019)*. Atlantis Press.
- [9] Heshmati, S., Verstichel, J., Esprit, E., & Berghe, G. V. (2019). Alternative e-commerce delivery policies. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 8(3), 217-248.
- [10] Bandara, K., Shi, P., Bergmeir, C., Hewamalage, H., Tran, Q., & Seaman, B. (2019). Sales Demand Forecast in E-commerce using a Long Short-Term Memory Neural Network Methodology. *arXiv preprint arXiv:1901.04028*.
- [11] Suzuki, S. N., Akimoto, Y., Hirata, K., Ishihara, M., Kameyama, R., Yamaguchi, M., & Yajima, K. (2019). Development of Android Version Active Textbook System. *Procedia Computer Science*, 159, 2258-2266.
- [12] Daulay, P. (2010). Pemanfaatan Toko Buku Online Untuk Meningkatkan Layanan Distribusi Bahan Ajar Bagi Mahasiswa Universitas Terbuka. *Jurnal Pendidikan Terbuka Dan Jarak Jauh*, 11(2), 61-74.
- [13] Tegeh, I. M., & Kirna, I. M. (2013). Pengembangan Bahan ajar metode penelitian pendidikan dengan addie model. *Jurnal Ika*, 11(1).
- [14] Mohammadnia, Z., & Moghadam, F. D. (2019). Textbooks as Resources for Education for Sustainable Development: A Content Analysis. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 21(1), 103-114.
- [15] Mesa, V., Liakos, Y., & Boelkins, M. (2019). Designing textbooks with enhanced features to increase student interaction and promote instructional change. *Calculus in upper secondary and beginning university mathematics*, 78.
- [16] Prasetyono, R. N., & Trisnawati, E. (2018). Pengaruh pembelajaran IPA berbasis empat pilar pendidikan terhadap kemampuan berpikir kritis. *JIPVA (Jurnal Pendidikan IPA Veteran)*, 2(2), 162-173.

REST AND SOAP COMPARISON ON WEB SERVICE TECHNOLOGY FOR ANDROID BASED DATA SERVICES

Anggraini Kusumaningrum¹⁾, Haruno Sajati²⁾, Donny Anariantio³⁾

^{1,2,3)}, Departemen Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto

Jl. Janti Blok R, Lanud Adisutjipto Yogyakarta 55198

Email : ¹anggraini@stta.ac.id, ²haruno@stta.ac.id, ³donnypurwanto36@gmail.com

Abstract

Comparison between ReST API and SOAP web services in providing data services that are carried out to support the improvement of these web services. The data tested is divided into 2, namely data with the same size format and data with different size formats. The test is divided into 3 stages, the first collecting with 10 data, the second 20 data, and the third 30 data, by carrying out data loading from each comparing web service. From the overall results obtained from the ReST API runs faster than SOAP. With an overall total data collection time on different devices with the same size format in the ReST API it produces 3.4 seconds and SOAP produces 3.9 seconds. While receiving data on different devices with different size formats on the ReST API, it takes 4.7 seconds and SOAP takes 5.3 seconds.

Keywords: Web service, SOAP, ReST API

1. Pendahuluan

ReST merupakan suatu arsitektur metode komunikasi yang menggunakan protokol Hyper Text Transfer Protocol (HTTP) untuk pertukaran data dan metode ini sering diterapkan dalam pengembangan aplikasi. ReST sendiri memungkinkan *system request* dapat mengakses dan memanipulasi teks yang direpresentasikan dari sebuah *web service*. *Web service* API yang menggunakan ReST disebut dengan ReSTful API. Tidak seperti jenis *web service* lainnya, ReSTful API tidak memiliki standar yang resmi untuk notasinya dikarenakan ReST merupakan sebuah arsitektur. SOAP merupakan arsitektur standar untuk melakukan pertukaran data atau pesan-pesan berbasis XML melalui jaringan komputer untuk melakukan komunikasi dengan program pada *platform* yang sama ataupun berbeda menggunakan HTTP dan XML sebagai mekanisme pertukaran data. SOAP meliputi tiga bagian utama yaitu tipe informasi yang akan dikirim, bagaimana. Beberapa penelitian yang membahas tentang webservice diantaranya sebagai berikut, penelitian tentang *Web Service For Supporting Of Website Performance* bertujuan membangun *web service* agar dapat mendukung kinerja *website*[1]. *Comparative Analysis Of Xml And Json Using Php Application Platform With Representational State Transfer (ReST) Architectural* bertujuan untuk menganalisis perbandingan waktu serialisasi data, waktu parsing data dan ukuran data XML dan JSON sebagai format pertukaran data dengan arsitektur ReST [2]. Pemanfaatan Teknologi *Web Service* Untuk Integrasi Sistem Layanan Materi Pelajaran Terdistribusi bertujuan untuk merancang dan membangun suatu integrasi sistem layanan materi pelajaran antar sekolah menggunakan *web service* dalam mendistribusikan datanya ke pengguna dengan berbagai kebutuhan [3]. penelitiannya yang berjudul Implementasi ReST API pada Aplikasi Panduan Kepaskibraan Berbasis Android bertujuan untuk menggunakan ReST API dalam pembuatan Aplikasi Panduan Kepaskibraan dan dengan adanya dukungan notasi JSON [4]. Pencarian *Content Portal Web* Berita Dengan Teknik Sindikasi Berbasis Ajax-Soap *Web Service* yaitu bertujuan untuk mempermudah dalam pencarian content [5].

2. Metodologi Penelitian

Teknologi *Web service* dapat diimplementasikan dengan SOAP (Simple Object Access Protocol) atau ReST (Representational State Transfer). Walaupun memiliki kesamaan dalam pertukaran data dengan berkomunikasi melalui *web service*, namun tetap memiliki beberapa hal yang berbeda. Pada Tabel 1 merupakan perbedaan ReST API dan SOAP.

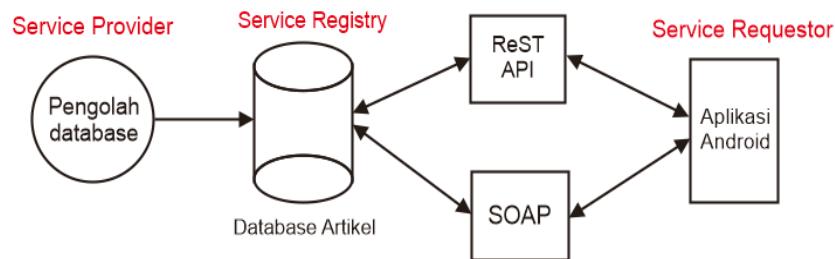
Tabel 1 Perbedaan ReST API dan SOAP
(Sumber : Wisnu, N, 2012)

Uraian	ReST	SOAP
Protokol komunikasi	HTTP, HTTPS	HTTP, HTTPS, SMTP, FTP
Penggunaan bandwidth	Relatif hemat bandwidth, karena markup-markup ekstra seperti pada XML tidak dipakai	Dalam jumlah request yang banyak, relatif boros bandwidth. Hal ini karena banyaknya markup dalam penulisan format XML
Tren penggunaan	Mulai populer, banyak dipakai oleh penyedia web servis terkemuka, seperti twitter, yahoo!, flickr, bloglines, technorati, google, amazon, eBay, dan sebagainya	Banyak mulai beralih ke REST, meski masih tetap ada yang mempertahankan, misalnya untuk integrasi aplikasi ke sistem legasi pada sebuah perusahaan.
Aturan penulisan	Tidak ada spesifikasi khusus	Ketat, mengikuti spesifikasi XML (SOAP v1.2)
Format respon	XML, JSON, atau format plain teks lainnya. Hal ini memudahkan penerima respon membaca dan memahaminya.	XML dengan spesifikasi SOAP. Agak sulit untuk membaca langsung dan memahaminya.
Attachment file	Tidak Bisa	Bisa (karena dapat mengembalikan respon dalam format binary)
Sifat web servis pada umumnya	Terbuka, bisa diakses siapa saja (web API)	Tertutup, lebih ditujukan untuk vendor atau perusahaan tertentu
Caching web	Mudah, karena menggunakan URI	Relatif sulit
Penggunaan standar	Standar yang sudah ada, seperti XML dan HTTP	Standar lama (XML, HTTP) dan baru .(SOAP) digunakan bersamaan
Tool pengembangan	Beberapa, karena tidak begitu dibutuhkan	Banyak, baik komersial maupun opensource
Tool manajemen	Menggunakan tool yang sudah ada pada sistem jaringan	Perlu, bahkan kadang harganya mahal
Ekstensibel	Relatif tidak ekstensibel	Bisa, banyak ekstensi termasuk standar WS
Kemudahan implementasi	Mudah	Mudah jika sudah memiliki lingkungan berbasis SOAP

API memungkinkan *developer* untuk mengintegrasikan dua bagian dari aplikasi atau dengan aplikasi yang berbeda secara bersamaan. API terdiri dari berbagai elemen seperti *function*, *protocols*, dan *tools* lainnya yang memungkinkan *developers* untuk membuat aplikasi sedangkan SOAP adalah standar untuk melakukan pertukaran pesan-pesan berbasis *XML* melalui jaringan komputer

2.1. Perancangan *Web Service*

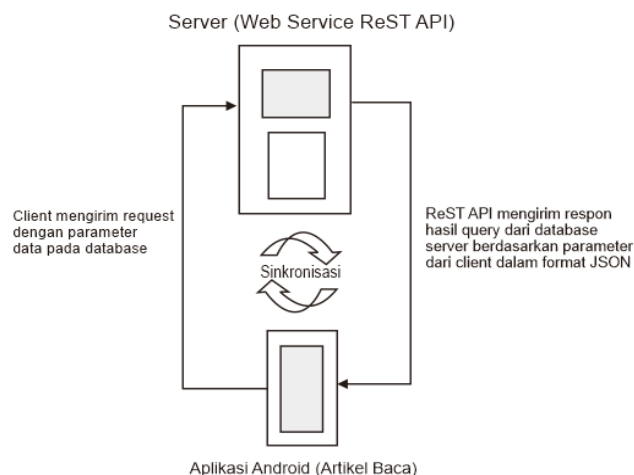
Terdapat dua teknologi *web service* yang dirancang yaitu *web service* ReST API dan SOAP. Kedua teknologi *web service* ini akan dibandingkan dalam performa menyediakan data dengan aplikasi *client*. Jenis data yang akan dibandingkan berupa data artikel baca yaitu gambar dan teks. Untuk dapat berkomunikasi *client-server* membutuhkan koneksi internet agar aplikasi *client* bisa melakukan *request* ke *server* dan menerima respon dari *server*. *Web service* ReST API dan SOAP mempunyai fungsi menyediakan layanan terhadap aplikasi kepada *client* berupa data artikel. Untuk *representasi* data, *web service* ReST API menyediakan layanan datanya dalam bentuk format JSON. Sedangkan untuk *representasi* data *web service* SOAP menyediakan layanan datanya dalam bentuk format XML. Gambar 1 merupakan arsitektur komunikasi antara Client - Server.



Gambar 1 Komunikasi Antara *Client-Server*

2.2. Perancangan *web service* ReST API

Web service ReST API berfungsi untuk menyediakan data yang diminta oleh aplikasi *client*. Sebelum menyediakan data yang diminta oleh aplikasi *client*, ReST API terlebih dahulu menghubungi *server* dalam hal ini yaitu MySQL *database*. Maka dari itu *web service* ReST API di sini bertindak sebagai jembatan antara peminta layanan dengan penyedia layanan (*database*). *Web service* ReST API menampilkan datanya dalam format JSON untuk menyediakan data yang dibutuhkan aplikasi *client*. Agar bisa menyediakan layanan data yang dibutuhkan *client*, *web service* ReST API harus terhubung ke dalam jaringan internet. Gambar 2 merupakan Deskripsi Sistem ReST API Secara Umum dan Gambar 3 merupakan Skema Komunikasi *Web Service* ReST API.



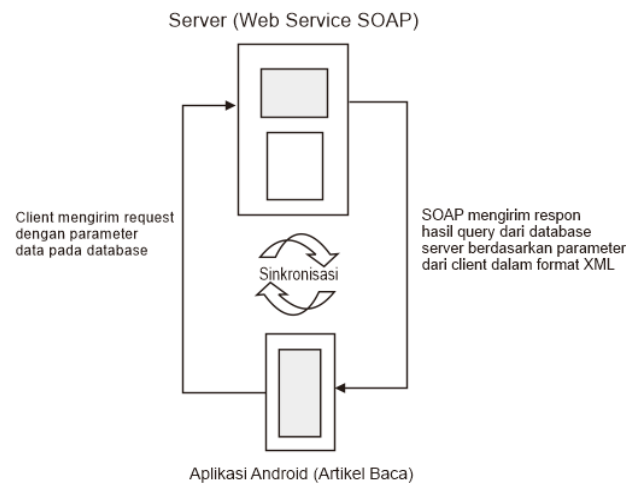
Gambar 2. Deskripsi Sistem ReST API Secara Umum



Gambar 3. Skema Komunikasi *Web Service* ReST API

2.3. Perancangan *web service* SOAP

web service SOAP juga memberikan layanan *web service* untuk menyediakan data yang diminta oleh aplikasi *client*. Namun dalam menyediakan data *web service* SOAP berbeda dengan ReST API. *Web service* SOAP menggunakan bahasa XML sebagai *web service* sedangkan ReST API menggunakan bahasa JSON. Untuk memberikan layanan *web service*, SOAP tidak langsung mengakses *database* MySQL. SOAP *service* terlebih dahulu menghubungi *server* SOAP, kemudian setelah *server* mengecek ketersediaan data yang diminta, *server* akan menghubungi *client* SOAP untuk melakukan verifikasi data. Setelah *client* SOAP menerima data dan sudah melakukan verifikasi data dari *server* SOAP, baru kemudian akan ditampilkan di dalam *service* SOAP XML. Kemudian data di dalam *service* SOAP XML diparsing dan ditampilkan pada aplikasi *client*. Agar bisa menyediakan layanan data yang dibutuhkan *client*, *web service* ReST API harus terhubung ke dalam jaringan internet. Gambar 4 Deskripsi Sistem SOAP Secara Umum dan Gambar 5 Skema Komunikasi *Web Service* SOAP.



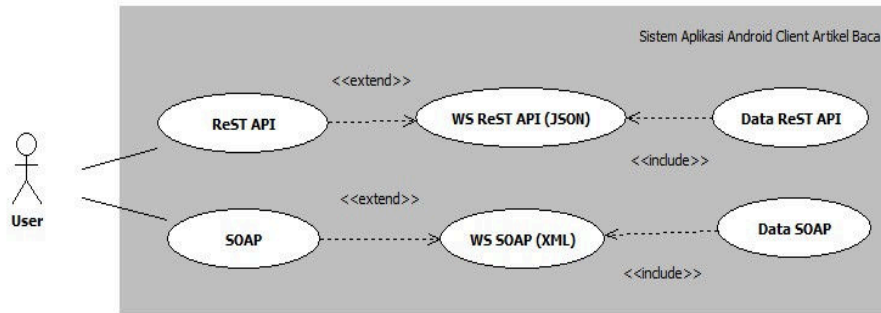
Gambar 4. Deskripsi Sistem SOAP Secara Umum



Gambar 5. Skema Komunikasi *Web Service* SOAP

2.4. Use Case Diagram

Gambar 6 merupakan *Use Case Diagram* pada aplikasi *client* berbasis Android yang menjelaskan bahwa saat *user* membuka aplikasi diberikan pilihan ingin melihat data ReST API atau SOAP. Setelah melakukan pilihan maka akan ditampilkan data yang sesuai dengan pilihan *user*.



Gambar 6. *Use Case Diagram* pada Aplikasi Android

2.5. Perancangan Database

Dalam pertukaran data antara *web service* ReST API dan SOAP dengan aplikasi *client* Android dibutuhkan 1 tabel dalam *database*. Tabel ini digunakan untuk menyimpan data yang telah diinput. Di dalam tabel ini semua data yang telah diinput akan disimpan. Detail tabel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel data

Field	Size	Type	Primary Key
id_artikel	11	int	Primary Key
judul_artikel	100	varchar	
isi_artikel		longtext	
penulis_artikel	250	varchar	
photo_artikel	250	varchar	
tgl_artikel		timestamp	

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian sistem ini terdiri dari dua bagian yaitu fungsi pertama aplikasi yaitu menampilkan data dari *web service* ReST API dan *web service* SOAP pada beberapa perangkat Android. Untuk fungsi ke dua yaitu melakukan perbandingan performansi lama waktu memuat data dari *web service* ReST API dan *web service* SOAP.

3.1. Pengujian Aplikasi Client pada Perangkat Android

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah aplikasi Android ini berjalan dengan baik diberbagai tipe perangkat Android dengan spesifikasi *smartphone* yang berbeda-beda. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3. Dari hasil pengujian pada perangkat Android berbeda diperoleh hasil bahwa aplikasi *client* Android artikel baca dapat berjalan dengan lancar atau berhasil pada beberapa tipe *smartphone* Android, dengan sistem Android yang berbeda mulai dari versi Lollipop sampai versi Oreo.

Tabel 3. Pengujian Pada Perangkat Android

No	Nama Smartphone	Processor	RAM	Memori Internal	Versi Android	Respon Aplikasi Android
1	Sony Z2 Compact	Qualcomm Snapdragon 800	2GB	16GB	Lollipop 5.0.1	Berhasil
2	Xiaomi Redmi Note 3	Qualcomm Snapdragon 800	3GB	32GB	Lollipop 5.1.1	Berhasil
3	Sony Z4 Compact	Qualcomm Snapdragon 801	2GB	16GB	Marshmallow 6.0.1	Berhasil
4	Oppo A71	Mediatek MT6750	2GB	16GB	Nougat 7.1.1	Berhasil
5	Xiaomi Redmi 4X	Qualcomm Snapdragon 435	2GB	16GB	Nougat 7.1.2	Berhasil
6	Xiaomi Redmi Note 5 Pro	Qualcomm Snapdragon 636	4GB	64GB	Oreo 8.1.0	Berhasil
7	Asus Zenfone 4 Max	ARM Cortex-A53	3GB	32GB	Oreo 8.1.0	Berhasil

3.2. Pengujian Web Service ReST API dan SOAP

Pengujian ini dilakukan pada perangkat dengan spesifikasi yang berbeda dan memiliki versi Android yang berbeda. Langkah pengujian dilakukan dengan cara menghitung waktu lama aplikasi *client* memuat data dari *web service* ReST API dan *web service* SOAP. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap *web service*, dengan cara scroll data dari atas sampai bawah, hingga semua data berupa data gambar dan teks tampil. Adapun tabel data spesifikasi *device* Android yang digunakan dalam uji coba dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi Perangkat yang Diujikan

No	Nama Smartphone	Processor	RAM	Memori Internal	Versi Android
A	Sony Z4 Compact	Qualcomm Snapdragon 801	2GB	16GB	Marshmallow 6.0.1
B	Asus Zenfone 4 Max	ARM Cortex-A53	3GB	32GB	Oreo 8.1.0
C	Xiaomi Redmi Note 5 Pro	Qualcomm Snapdragon 636	4GB	64GB	Oreo 8.1.0

3.3. Pengujian pada Perangkat A

Pengujian ini dilakukan pada perangkat *smartphone* Sony Z4 Compact dengan versi Android Marshmallow 6.0.1, RAM 2GB *Internal* 16GB. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali, yang pertama pengujian pada ukuran format data gambar dan teks semua sama. Yang ke dua pengujian pada ukuran format data gambar dan teks semua berbeda-beda. Adapun hasil pengujian pada perangkat A sebagai berikut. Pengujian pada ukuran format gambar dan teks semua sama. Untuk hasil pengujian data gambar dan teks yang sama dapat dilihat pada Tabel 5 dan hasil pengujian data gambar dan teks yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Pengujian Perangkat A Format Ukuran Data Sama

Jumlah Data	Ukuran File		Waktu Sinkronisasi Data (Detik)			Rata-Rata Waktu Sinkronisasi Data (Detik)	
	ReST API (JSON)	SOAP (XML)	Uji Coba	ReST API	SOAP	ReST API	SOAP
10	18.64 KB	18.66 KB	I	2.1	2.7	2.3	2.7
			II	2.5	2.8		
			III	2.3	2.5		
			IV	2.6	2.9		
			V	2.2	2.4		
20	37.02 KB	37.01 KB	I	3.9	4.1	3.9	4
			II	3.8	3.9		
			III	3.9	4.2		
			IV	4	4.2		
			V	3.9	3.9		
30	55.42 KB	55.37 KB	I	4.9	5.6	4.6	5.1
			II	4.5	4.9		
			III	4.8	5.1		
			IV	4.5	5		
			V	4.5	5.1		

Tabel 6. Pengujian Perangkat A Format Ukuran Data Berbeda

Jumlah Data	Ukuran File		Waktu Sinkronisasi Data (Detik)			Rata-Rata Waktu Sinkronisasi Data (Detik)	
	ReST API (JSON)	SOAP (XML)	Uji Coba	ReST API	SOAP	ReST API	SOAP
10	11.48 KB	11.28 KB	I	2.8	3.1	2.4	2.6
			II	2.5	2.6		
			III	2.1	2.3		
			IV	2.1	2.4		
			V	2.3	2.8		
20	22.81 KB	22.38 KB	I	3.3	4	3.6	4.1
			II	3.9	4.4		
			III	3.6	4		
			IV	3.8	3.9		
			V	3.4	4.2		
30	33.86 KB	33.14 KB	I	5.8	7.7	7.6	8.7

3.4. Pengujian pada Perangkat B

Pengujian ini dilakukan pada perangkat *smartphone* Asus Zenfone 4 Max dengan versi Android Oreo 8.1.1, *RAM* 3GB *Internal* 32GB. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali, yang pertama pengujian pada ukuran format data gambar dan teks semua sama. Yang ke dua pengujian pada ukuran format data gambar dan teks semua berbeda-beda. Adapun hasil

pengujian pada perangkat B sebagai berikut. Pengujian pada ukuran format gambar dan teks semua sama. Untuk hasil pengujian data gambar dan teks yang sama dapat dilihat pada Tabel 7 dan pengujian data gambar dan teks yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Pengujian Perangkat B Format Ukuran Data Sama

Jumlah Data	Ukuran File		Waktu Sinkronisasi Data (Detik)			Rata-Rata Waktu Sinkronisasi Data (Detik)	
	ReST API (JSON)	SOAP (XML)	Uji Coba	ReST API	SOAP	ReST API	SOAP
10	18.64 KB	18.66 KB	I	2.8	3.5	2.4	3
			II	2.3	2.7		
			III	2.4	2.9		
			IV	2.4	2.8		
			V	2.3	2.7		
20	37.02 KB	37.01 KB	I	3.4	4.2	3.4	3.9
			II	3.6	4.1		
			III	3.6	3.8		
			IV	3.4	3.9		
			V	3.2	3.5		
30	55.42 KB	55.37 KB	I	4.5	5.7	4.7	5.3
			II	4.9	5.4		
			III	4.9	5.2		
			IV	4.4	5		
			V	4.8	5.1		

Tabel 8. Pengujian Perangkat B Format Ukuran Data Berbeda

Jumlah Data	Ukuran File		Waktu Sinkronisasi Data (Detik)			Rata-Rata Waktu Sinkronisasi Data (Detik)	
	ReST API (JSON)	SOAP (XML)	Uji Coba	ReST API	SOAP	ReST API	SOAP
10	11.48 KB	11.28 KB	I	2.5	3	2.4	2.8
			II	2.4	2.7		
			III	2.5	2.6		
			IV	2.3	2.5		
			V	2.6	3.1		
20	22.81 KB	22.38 KB	I	3.7	3.8	3.5	3.8
			II	3.4	3.9		
			III	3.6	4		
			IV	3.8	3.9		
			V	3	3.5		
30	33.86 KB	33.14 KB	I	8.2	9	8.3	9.2

3.5. Pengujian Pada Perangkat C

Pengujian ini dilakukan pada perangkat *smartphone* Xiaomi Redmi Note 5 dengan versi

Android Oreo 8.1.1, RAM 4GB Internal 64GB. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali, yang pertama pengujian pada ukuran format data gambar dan teks semua sama. Yang ke dua pengujian pada ukuran format data gambar dan teks semua berbeda-beda. Adapun hasil pengujian pada perangkat C sebagai berikut. Pengujian pada ukuran format gambar dan teks semua sama. Untuk hasil pengujian data gambar dan teks yang sama dapat dilihat pada Tabel 9 dan pengujian data gambar dan teks yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 9. Pengujian Perangkat C Format Ukuran Data Sama

Jumlah Data	Ukuran File		Waktu Sinkronisasi Data (Detik)			Rata-Rata Waktu Sinkronisasi Data (Detik)	
	ReST API (JSON)	SOAP (XML)	Uji Coba	ReST API	SOAP	ReST API	SOAP
10	18.64 KB	18.66 KB	I	2.2	2.8	1.8	2.5
			II	1.3	2.7		
			III	1.8	2.7		
			IV	1.7	2.2		
			V	2	2.1		
20	37.02 KB	37.01 KB	I	3.8	3.9	3.4	3.8
			II	3.1	3.7		
			III	3.1	3.8		
			IV	3.6	3.7		
			V	3.5	3.8		
30	55.42 KB	55.37 KB	I	4.6	5.1	4.4	4.8
			II	4	4.3		
			III	4.2	5.1		
			IV	4.7	4.8		
			V	4.3	4.6		

Tabel 10. Pengujian Perangkat C Format Ukuran Data Berbeda

Jumlah Data	Ukuran File		Waktu Sinkronisasi Data (Detik)			Rata-Rata Waktu Sinkronisasi Data (Detik)	
	ReST API (JSON)	SOAP (XML)	Uji Coba	ReST API	SOAP	ReST API	SOAP
10	11.48 KB	11.28 KB	I	2.4	3.1	2.4	2.9
			II	2.5	2.7		
			III	2.3	2.7		
			IV	2.4	3		
			V	2.5	2.9		
20	22.81 KB	22.38 KB	I	4.9	5.8	5	5.5
			II	5	5.5		
			III	5	5.1		
			IV	4.9	5.3		
			V	5.2	5.7		
30	33.86 KB	33.14 KB	I	7.6	8	7.4	7.8

4. Kesimpulan

1. Pengujian 30 sampel data dengan jumlah data bervariasi, diuji pada *device smartphone* yang berbeda, jaringan internet berbeda, dan ukuran *file* berbeda (ReST API lebih besar ukuran *file*-nya dan SOAP lebih kecil ukuran *file*-nya), dihasilkan rata-rata waktu sinkronisasi data ReST API lebih cepat dibandingkan SOAP.
2. Hasil rata-rata keseluruhan sinkronisasi data dengan format ukuran data yang sama pada ReST API menghasilkan waktu 3.4 detik dan SOAP menghasilkan waktu 3.9 detik, sedangkan dengan format ukuran data yang berbeda pada ReST API menghasilkan waktu 4.7 detik dan SOAP menghasilkan waktu 5.3 detik.

Daftar Pustaka

- [1] Sinta, T.P., A. Basukesti, dan D. Nugraheny. 2012. Web Service For Supporting Of Website Performance. *Jurnal Compiler* 1(2): 89-97.
- [2] Saryanto, S., Sumarsono, S., & Retnowati, N. D. (2013). Comparative Analysis of XML and JSON Using Php Application Platform with Representational State Transfer (Rest) Architectural. *Compiler*, 2(2).
- [3] AyuningTyas, A., & Ashari, A. (2016). Pemanfaatan Teknologi Web Service Untuk Integrasi Sistem Layanan Materi Pelajaran Terdistribusi. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 8(1), 33-46.
- [4] Rulloh, A., Mahmudah, D. E., & Kabetta, H. (2017). Implementasi REST API pada Aplikasi Panduan Kepaskibraan Berbasis Android. *Teknikom: Teknologi Informasi, Ilmu Komputer dan Manajemen*, 1(2), 85-89.
- [5] Suteja, B. R. (2018). Pencarian Content Portal Web Berita Dengan Teknik Sindikasi Berbasis Ajax-Soap Web Service. *Compiler*, 7(1).
- [6] Wisnu, N. 2012. Perbandingan SOAP dan REST sebagai Web Service. <http://pusdiklat.bps.go.id/index.php?r=artikel/view&id=206>. 15 Mei 2019 (20.40)

DESIGN OF E-DOCUMENT SYSTEM WITH DIGITAL SIGNATURE USING USER CENTERED DESIGN METHOD

Irawan Afrianto¹⁾, Andri Heryandi²⁾, Alif Finadhita³⁾, Sufa Atin⁴⁾

Program Studi Teknik Informatika – FTIK – Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipati Ukur No. 112-116 Bandung 40132
Email : irawan.afrianto@email.unikom.ac.id

Abstract

UCD (User Centered Design) is a design philosophy that places the user at the center of a system development process. The UCD approach has been supported by various techniques, methods, tools, procedures and processes that help design interactive systems that are more user-centered. This study aims to apply UCD in the design of e-document systems with digital signatures to determine user requirements for system functionality and interfaces. To find out the extent of the application of the UCD, a measurement of the level of acceptance and support of prospective users is used by making a data collection instrument in the form of a questionnaire according to the usability testing framework by using a Likert scale to calculate the variables. The results of testing of potential users showed that 85% stated that the functionality and interface design of the e-document system with digital signatures and can be developed in the next stage.

Keywords : *UCD, System Design, Usability Test, E-Document System, Digital Signature*

1. Pendahuluan

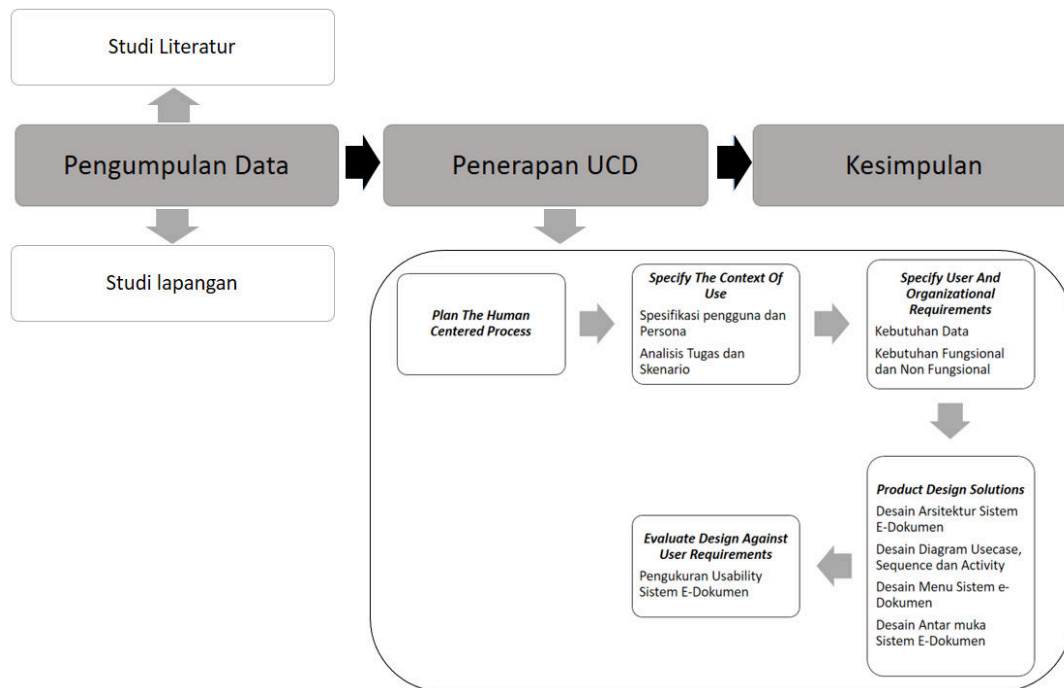
Dokumen elektronik (*e-document*) adalah bagian dari layanan publik yang digunakan untuk mengganti dokumen kertas karena memiliki karakteristik lebih fleksibel, pencarian yang lebih mudah, menghemat ruang, pengarsipan bersifat digital, mentransfer dokumen lebih mudah serta keamanan yang lebih baik dan mudah dalam restorasi data [1]. Guna menjaga meningkatkan keamanan data dalam suatu dokumen digital diperlukan suatu mekanisme untuk menjaganya [2]. Tanda tangan digital adalah solusi yang dapat dilampirkan pada dokumen digital untuk menjaga keaslian dokumen elektronik [3]. Tanda tangan digital dibuat dengan bantuan metode kriptografi, dengan tujuan seperti tanda tangan biasa yaitu untuk menempatkan otentikasi penulis pada dokumen [4][5]. Tiga hal dasar dalam proses tanda tangan digital adalah memeriksa otentikasi penanda tangan, otentikasi dokumen, dan verifikasi tanda tangan digital [6]. Kekuatan tanda tangan digital tergantung pada metode kriptografi yang digunakan dan panjang kunci [7]. Beberapa algoritma digunakan dalam pengembangan tanda tangan digital seperti elgamal, Schnorr[8], dan RSA[9].

UCD merupakan suatu pendekatan dalam pengembangan desain sistem yang berpusat kepada pengguna, mengintegrasikan informasi dengan cara yang sesuai dengan tujuan, tugas, dan kebutuhan pengguna untuk mencapai sistem yang lebih efektif [10][11]. UCD memberikan kemudahan dalam mekanisme interaksi dengan pengguna yang terlibat di lapangan dengan memanfaatkan pendapat pengguna serta pola perilaku pengguna [12]. Inti dari pendekatan UCD adalah menyediakan struktur untuk membantu pengembang dalam memastikan bahwa desain yang relevan telah dipertimbangkan dengan cara yang berorientasi pengguna serta menekankan pada profil calon penggunanya [13].

Tujuan penelitian ini adalah menerapkan metode UCD untuk pengembangan desain sistem e-dokumen berbasis tanda tangan digital dimana model dan desain yang dibangun diukur dengan menggunakan pendekatan uji usability dari sisi calon pengguna.

2. Metodologi Penelitian

Langkah penelitian yang dilakukan mencakup tiga tahapan penelitian yaitu : pengumpulan data, penerapan metode UCD [14] dan pengembangannya [15], serta penarikan kesimpulan dari penelitian. Adapun detail dari masing-masing bagian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Alur penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Adapun alur yang digunakan untuk mengembangkan desain sistem e-dokumen adalah mengikuti setiap tahapan metode UCD [14].

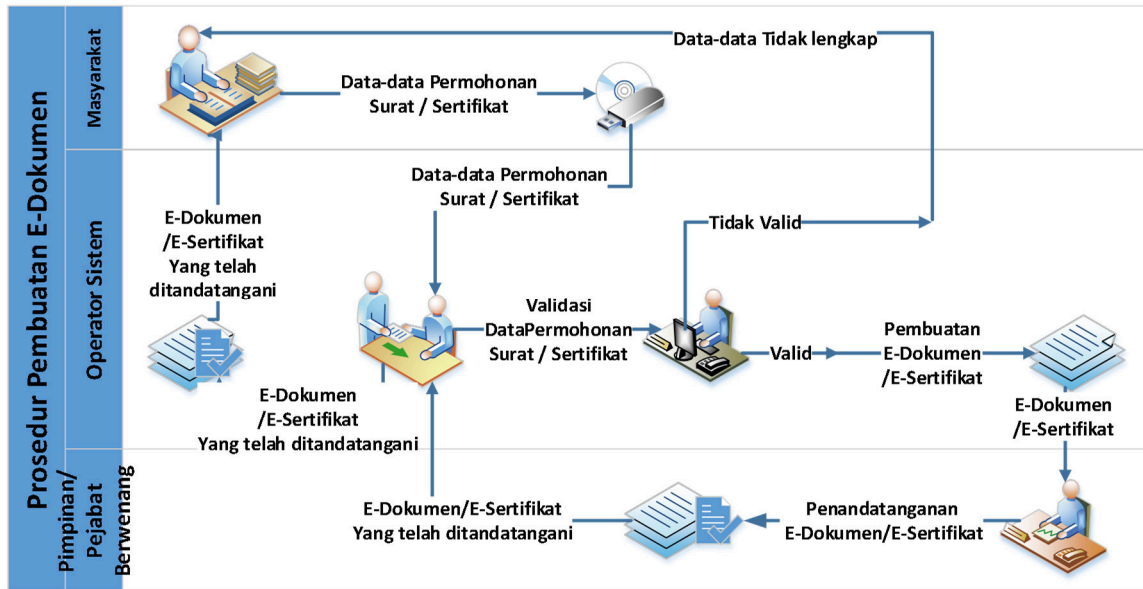
3.1 Perencanaan yang Berpusat pada Manusia (*Plan The Human Centered Process*)

Langkah pertama dari tahapan UCD adalah dengan menghimpun keinginan dari para calon pengguna sistem. Kegiatan ini dilakukan dengan cara diskusi kepada masyarakat, operator sistem dan pimpinan/pejabat yang berwenang terkait dengan pengembangan sistem e-dokumen serta menanamkan komitmen bahwa perancangan sistem e-dokumen menggunakan UCD dapat memenuhi kebutuhan pengguna.

3.2 Penentuan Konteks Penggunaan (*Specify The Context Of Use*)

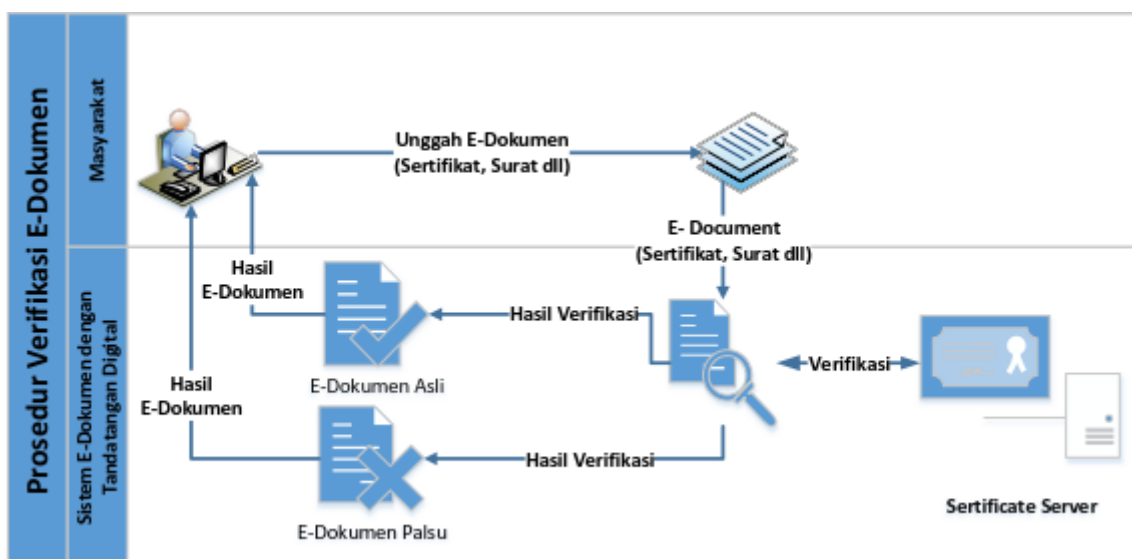
Sistem e-dokumen digunakan sebagai solusi untuk mengurangi jumlah dokumen kertas (berkas, surat maupun sertifikat) yang biasanya ditandatangani oleh pimpinan/pejabat berwenang. Otentikasi dari berkas dan sertifikat digital tersebut menggunakan tanda tangan digital yang dikembangkan oleh Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. Adapun alur proses bisnis yang dilakukan dalam proses sistem yang akan didesain mencakup prosedur permohonan surat / sertifikat yang akan ditandatangani, serta proses penandatanganan dokumen digital menggunakan tanda tangan digital.

Prosedur permohonan surat atau sertifikat atau surat berharga lainnya dimulai dari masyarakat maupun divis atau bagian dalam lingkup instansi, dimana pengguna harus mengunggah data-data yang diperlukan untuk membuat surat atau sertifikat digital tersebut. Gambar 2 menunjukkan prosedur permohonan dokumen digital (e-dokumen).



Gambar 2. Alur proses bisnis pembuatan e-dokumen

Sementara untuk memverifikasi keaslian dari dokumen digital tersebut, diperlukan prosedur verifikasi otentikasi dokumen elektronik tersebut kedalam sistem e-dokumen. Pengguna mengunggah dokumen digital yang akan diverifikasi keasliannya, kemudian sistem akan memverifikasi dan memvalidasi keaslian dari dokumen tersebut. Jika tidak terjadi perubahan isi dalam dokumen tersebut, maka dokumen dikatakan asli, sementara jika konten yang berubah dalam dokumen tersebut, maka dokumen dapat disebut palsu. Alur proses bisnis verifikasi dokumen digital dapat dilihat pada Gambar 3.






Gambar 3. Alur proses bisnis verifikasi e-dokumen

A. Pengelompokan Pengguna

Pengelompokan pengguna dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran fungsi serta peran pengguna saat menggunakan sistem e-dokumen. Adapun masing-masing peran dari pengguna, dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Calon Pengguna Sistem E-Dokumen

No	Pengguna	Peran dalam Sistem
1	 Masyarakat	<ul style="list-style-type: none"> Masyarakat/Divisi/Bagian instansi dapat mengajukan permohonan / memasukkan dokumen / sertifikat dan syarat-syaratnya kedalam sistem E-Dokumen untuk dibuatkan dokumen lektronik / sertifikat elektornik yang dibubuhi oleh tanda tanda tangan pimpinan / pejabat berwenang. Masyarakat/Divisi/Bagian instansi, dapat melakukan verifikasi dokumen digital yang telah ditandatangani secara digital untuk mengetahui keaslian dokumen tersebut.
2	 Operator Sistem	<ul style="list-style-type: none"> Operator bertugas memverifikasi pengajuan surat / sertifikat / dokumen digital yang akan ditandatangani. Melakukan validasi terhadap syarat-syarat pengajuan dokumen / sertifikat. Melakukan persetujuan jika format surat dan syarat-syarat pengajuan telah lengkap
3	 Pimpinan/ Pejabat Berwenang	<ul style="list-style-type: none"> Melihat dokumen-dokumen yang akan ditandatangani. Memandatangani dokumen-dokumen digital.

B. Deskripsi Persona Pengguna

Adapun langkah selanjutnya adalah dengan mendeskripsikan persona masing-masing pengguna untuk menggambarkan mengenai kebutuhan apa yang dibutuhkan dalam pekerjaannya [16]. Persona dari masing-masing calon pengguna sistem e-dokumen adalah sebagai berikut :

1. Masyarakat : Memiliki kebutuhan untuk mendapatkan dokumen yang legal secara cepat, pengurusan yang lebih efisien dan mudah digunakan. Masyarakat juga memiliki kebutuhan untuk dapat melakukan verifikasi keaslian dokumen tersebut secara cepat dan akurat. Sementara Bagian/Divisi dalam instansi membutuhkan surat-surat / dokumen-dokumen yang dapat ditandatangani dengan cepat saat dibutuhkan sementara terkadang terkendala pimpinan yang tidak berada ditempat untuk menandatangani dokumen tersebut. Dari hasil diskusi yang dilakukan, masyarakat dan bagian/divisi telah memiliki kemampuan untuk menggunakan dan mengoperasikan komputer serta internet dan sistem yang berjalan diatas teknologi web.
2. Operator sistem : memiliki kebutuhan untuk dapat mengelola dokumen-dokumen tersebut menjadi lebih efisien, mudah dalam pencarian, mudah dalam pengolahan

datanya, serta mudah dalam melihat dokumen-dokumen pendukung syarat pengajuan dokumen atau sertifikat yang dibutuhkan. Operator sistem telah memiliki kemampuan menggunakan komputer, manajemen data dan pengolahan data berbasis web.

3. Pimpinan/Pejabat Berwenang : memiliki kebutuhan untuk memandangi dokumen-dokumen tersebut secara cepat, efektif, tanpa terbatas oleh kendala waktu dan tempat. Pimpinan memiliki kemampuan akses dan menggunakan komputer, serta mampu menggunakan aplikasi berbasis web.

Hasil deskripsi persona tersebut, menunjukkan gambaran tentang kebutuhan pengguna yaitu keinginan akan adanya suatu sistem e-dokumen berbasis tanda tangan digital yang mampu memberikan kemudahan dan kelancaran dalam melaksanakan tugas dan kebutuhannya.

C. Skenario Tugas (*Task Scenario*) Persona Pengguna

Setiap persona yang diperoleh, digunakan untuk membangun skenario tugas yang berbeda guna menguji tingkat keberhasilan pengguna [17]. Tabel 2, 3, 4 mewakili semua tugas yang harus dilakukan oleh pengguna. Tingkat keberhasilan dalam melakukan semua tugas ini kemudian diukur untuk mengetahui evaluasi kegunaan sistem e-dokumen.

Tabel 2. Skenario Tugas Untuk Persona Masyarakat / Bagian / Divisi

No	Skenario Tugas
1.	Mengajukan permohonan dokumen/Sertifikat (masyarakat)
2.	Mengunggah dokumen-dokumen pendukung (masyarakat)
3.	Login ke dalam sistem (masyarakat / bagian / divisi)
4.	Memantau progres pengajuan dokumen (masyarakat / bagian / divisi)
5.	Mengunduh dokumen yang telah selesai (masyarakat / bagian / divisi)
6.	Mengunggah dokumen / surat (bagian / divisi)
7.	Memvalidasi E-dokumen yang bertandatangan (masyarakat / bagian / divisi)

Tabel 3. Skenario Tugas Untuk Persona Operator Sistem

No	Skenario Tugas
1.	Login ke dalam sistem
2.	Melakukan persetujuan / penolakan dokumen
3.	Memantau progres pengajuan dokumen
4.	Mengolah data masyarakat, divisi/ bagian dan pimpinan/pejabat berwenang

Tabel 4. Skenario Tugas Untuk Persona Pimpinan / Pejabat Berwenang

No	Skenario Tugas
1.	Login ke dalam sistem
2.	Menandatangani dokumen secara digital
3.	Memantau progres pengajuan dokumen

3.3 Penentuan Kebutuhan Organisasi dan Pengguna (*Specify User And Organizational Requirements*)

Kegiatan yang dilakukan pada tahapan ini adalah melakukan identifikasi terhadap kebutuhan data dan informasi yang diperlukan oleh pengguna dan sistem e-dokumen, serta pendefinisian kebutuhan-kebutuhan fungsional dan non fungsional yang diperlukan dalam perancangan sistem. Adapun kebutuhan data dan informasi yang diperlukan pengguna dalam

sistem e-dokumen mencakup data surat / sertifikat, data-data pendukung persyaratan permohonan, data pengguna umum (masyarakat, divisi / bagian), data Operator, data Pimpinan / Pejabat Berwenang, data progres pengurusan dokumen / surat / sertifikat serta data tandatangan digital.

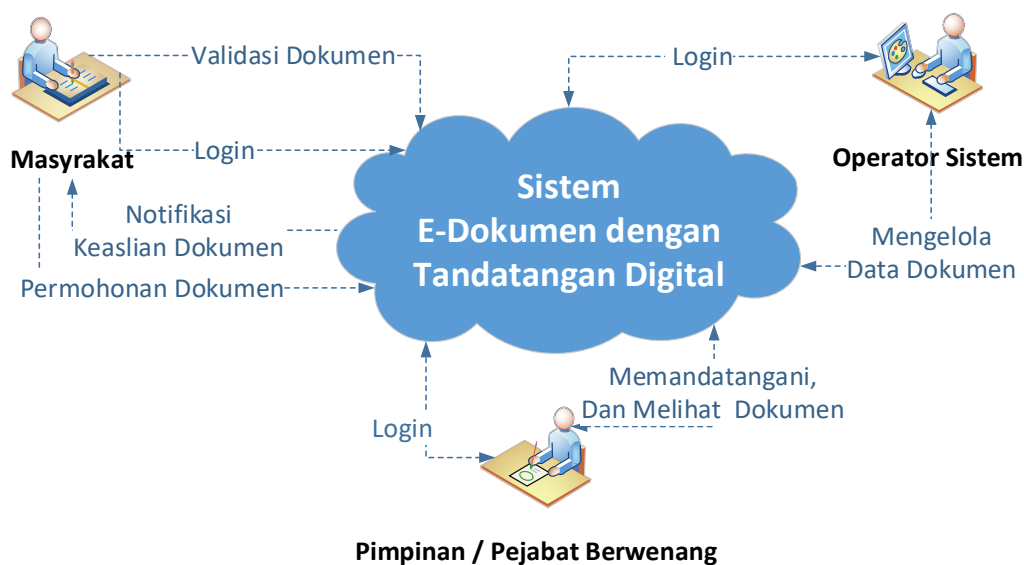
Sementara untuk kebutuhan non fungsional dan fungsional dalam sistem e-dokumen yang dirancang dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan Non Fungsional dan Fungsional Sistem E-Dokumen

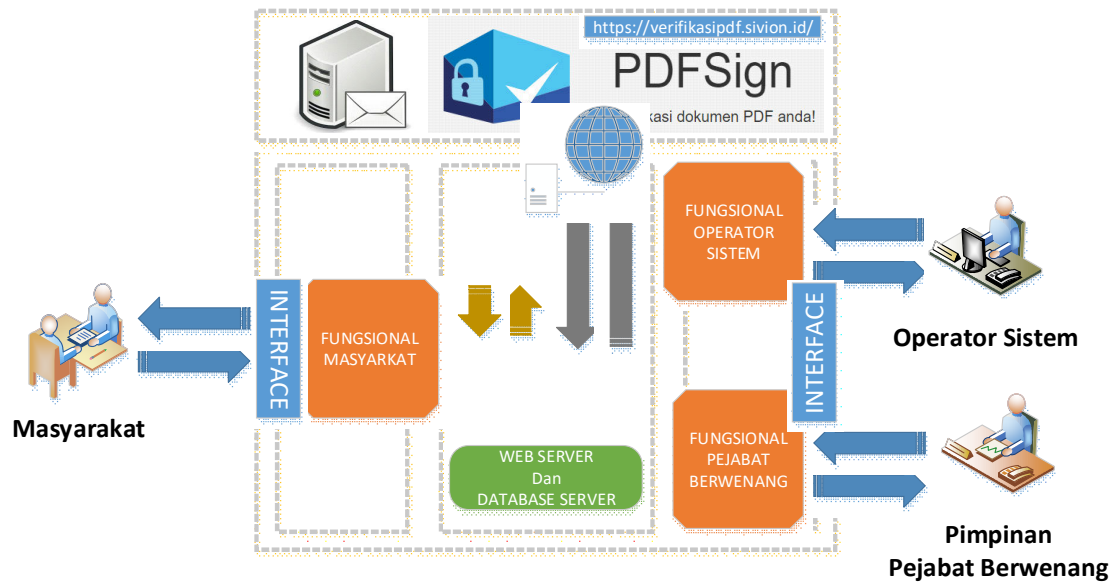
Kebutuhan Non Fungsional Sistem	Kebutuhan Fungsional Sistem
Sistem diharapkan dapat bekerja secara efektif dan efisien	Berbasis <i>web –online</i> dan dapat diakses secara luas melalui jaringan internet
Sistem memiliki kemampuan integrasi data, mampu mencegah data redundan, akurat dan konsisten serta akses yang terbatas hanya untuk pengguna.	Mampu menampilkan dan menyimpan data serta informasi pada sistem e-dokumen
Sistem memiliki kemampuan otentifikasi pengguna dan akses terhadap sistem untuk menjaga keamanan dan privasi data.	Sistem memiliki beberapa level akses pengguna
Mengurangi beban kerja pegawai	Sistem harus memiliki fitur unggah dan unduh dokumen, serta pencarian data.
Data yang ditampilkan mudah dibaca/terstruktur serta antarmuka sistem harus user friendly.	Sistem harus memiliki kemampuan membubuhkan tandatangan digital serta mampu memvalidasi dokumen dengan tanda tangan digital

3.4 Menghasilkan Desain Solusi (*Produce Design Solutions*)

Model sistem dikembangkan untuk menunjukkan fungsi dan dari entitas-entitas yang saling terkait guna menghasilkan kinerja sistem yang baik. Model sistem e-dokumen yang dikembangkan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Model sistem e-dokumen dengan tandatangan digital



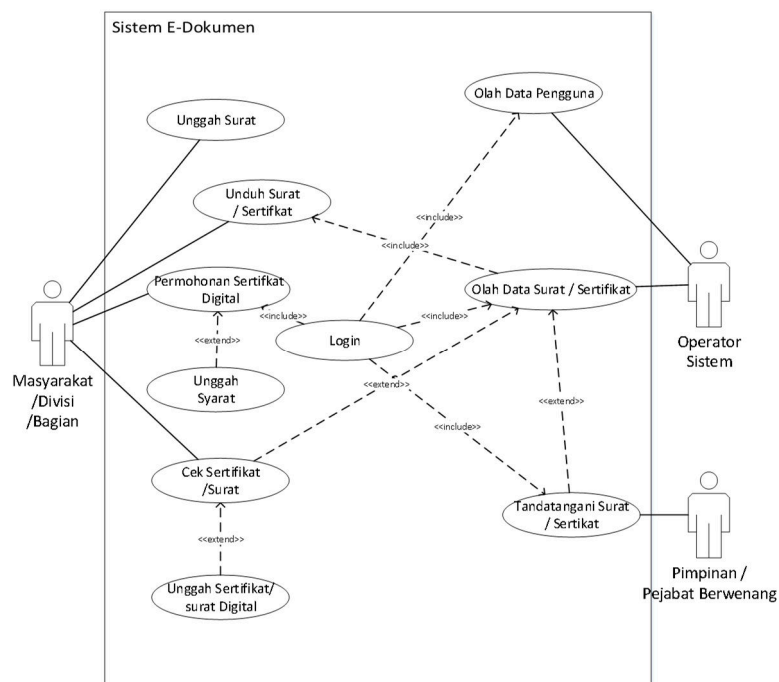
Gambar 5. Arsitektur sistem e-dokumen dengan tandatangan digital

Dalam arsitektur model sistem e-documen, antarmuka sistem disediakan untuk memfasilitasi kebutuhan dan fungsi setiap pengguna. Teknologi seperti server web, server basis data, web service dan API digunakan untuk menjalankan sistem secara online, dan terhubung ke internet sebagai bagian dari layanan publik yang akan dikembangkan.

Guna Salah satu alat yang dapat digunakan untuk memodelkan persyaratan fungsional perangkat lunak adalah dengan menggunakan UML (*Unified Modeling Language*). Pemodelan dilakukan dengan menggunakan diagram *use case* dan diagram *activity*.

A. Diagram Use Case

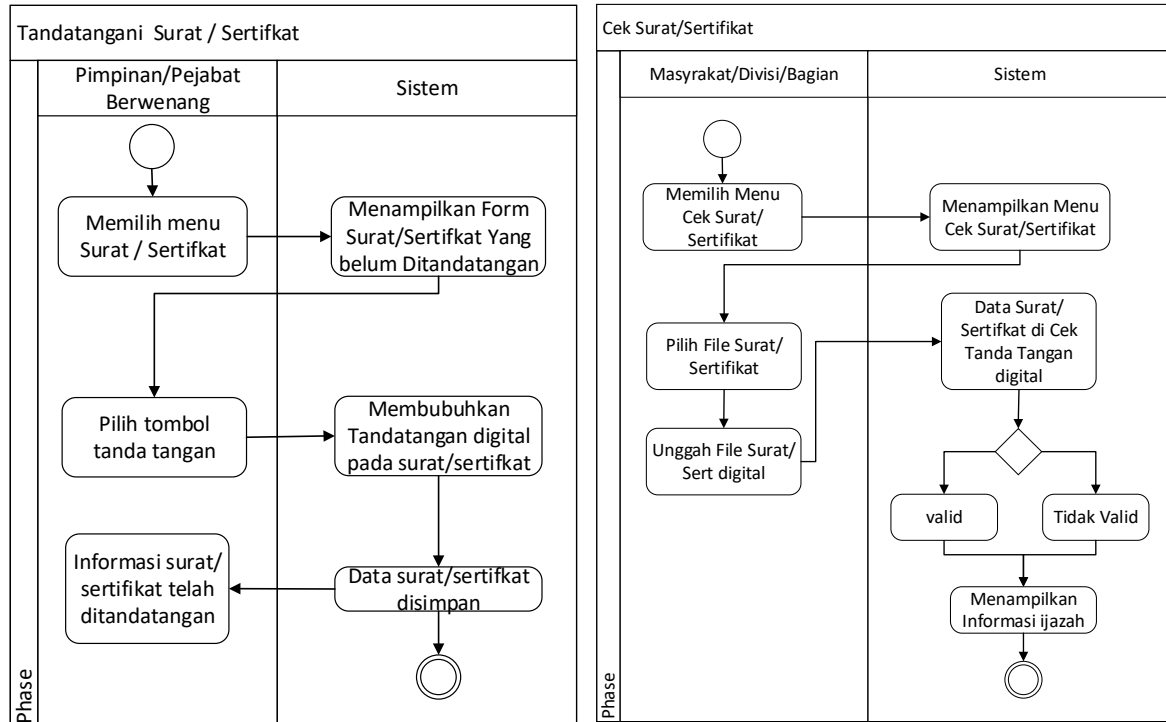
Diagram *use case* adalah konstruksi yang digunakan untuk menggambarkan hubungan - hubungan yang terjadi antara aktor dengan aktivitas yang terdapat dalam sistem.



Gambar 6. Diagram use case e-dokumen

B. Diagram Activity

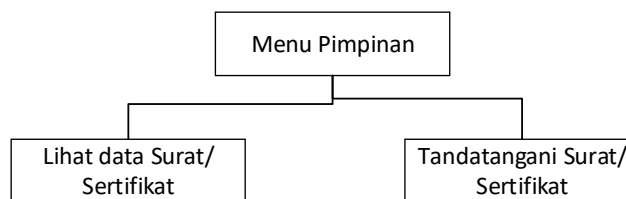
Diagram *activity* memberikan gambaran ilustrasi alur dari setiap fungsi yang ada pada sistem yang menngacu pada setiap use case yang terdapat pada digram *use case*.



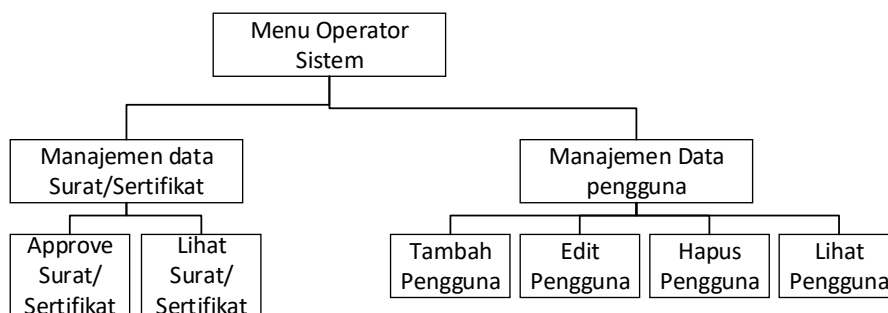
Gambar 7. Diagram activity pada e-dokumen

C. Desain Menu

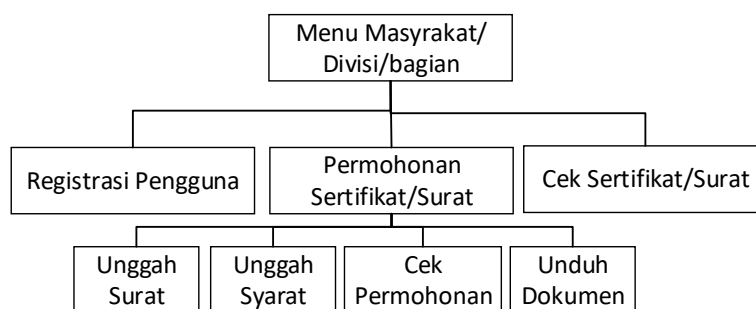
Menu digunakan sebagai navigasi pengguna sesuai dengan hak aksesnya. Adapun menu yang terdapat dalam desain sistem e-dokumen terdiri dari menu pimpinan/pejabat berwenang (Gambar 8), menu operator sistem (Gambar 9) dan menu masyarakat/divisi/bagian (Gambar 10).



Gambar 8. Desain menu pimpinan pada sistem e-dokumen



Gambar 9. Desain menu operator sistem pada sistem e-dokumen



Gambar 10. Desain menu masyarakat/divisi/bagian pada sistem e-dokumen

D. Desain Antar Muka Sistem

Perancangan antar muka sistem, merupakan gambaran awal dari desain fungsional yang disesuaikan dengan hak akses masing-masing pengguna.

The screenshot shows the 'Antar Muka Pimpinan' (Pimpinan Dashboard) for the 'E-DOKUMEN Tanda Tangan Digital' system. The interface includes a sidebar with 'Profil Pimpinan' (Pimpinan Profile) and 'Link Eksternal' (External Links). The main content area features a search bar with 'Pencarian' and 'Kategori Pencarian' fields, a 'Cari' button, and a table of 'Data Surat/Sertifikat' with checkboxes for each entry. A 'TANDATANGAN' button is located at the bottom right of the table.

Gambar 11. Desain antar muka pimpinan pada sistem e-dokumen

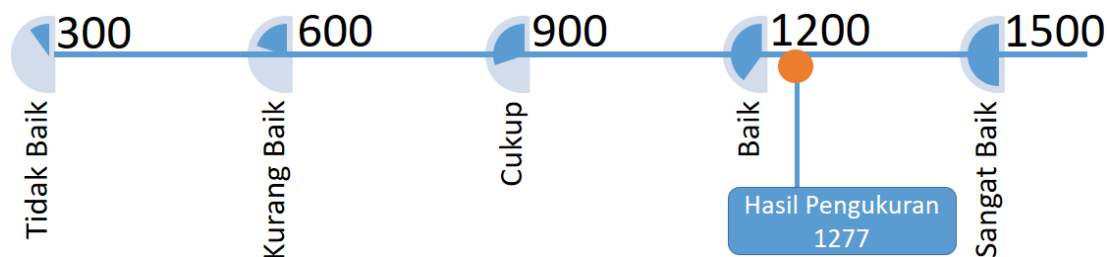
3.5 Evaluasi Desain dengan Kebutuhan pengguna (*Evaluate Design Against User Requirements*)

Evaluasi dilakukan untuk menentukan tingkat penerimaan dan dukungan dari pengguna potensial sistem yang sedang dikembangkan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan skala Linkert kepada 30 calon pengguna sistem dengan pernyataan yang diusulkan yang mencakup kegunaan dalam sistem yang dibangun, yaitu aspek aksesibilitas, aspek navigasi, dan aspek konten [18]. Evaluasi dilakukan dengan memberikan sepuluh pernyataan dengan lima pilihan jawaban untuk setiap pernyataan dalam bentuk skala Likert 1 sampai 5, di mana poin 1 berarti Sangat Tidak Setuju ke poin 5 yang berarti Sangat Setuju. Tabel 6 menunjukkan instrumen pernyataan untuk mengukur *usability* sistem e-dokumen kepada pengguna.

Tabel 6. Pernyataan Usability Pengguna pada Sistem E-dokumen [17]

No	Pernyataan
1.	Saya berpikir akan menggunakan sistem ini lagi
2.	Saya merasa sistem ini rumit untuk digunakan
3.	Saya merasa sistem ini mudah untuk digunakan
4.	Saya membutuhkan bantuan dari orang lain atau teknisi dalam menggunakan sistem
5.	Saya merasa fitur-fitur sistem ini berjalan dengan semestinya
6.	Saya merasa ada banyak hal yang tidak konsisten (tidak serasi) pada sistem ini
7.	Saya merasa orang lain akan memahami cara menggunakan sistem ini dengan cepat
8.	Saya merasa sistem ini membingungkan
9.	Saya merasa tidak ada hambatan dalam menggunakan sistem ini
10.	Saya perlu membiasakan diri terlebih dahulu sebelum menggunakan sistem ini

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan peringkat preferensi kepuasan pengguna untuk 3 aspek aplikasi, yaitu: aksesibilitas, navigasi, dan aspek konten. Total skor jika pengguna puas harus (semua item mendapat skor 5) adalah $5 \text{ (skor)} \times 10 \text{ (jumlah pernyataan)} \times 30 \text{ (jumlah peserta)} = 1500$. Total skor dari keseluruhan pengumpulan data = 1277 Dengan demikian hasil dari matriks preferensi adalah $1277 : 1500 = 0,851333 \times 100\% = 85\%$. Jika kisaran antara 300-1500, hasil evaluasi berada pada interval yang mengarah ke Sangat Baik seperti yang ditunjukkan oleh gambar 12.



Gambar 12. Hasil pengujian usability perancangan sistem e-dokumen

4. Kesimpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa UCD dapat digunakan untuk menghasilkan desain fungsional dan antarmuka dari sistem e-dokumen. Dari setiap tahap metode desain yang berpusat pada pengguna yang dilakukan, dapat dihasilkan desain produk yang memenuhi persyaratan pengguna sesuai dengan hasil wawancara dan kuesioner. Fungsi dan antarmuka sistem e-dokumen telah memenuhi aspek kegunaan (aksesibilitas, navigasi, dan konten). Hal ini disimpulkan dari hasil evaluasi desain fungsional dan antarmuka melalui kuesioner menggunakan skala linkert yang menunjukkan bahwa desain yang dibangun memiliki nilai 1277 dengan preferensi sebesar 85% berada pada interval baik menuju sangat baik, hal ini menunjukan bahwa desain fungsional dan antarmuka sistem e-dokumen dapat diterima dan dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didanai oleh hibah dari Kementerian Riset dan Pendidikan Tinggi (KEMENRISTEKDIKTI) Republik Indonesia - Direktorat Jenderal Penguatan Penelitian dan Pengembangan, dengan Surat Keputusan Nomor 7/E/KPT/2019 dan Perjanjian/Kontrak Nomor 047/SP/LPPM/UNIKOM/III/2019 pada skema Riset Terapan untuk tahun 2019.

Daftar Pustaka

- [1] Rifauddin, M.(2016). Pengelolaan arsip elektronik berbasis teknologi. Khizanah al-Hikmah: *Jurnal Ilmu Perpustakaan, Informasi, dan Kearsipan*, 4(2), pp.168-178.
- [2] Afrianto, I., Suryana, T., & Sufa'atin, S. (2015). Pengukuran dan Evaluasi Keamanan Informasi Menggunakan Indeks KAMI - SNI ISO/IEC 27001:2009. *Ultima InfoSys : Jurnal Ilmu Sistem Informasi*, 6(1), 43-49.
- [3] Finandhita A., & Afrianto I. (2018). Development of E-Diploma System Model with Digital Signature Authentication. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 407, no. 1, p. 012109. IOP Publishing
- [4] Chyan P. (2018). Penerapan Sistem Kriptografi Enkripsi Jamak dan Tanda Tangan Digital Dalam Mendukung Keamanan Informasi. *TEMATIKA, Journal of Informatics and Information Systems*, 6(1), pp.39-46
- [5] Azdy R.A. (2016). Tanda tangan Digital Menggunakan Algoritme Keccak dan RSA. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 5(3), pp.184-191
- [6] Pooja , Mamta Y. (2018). Digital Signature. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology (IJSRCSEIT)*. Volume 3 Issue 6, pp. 71-75
- [7] Mezher A.E. (2018). Enhanced RSA Cryptosystem based on Multiplicity of Public and Private Keys. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 8(5), p.3949
- [8] Handley, M. (2018). Schnorr's Digital Signature and its Applications. *Review of Computational Science and Engineering*, 4(1), p.47
- [9] Zahhafi L., Khadir, O. (2018). A digital signature scheme based simultaneously on the DSA and RSA protocols. *Gulf Journal of Mathematics*, 6(4), pp.37-43.
- [10] Afrianto, I., Atin, S., Heryandi, A. & Warlina, L. (2018). The Online Journal Aggregator System Design Using User Centered Design (UCD) Approach. *Lontar Komputer: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, pp.158-168.
- [11] Endsley M R.(2016) *Designing for situation awareness: An approach to user-centered design* . CRC press.
- [12] Saputri, I.S.Y., Fadhlil, M. & Surya, I. (2017). Penerapan Metode UCD (User Centered Design) Pada E-Commerce Putri Intan Shop Berbasis Web. *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, 3(2), pp.269-278.
- [13] Moquillaza, A., Molina, E., Noguera, E., Enríquez, L., Muñoz, A., Paz, F & Collazos, C. (2017). Developing an ATM interface using user-centered design techniques. In *International Conference of Design, User Experience, and Usability* p 690-701 Springer, Cham.
- [14] Albani, L. & Lombardi, G. (2010). *User Centred Design for EASYREACH*.
- [15] Setyoningrum, A., Santosa, P.I. & Setiawan, N.A. (2017). Analisis Kebutuhan Sistem Informasi Arsip Bangunan Berbasis User Centered Design (UCD). In *Seminar Nasional Geotik 2017*. ISSN:2580-8796, pp.157-167.
- [16] Pichot, N., & Bonnardel, N. (2018). Enhancing Collaborative Creativity: Towards a New User-Centered Design Method, the Dynamic Persona Method In *Congress of the International Ergonomics Association* (pp. 580-591). Springer, Cham.
- [17] Valerian, A., Santoso, H.B., Schrepp, M. & Guarddin, G., (2018). Usability Evaluation and Development of a University Staff Website. In *2018 Third International Conference on Informatics and Computing (ICIC)* (pp. 1-6). IEEE.
- [18] Yudhanira, E., Haryono, A.N., & Widhiyanti, K. (2014). Penerapan UCD dengan Pendekatan Uji Usability pada Perancangan Visualisasi 3-Dimensi Anatomi Tulang Manusia." In *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, vol. 1, no. 1.: B-17-B-21.

APPLICATION OF WEB-BASED PLANT DISEASE DIAGNOSIS (CASE STUDY: FARMERS IN PAGARALAM CITY)

Siti Aminah

Program Studi Teknik Informatika Sekolah Tinggi Teknologi Pagar Alam
Jl. Masik Siagim No. 75 Simpang Mbacang Kel.Karang Dalo Kec. Dempo Tengah
Email : jurnalaminah@gmail.com

Abstract

The purpose of this research is an expert system to diagnose diseases on web-based rice plants that can make it easy for farmers to get knowledge about rice diseases and how to handle them. Pagar Alam is a mountainous area, the majority of which are farmers. Data obtained from the Department of Agriculture of the City of Pagaralam stated that there were several types of rice planted in the Pagar Alam area, including Situbagendit, IR 64, Padi TS, Inpara 1-8, but most Cierang rice species were planted in the Pagar Alam area. It is not impossible for farmers to experience a yield setback, even to the point of crop failure due to lack of knowledge about the diseases that attack their rice plants. The system development method used is Rapid Application Development (RAD). Therefore, the researchers made an application of a Web-Based Expert System for Rice Disease Diagnosis to Improve the Welfare of Farmers in Pagar Alam City. With the application of an expert system, it can provide information on plant disease pests and can diagnose the symptoms of plant diseases, especially rice plants, as well as provide a solution to overcome them, which can later be used to reduce or reduce the risk of crop damage. The results of the study are in the form of an expert system for diagnosing diseases in web-based rice plants.

Keywords: System, Expert, Diagnosis, Website.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan Negara Agraris yang memiliki potensi yang baik dibidang pertanian. Sebagian besar penduduk Indonesia bekerja sebagai petani. Namun saat ini area persawahan sudah jarang sekali kita temui terutama di daerah perkotaan. Banyak lahan persawahan yang sudah menjadi pabrik-pabrik ataupun perumahan. Berkurangnya area sawah membuat hasil produksi menjadi menurun, belum lagi dengan banyaknya penyakit yang ada pada tanaman dipersawahan[1].

Khususnya pada Kota Pagar Alam terletak didaerah pegunungan, dimana mayoritas masyarakatnya pekerjaan sebagai petani. Data yang didapatkan dari Dinas Pertanian Kota Pagaralam disebutkan bahwa ada beberapa jenis padi yang ditanam didaerah Pagar Alam, diantaranya jenis padi Situbagendit, IR 64, Padi TS, Inpara 1-8, namun kebanyakan jenis padi *Ciherang* yang ditanam di daerah pagaralam. Bukan mustahil bagi petani mengalami kemunduran hasil panen, bahkan sampai gagal panen karena kurangnya pengetahuan tentang penyakit yang menyerang tanaman padi mereka. Oleh karena itu dibutuhkan media yang dapat membantu penyebaran informasi yang efektif untuk membantu pakar dari kasus tersebut.

Jika petani memiliki pengetahuan lebih mengenai serangan penyakit, maka serangan tersebut ini akan langsung dapat diatasi. Sebaliknya jika petani kurang memiliki pengetahuan mengenai serangan penyakit, maka petani tersebut cenderung membutuhkan bantuan orang yang lebih ahli untuk mengatasi masalah ini. Pada kenyataannya, saat ini banyak petani Indonesia yang membutuhkan bantuan para ahli untuk mengatasi masalah pertanian

mereka, tetapi jumlah ahli dan penyebarannya terbatas menyebabkan permasalahan ini belum dapat diatasi dengan maksimal [1].

Namun seorang ahli pertanian atau pakar memiliki keterbatasan waktu untuk melayani masyarakat, disamping itu jumlah ahli pertanian atau pakar tidak sebanding dengan jumlah petani yang ada sekarang. Kantor Dinas Pertanian Kota Pagaralam belum menggunakan sistem pakar untuk membantu efektifitas dan efisiensi penyebaran informasi seputar penyakit padi guna membantu pekerjaan. Untuk alasan tersebut, maka peneliti menyimpulkan bahwa perlu dibangun sebuah aplikasi sistem pakar untuk mendiagnosa penyakit pada tanaman padi untuk membantu para pakar. Berdasarkan uraian diatas maka peneliti tertarik mengambil judul Penelitian “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Padi Berbasis *Web* untuk meningkatkan kesejahteraan Masyarakat Petani Kota Pagar Alam”

2. Metodologi Penelitian

2.1 Metodologi Pengembangan *Rapid Application Development (RAD)*

Metode pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Rapid Application Development (RAD)*, Menurut Kendall (2010) dalam penelitian Desi [2]. RAD adalah suatu pendekatan berorientasi objek terhadap pengembangan sistem yang mencakup suatu metode pengembangan serta perangkat lunak. Terdapat tiga fase dalam RAD yaitu *requirements planning*, *RAD design workshop*, dan *implementation*. Tahapan RAD terdiri dari tiga fase, yaitu :

1. *Requirements Planning* (Perencanaan Persyaratan), yaitu:

- Tujuan adalah mengidentifikasi kebutuhan, batasan dan objektifitas dari sistem yang akan dibangun, dengan cara mengumpulkan data dari *stakeholder*.
- Aktivitas yang dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung dan mengumpulkan data dari buku-buku dan dari jurnal-jurnal yang menunjang dan relevan.
- Hasil yang didapatkan berupa prosedur pengambilan data penelitian dan spesifikasi kebutuhan sistem

2. *RAD Design Workshop*, yaitu:

- Tujuannya adalah merancang semua kegiatan dalam arsitektur sistem secara keseluruhan dengan melibatkan identifikasi dan deskripsi abstraksi sistem perangkat lunak yang mendasar dan hubungan-hubungannya.
- Aktivitas yang dilakukan dengan melakukan identifikasi pelaku, analisis proses dan kinerja sistem, mengidentifikasi struktur objek dan relasinya, pemodelan interaksi obyek dan behavior, dan mendesain Antarmuka.
- Hasil yang didapatkan berupa Pemodelan *Software*, Rancangan Basis Data dan Desain Antarmuka.

3. *Implementation* (Penerapan), yaitu:

- Tujuannya adalah mengimplementasikan metode, program sesuai dengan kebutuhan sistem.
- Aktivitas yang dilakukan: menentukan implementasi Basis Data, Pemrograman, antarmuka, dan Pengujian.
- Hasil yang didapatkan berupa *website*

2.2. Sistem Pakar

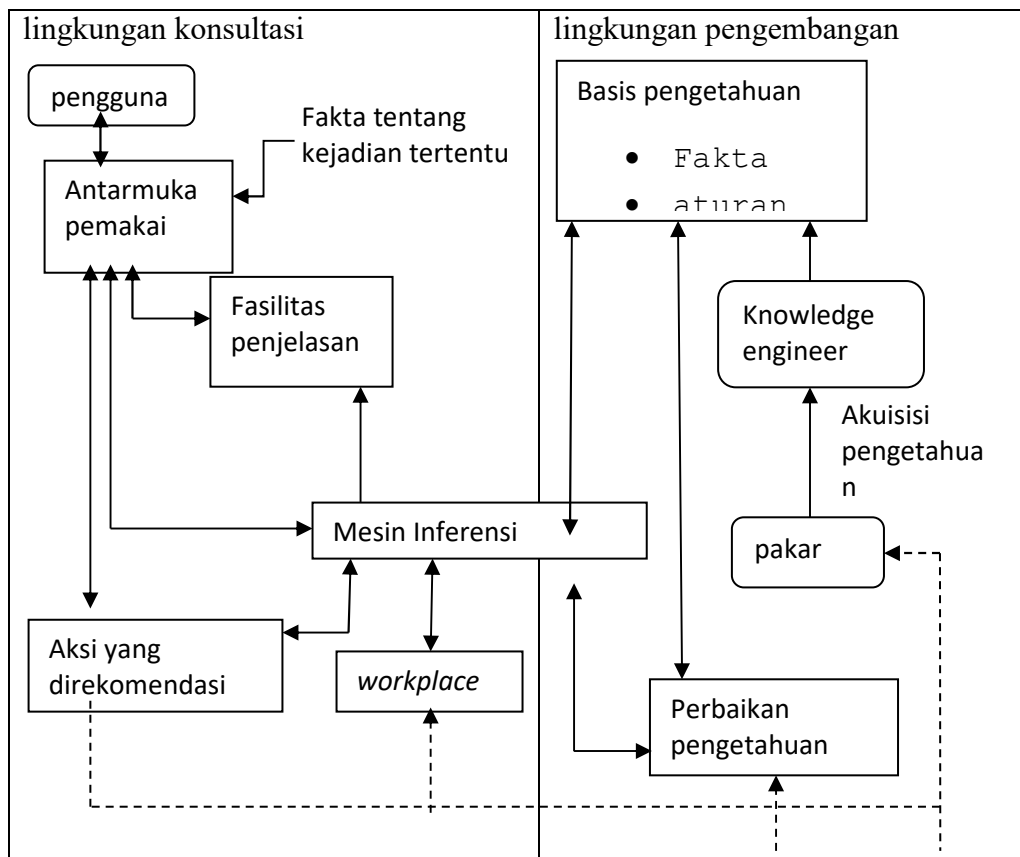
Pakar adalah seseorang yang mempunyai pengetahuan, pengalaman, dan metode khusus, serta mampu menerapkannya untuk memecahkan masalah atau memberi nasehat [3]. Sistem Pakar berasal dari istilah *knowledge-based expert system*, yaitu sistem yang menggunakan pengetahuan manusia yang terekam dalam komputer yang digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang biasanya membutuhkan keahlian manusia [4].

Ciri-Ciri Sistem Pakar sebagai berikut :

1. Pengetahuan sistem pakar merupakan suatu konsep, bukan berbentuk numeris. Hal ini dikarenakan komputer melakukan proses pengolahan data secara numerik sedangkan keahlian dari seorang pakar adalah fakta dan aturan-aturan, bukan numerik.
2. Informasi dalam sistem pakar tidak selalu lengkap, subyektif, tidak konsisten, subyek terus berubah dan tergantung pada kondisi lingkungan sehingga keputusan yang diambil bersifat tidak pasti dan tidak mutlak “ya” atau “tidak” akan tetapi menurut ukuran kebenaran tertentu. Oleh karena itu dibutuhkan kemampuan sistem untuk belajar secara mandiri dalam menyelesaikan masalah-masalah dengan pertimbangan khusus.
3. Kemungkinan solusi Sistem Pakar terhadap suatu permasalahan adalah bervariasi dan mempunyai banyak pilihan jawaban yang dapat diterima, semua faktor yang ditelusuri memiliki ruang masalah yang luas dan tidak pasti. Oleh karena itu diperlukan sistem yang fleksibel dalam menangani kemungkinan solusi dari berbagai permasalahan.
4. Perubahan atau pengembangan pengetahuan dalam Sistem Pakar dapat terjadi setiap saat bahkan sepanjang waktu sehingga diperlukan kemudahan dalam modifikasi sistem untuk menampung jumlah pengetahuan yang semakin besar dan semakin bervariasi.
5. Pandangan dan pendapat setiap pakar tidaklah selalu sama, yang oleh karena itu tidak ada jaminan bahwa solusi Sistem Pakar merupakan jawaban yang pasti benar. Setiap pakar akan memberikan pertimbangan-pertimbangan berdasarkan faktor subyektif.
6. Keputusan merupakan bagian terpenting dari Sistem Pakar. Sistem Pakar harus memberikan solusi yang akurat berdasarkan masukan pengetahuan meskipun solusinya sulit sehingga fasilitas informasi sistem harus selalu diperlukan.

2.2 Arsitektur Sistem Pakar

Muhammad Arhami (2005) mengatakan bahwa Sistem pakar disusun oleh dua bagian utama, yaitu lingkungan pengembangan (*development environment*) dan lingkungan konsultasi (*consultation environment*). Lingkungan pengembangan sistem pakar digunakan untuk memasukkan pengetahuan pakar kedalam lingkungan sistem pakar, sedangkan lingkungan konsultasi digunakan oleh pengguna yang bukan pakar guna memperoleh pengetahuan pakar. Komponen-komponen sistem pakar dalam kedua bagian tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



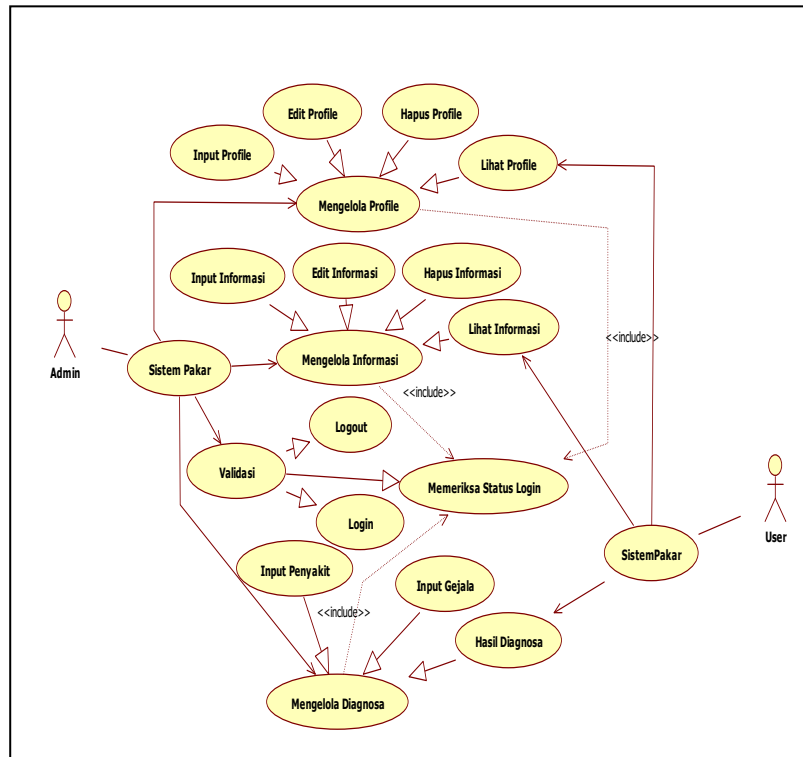
Gambar 1. Arsitektur Sistem Pakar

Pada bagan di atas dapat kita lihat secara jelas seluruh komponen yang menyusun sistem pakar yaitu *user interface* (antar muka pengguna), basis pengetahuan, akuisisi pengetahuan, mesin inferensi, *workplace*, fasilitas penjelasan dan perbaikan pengetahuan.

2.3. Use Case Diagram

Use case Diagram menggambarkan fungsionalitas yang diharapkan dari sebuah sistem. Yang ditekankan adalah “ apa “ yang diperbuat sistem dan bukan “ bagaimana “, sebuah *Use case* mempresentasikan sebuah interaksi antara aktor dengan sistem [5]. Pada sistem pakar ini terdapat tiga aktor yang berperan diantaranya, *admin*, *user* dan pakar. Proses *use case* dibagi menjadi beberapa bagian yaitu, sebagai berikut :

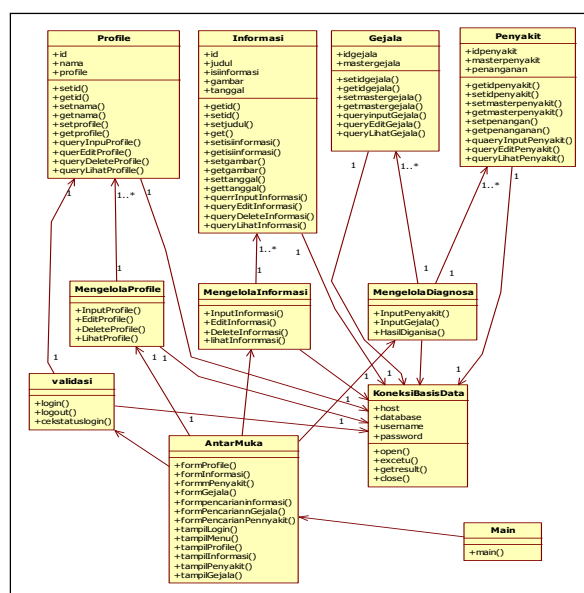
- Kegiatan aktor sebagai *admin* adalah melakukan *log in* untuk bisa mengakses sistem pakar ini, dan untuk mengatur sistem pakar ini *admin* akan dihadapkan pada beberapa menu diantaranya menginputkan data informasi, mengolah data master gejala, melakukan *setting rule* dan *test rule* , data mengolah data registrasi dan mengatur tampilan *web* sesuai dengan kebutuhan.
- Kegiatan aktor sebagai *user* pada sistem pakar ini adalah membuka *website* sistem pakar ini, setelah membuka *website* ini *user* bisa melihat beberapa menu diantaranya menu informasi, menu informasi penyakit, dan menu daftar guna untuk mendapatkan *username* dan *password*, kemudian *log in* dengan menggunakan *username* dan *password* yang telah didapat dari proses pendaftaran tersebut. Setelah melakukan proses diagnosa *user* akan mendapatkan hasil dari proses diagnosa berikut saran atau langkah-langkah yang harus dilakukan selanjutnya.



Gambar 2. Use Case Diagram

2.4. Class Diagram

Class diagram digunakan untuk menampilkan kelas-kelas dan paket-paket di dalam system. Class diagram memberikan gambaran system secara statis dan relasi antar mereka. Biasanya, dibuat beberapa class diagram untuk system tunggal. Beberapa diagram akan menampilkan subset dari kelas-kelas dan relasinya [5]. Dapat dibuat beberapa diagram sesuai dengan yang diinginkan untuk mendapatkan gambaran lengkap terhadap system yang dibangun. Berikut gambar Class Diagram yang digunakan.

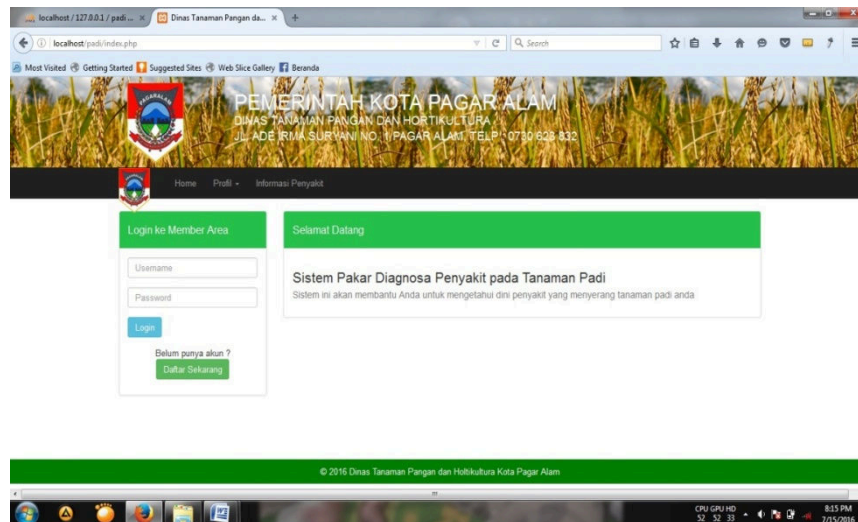


Gambar 3. Class Diagram

3. Hasil dan Pembahasan

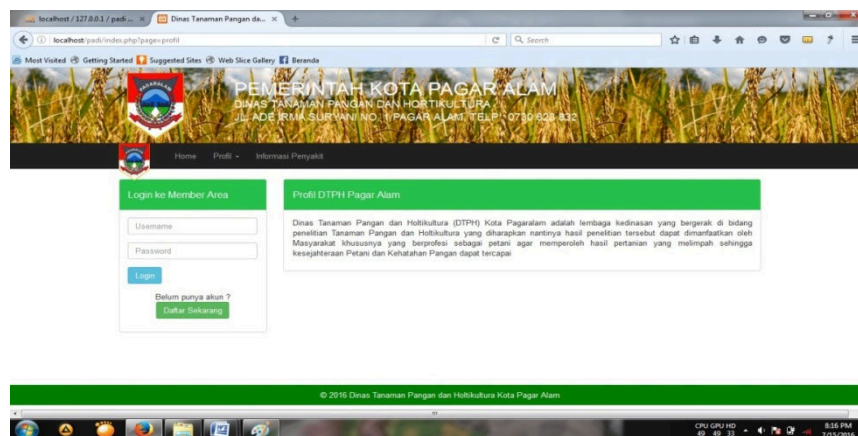
Pada menu *home* sistem pakar ini memiliki beberapa menu diantaranya menu *home*, menu profil menu informasi penyakit, menu daftar untuk menginputkan data petani, dan menu *log in*. untuk lebih detail lagi akan dibahas dengan gambar dibawah ini:

Halaman ini akan muncul ketika sistem pakar ini berhasil diakses, pada halaman ini ada beberapa menu pilihan diantaranya, menu *home*, menu profil, menu informasi penyakit, menu *log in*, dan menu daftar. Berikut gambar tampilannya.



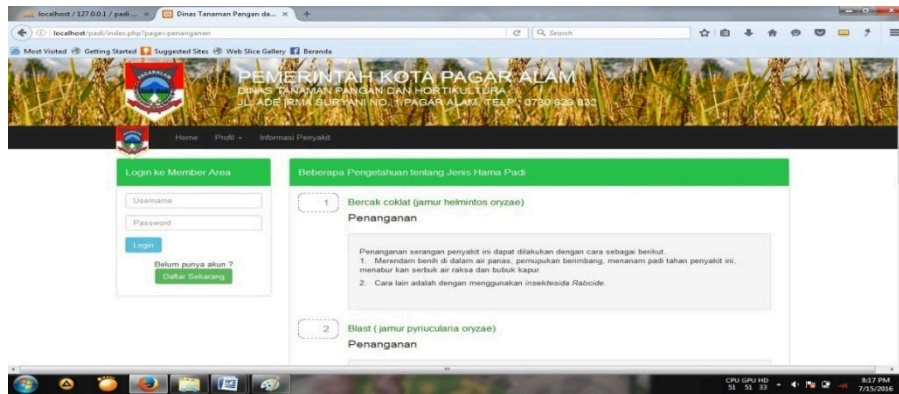
Gambar 4. Halaman Utama

Halaman ini berisi profil umum dari Kantor Dinas Tanaman Pangan Dan Holtikultura Pagaralam. Berikut gambar tampilannya.



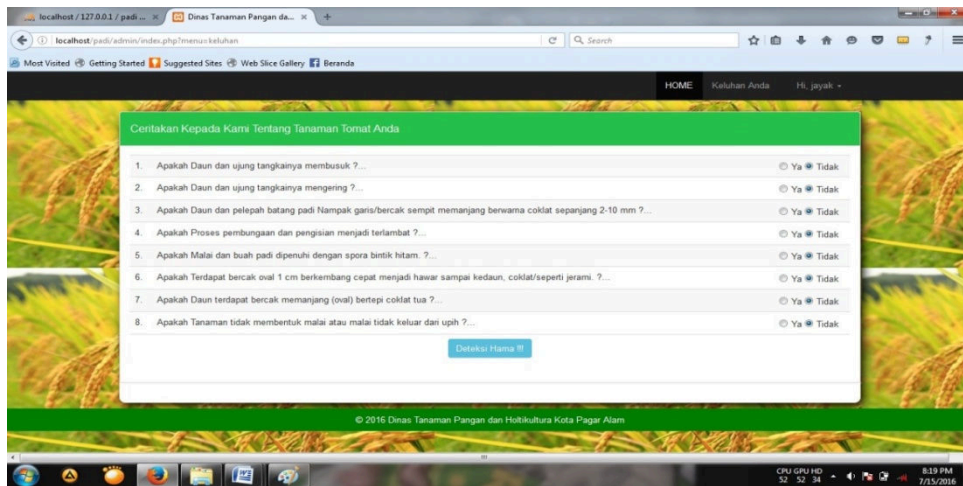
Gambar 5. Halaman Profil

Halaman ini berisi informasi penyakit yang menyerang tanaman padi. Berikut gambar tampilannya.



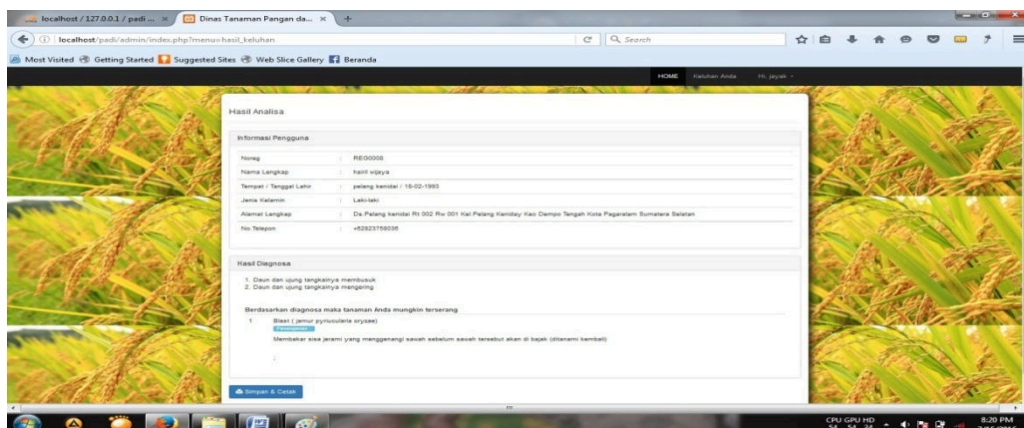
Gambar 6. Halaman Informasi Penyakit

Halaman ini berfungsi bagi petani untuk melakukan proses pendiagnosaan penyakit yang menyerang tanaman padi mereka. Berikut gambar tampilannya.



Gambar 7. Halaman Keluhan

Halaman ini adalah hasil dari proses pendiagnosaan yang dilakukan oleh petani, berikut gambar tampilannya.



Gambar 8 Hasil Diagnosa

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah menghasilkan Sebuah Sistem pakar yang dapat memberikan informasi dan diagnosa awal untuk penyakit tanaman padi dan ditampilkan berbasis *WEB* dengan bahasa pemrograman *PHP*

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini merupakan hibah penelitian dosen pemula (PDP) yang dibiayai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2019. Kami banyak mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Kota Pagar Alam dan Masyarakat Pagar Alam atas kesediaan menjadi responden. Serta terima kasih juga kami sampaikan kepada petugas lapangan dan petugas survey

Daftar Pustaka

- [1] Muslim, B. (2016). *Pengantar Teknologi Informasi Teknik informatika*. Yogyakarta: deepublish.
- [2] Puspita, D. (2018). Sistem Informasi Manajemen Kewirausahaan Pedesaan Berbasis Web Multimedia. *JUSIM*, 03(02), 77-84.
- [3] T.sutojo. (2011) .*Certainty Factor*. Andi,Yoyakarta,
- [4] T. Sutojo. (2011). *Kecerdasan Buatan*, Yogyakarta. Penerbit Graha Ilmu
- [5] Shalahuddin, R. A. (2013). *Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur Dan Berorientasi Objek*. Bandung: Informatika.

SPEECH RECOGNITION FOR CLEFT LIP AND PALATE VOICE AND STANDARD VOICE FOR CONSONANT WORDS /B/

Akhmad Anggoro^{*}, Samiadji Herdjunto, Risanuri Hidayat

Departemen Teknologi Informasi dan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Jl. Grafika No. 2 , Kampus UGM, Sinduadi, Mlati, Senolowo, Sinduadi, Kec. Mlati,
Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta

Email : ^{*}Akhmad.anggoro@mail.ugm.ac.id

Abstract

Advances in technology make speech recognition improve. But does speech recognition recognize the sounds of cleft lip and palate? this research uses the voice of cleft lip and palate to normal voice. With the letter / b / which is the letter for lip articulation. Words used include Clothes, Ash and Moist. The extraction method uses Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC), the classification uses K-Nearest Neighbor (KNN) with K-Fold Cross-Validation as a test. The results show the accuracy above 70%. 75% in the word "Baju". 75% in the word "Abu". 83% in the word "Lembab".

Keywords : Cleft Lip Palate. MFCC, KNN, K-Fold Cross Validation..

1. Pendahuluan

Pengenalan otomatis telah banyak berkembang. Saat ini pengenalan mampu mengenali puluhan ribu kata dan algoritma dapat menguraikan dengan cepat sehingga dapat melakukan pengenalan ucapan secara terus-menerus. [1].

Persyaratan dasar dalam pengenalan ucapan adalah mengekstraksi serangkaian fitur untuk masing-masing ucapan. Pengaplikasian metode ekstraksi pada pengolahan ucapan untuk beberapa suku kata dan fonem telah dilakukan. Seperti menggunakan metode wavelet Daubechies [1], [2]. Namun tidak banyak penelitian mengenai fonem terhadap ucapan Bahasa Indonesia. Terutama ucapan penderita bibir sumbing dan langit-langit atau dikenal dengan *cleft lip and palate* (CLP)

Pengenalan ucapan tentu tidak lepas dari suara. Suara merupakan alat komunikasi penting pada manusia. Namun tidak semua manusia memiliki suara normal. Dalam kasus ini penderita bibir sumbing dan langit-langit (CLP) penderita CLP merupakan penderita yang lahir dengan kelainan bentuk bibir atas, langit-langit maupun gabungan keduanya. Yang menyebabkan suara terganggu, sehingga komunikasi pun terganggu. Penderita CLP umumnya mengalami gangguan pada artikulasi wicara. Dimana terjadi perubahan suara hingga sulit dimengerti (sengau). Penelitian pengenalan pola suara penderita CLP masih minim di Indonesia [3]. Oleh sebab itu pada penelitian ini akan menguji pengenalan ucapan penderita CLP dan Normal pada masalah artikulasi wicara untuk konsonan /b/ kata yang akan diuji antara lain baju, abu, dan lembab. Menggunakan metode ekstraksi MFCC dengan klasifikasi KNN serta validasi silang K-Fold

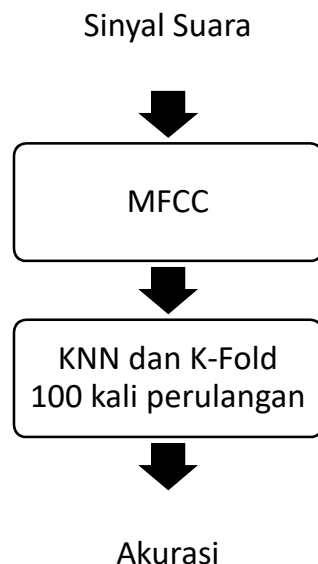
2. Metode Penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Perekaman suara dilakukan terhadap 20 orang pembicara. Masing-masing 10 orang CLP dan 10 orang normal. Suara yang direkam berupa kalimat dari suara konsonan /b/ dalam Bahasa Indonesia, yaitu kalimat baju, abu dan lembab. Alat perekaman berupa mikrofon yang terintegrasi dengan *microphone*. Perangkat lunak perekaman adalah Audacity. Proses perekaman dilakukan dengan frekuensi sampling 8.000 Hz, mono, PCM 64 bit. Standar pengucapan suku kata mengikuti standar pengucapan pada International Phonetic Association (IPA) (International Phonetic Association n.d.). Perekaman dilakukan di dalam ruangan untuk dapat mengurangi pengaruh derau latar. Proses selanjutnya menggunakan matlab 2016.

2.2 Alur penelitian

Alur penelitian ini adalah memproses suara yang telah direkam. Kemudian suara diekstraksi menggunakan fitur MFCC. Lalu hasil ekstraksi dipasangkan berdasarkan CLP dan normal. Kemudian diklasifikasi menggunakan KNN dan validasi silang K-Fold menggunakan nilai 2 hingga 10 dengan perulangan 100 kali. [4]



Gambar. 1. Alur Penelitian

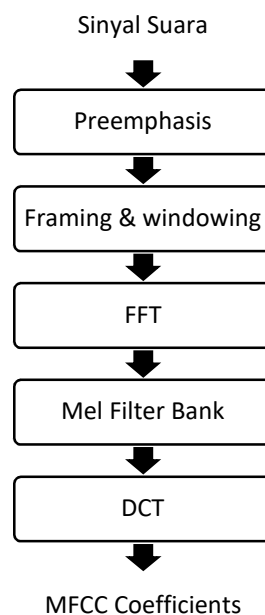
2.3 Bibir Sumbing

Bibir sumbing dan langit-langit adalah cacat bawaan sejak lahir. Kelainan ini terjadi akibat gangguan dalam proses penyatuan bibir atas pada masa embrio awal. Tidak jarang ada yang mengalami keduanya. Penderita bibir sumbing akan mengalami gangguan pada suara (sengau) yang mengakibatkan pengenalan ucapan bermasalah. Angka kejadian CLP di Indonesia mencapai 2 dari setiap 1.000 kelahiran bayi [5] Pembeda makna pada suara atau bunyi disebut fonem. Seperti dengan mudah dapat kita buktikan dengan pasangan paku dan selam yang merupakan fonem /p/ dan /s/.

Perbedaan antara vokal dan konsonan hanya terletak pada ada tidaknya halangan ketika bunyi-bunyi itu diucapkan. Bunyi bahasa yang dihasilkan dengan getaran pita suara tanpa adanya penyempitan dalam saluran suara di atas glotis disebut dengan vokal. Contohnya: a, i, u, e, o. Konsonan adalah bunyi bahasa yang dihasilkan dengan menghambat saluran udara. Contohnya: b, c, d, f, dst. [6].

2.4 Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC)

Metode ekstraksi fitur yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *Mel Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC). Yang sudah banyak digunakan dalam pengenalan ucapan pada penelitian sebelumnya. [7]–[11] mulai dari pengenalan pola hingga pengenalan ucapan. Berikut adalah urutan dasar metode MFCC.

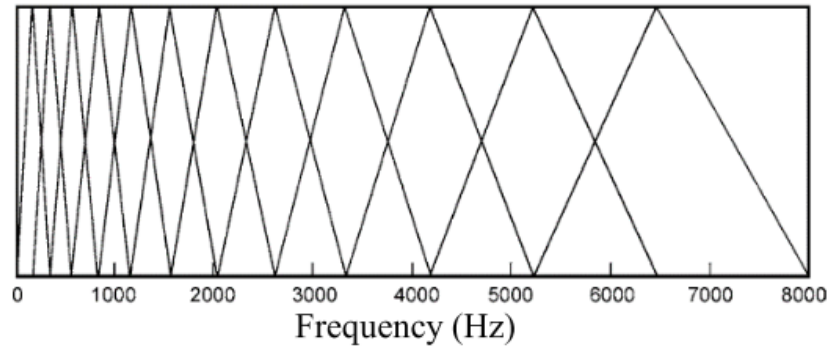


Gambar. 2. Blok Diagram ekstraksi fitur MFCC

- *Preemphasis*: *Preemphasis* digunakan untuk mengkompensasi bagian frekuensi tinggi dari sinyal bicara yang ditekan selama mekanisme produksi suara manusia [8].
- *Framing dan windowing*: Dalam proses framing, sinyal dibagi menjadi bagian yang lebih pendek. Panjang sinyal yang terbagi sekitar 20–40 ms. Sinyal yang dibagi 10 ms tumpang tindih dengan sinyal sebelumnya dan berikutnya [9]. *Windowing* digunakan untuk menghindari diskontinuitas antar sinyal. Jenis jendela yang paling banyak digunakan adalah *window hamming* [8].
- *FFT*: Dalam transformasi *Fourier*, ada algoritma yang memiliki perhitungan yang sangat cepat untuk melakukan transformasi *Fourier* dalam domain diskrit, biasanya disebut FFT (*Fast Fourier Transform*). FFT adalah algoritma dengan perhitungan cepat dari *Discrete Fourier Transform* (DFT) [10].
- *Mel Filter bank Processing*. Proses perhitungan nilai *Mel* dalam satuan Frekuensi. Filterbank adalah filter bandpass yang saling melalui (overlaps) yang berbasis skala *Mel* dengan frekuensi dibawah 1 kHz. Rumus skala *Mel* adalah sebagai berikut.

$$mel = 2595 \log_{10} \left(1 + \frac{f}{700} \right) \quad 1)$$

- Dengan mel adalah output sedangkan f adalah input. Dengan angka 2595 dan 700 adalah standard pengolahan mel.



Gambar. 3. Frekuensi

- DCT (*Discrete Cosine Transform*) adalah proses terakhir dari MFCC dimana akan menghasilkan coefficients. Jumlah data atau fitur yang dihasilkan berkisar 13 fitur. Dengan dimensi data mencapai 26 fitur dimensi data

2.5 K-Nearest Neighbor (KNN).

Metode klasifikasi secara umum banyak yang telah digunakan dalam penelitian antara lain Melalui Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Learning Vector Quantization (LVQ) [12], *Hidden markov models*[13][14] dan KNN [4], [15], [16].

Salah satu algoritma klasifikasi statistik yang digunakan untuk mengklasifikasikan objek berdasarkan contoh pelatihan terdekat adalah KNN hanya memerlukan beberapa parameter untuk menyempurnakan akurasi klasifikasi tinggi, yaitu K dan metrik jarak. Biasanya, K adalah angka ganjil sehingga dapat menghindari suara terikat [17]. Metode jarak yang digunakan dalam penelitian ini adalah jarak euclidean. Persamaan berikut [18] adalah bentuk matematika dari jarak *Euclidean*

$$d_{st} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{sj} - y_{tj})^2} \quad 2)$$

2.6 Validasi Silang K-Fold

Untuk data set rendah menggunakan validasi silang k-fold. Teknik ini menjadikan data dibagi menjadi beberapa K dataset. Data set digunakan sebagai data pengujian dan data pelatihan. Jika data 1 sebagai pengujian, maka data ke-2, ke-3 dan seterusnya akan menjadi pelatihan. Proses diulang sebanyak K kali dengan akurasi yang juga dibagi dengan nilai K. Total data dalam penelitian ini adalah 60 dengan pembagian 3 kata. Penelitian ini menggunakan KNN 2 hingga 10 dan K-Fold 2 hingga 10. Dengan 100 kali perulangan setiap pengujiannya.

2.7 Perhitungan Tingkat Pengenalan.

Evaluasi hasil penelitian terhadap tingkat akurasi pengenalan sistem akan menggunakan ROC Untuk setiap data yang diuji, akan dilihat apakah data tersebut mengklasifikasi dengan benar atau tidak. [9]

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \quad 3)$$

Ket :

True Positive (TP)

True Negative (TN)

False Positive (FP)

False Negative (FN)

3. Hasil Dan Diskusi

Model Model yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 60 sinyal suara dengan CLP dan normal. Data terbagi menjadi 4 bagian. Data yang terdiri 3 kata (Baju, Abu, Lembab) yang masing-masing 10 CLP dan 10 normal. Lalu data terakhir adalah total semua data yang berjumlah 60 data. Validasi Silang K-Fold diterapkan pada model yang diusulkan dengan jumlah K = 2 sampai 10. Demikian juga untuk Nilai K dari KNN yang diusulkan. Tujuannya adalah menemukan kombinasi KNN dan Validasi silang mana yang memiliki akurasi tertinggi. Untuk ekstrasi menggunakan 27 filter MFCC dengan 13 koefisien yang dijadikan sebagai fitur. [7]

Tabel 1 tabel spesifikasi data

no	data record	baju, abu, lembab
1	Jumlah sampel	20 orang
2	Pengulangan Perekaman	1
3	Tempo perekaman	Sesuai IPA
4	Frequency Sampling	8.000 Hz
5	Estimasi durasi	1 detik
6	Lingkungan Perekaman	Tertutup
7	Format Penyimpanan Data	*.wav

Tabel 2. Hasil uji coba dengan hasil maksimal

Maks Result			
Baju	Knn	2	75%
	K-Fold	7	
Abu	Knn	2	75%
	K-Fold	7	
Lembab	Knn	3	89%
	K-Fold	8	
B Semua	Knn	8	73%
	K-Fold	10	

Tabel menunjukkan nilai akurasi maksimal adalah 89% dengan akurasi terendah untuk semua data kata adalah 73%. Nilai KNN dan K-Fold juga berbanding terbalik. Pada hasil maksimal nilai KNN berada pada Nilai 2 dan 3 Namun K-Fold pada nilai tertinggi 7 – 10.

Tabel 3. Hasil uji coba dengan hasil minimal

Min Result			
Baju	Knn	9	42%
	K-Fold	2	
Abu	Knn	10	41%
	K-Fold	2	
Lembab	Knn	10	39%
	K-Fold	2	
B Semua	Knn	2	58%
	K-Fold	9	

Tabel menunjukkan nilai akurasi minimal adalah 39% dengan akurasi terendah untuk semua data kata adalah 58%. Nilai KNN dan K-Fold juga berbanding terbalik. Pada hasil minimal nilai KNN berada pada Nilai 10 dan 9. Namun K-Fold pada nilai terendah, yaitu 2.

Metode MFCC dengan Klasifikasi KNN dan diuji dengan validasi silang K-Fold menunjukkan akurasi diatas 70%. 75% pada kata Baju, 75% pada kata Abu, 83% pada kata Lembab dan 73% pada total data. Hasil ini terbilang memuaskan. Dengan presentase minimal akurasi 39% apda kata lembab.

Hasil yang lain adalah hubungan KNN dan validasi silang K-Fold dalam klasifikasi fitur MFCC. KNN yang berbanding kebalik. Nilai KNN kecil dengan K-Fold besar menunjukkan hasil akurasi maksimal. Sedangkan nilai KNN Besar dengan K-Fold Kecil justru menunjukkan nilai akurasi kecil

4. Kesimpulan

Metode ekstraksi MFCC dengan Klasifikasi KNN menggunakan validasi silang K-Fold dapat mengidentifikasi suara CLP terhadap suara normal pada huruf B yang merupakan huruf artikulasi bibir atas. Tingkat akurasi diatas 80% dengan terendah pada 41%.

Hasil penelitian membuktikan metode MFCC dengan klasifikasi menggunakan KNN menggunakan validasi silang K-Fold dapat mengklasifikasi suara CLP dan suara normal terhadap huruf bibir /b/ pada kata Baju, Abu, dan Lembab. Penelitian ini membuktikan Ekstraksi fitur MFCC dapat mengenali suara penderita CLP dengan akurasi yang baik dan tinggi.

5. Saran

- Penelitian berikutnya dapat mencoba pada ekstraksi fitur yang berbeda seperti *Wavelet* dan *Linear Predictif Coding*
- Penelitian berikutnya dapat mencoba klasifikasi yang masih satu keluarga seperti *Linear Regresi* dan *Centroid*.
- Diharapkan pada penelitian berikutnya sudah dapat menghasilkan produk yang bisa dipakai oleh orang banyak.

6. Ucapan Terimakasih

Dalam pembuatan paper ini banyak pihak yang membantu penulis sehingga dapat menyelesaikan paper ini, untuk itu Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

- Dosen Pembimbing bapak Samiadji Herdjunto dan bapak Risanuri Hidayat.
- Teman dan guru Siti Agrippina Alodia Yusuf
- Terapis wicara dan semua teman yang sudah membantu penelitian ini
- Para partisipan baik bibir sumbing dan normal.

Daftar Pustaka

- [1] Farooq, O., & Datta, S. (2003). Phoneme recognition using wavelet based features. *Information Sciences*, 150(1-2), 5-15.
- [2] Hidayat, R., & Ikawijaya, W. (2015, November). Wavelet based feature extraction for the vowel sound. In 2015 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI) (pp. 1-4). IEEE.
- [3] Sardjono, Terapi Wicara. jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2005.
- [4] Winursito, A., Hidayat, R., & Bejo, A. (2018, March). Improvement of MFCC feature extraction accuracy using PCA in Indonesian speech recognition. In 2018 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT) (pp. 379-383). IEEE.
- [5] Supandi, A. (2014). Angka Kejadian Sumbing Bibir Di Rsup Prof. Dr. Rd Kandou Manado Periode 2011-2013. *e-CliniC*, 2(2).
- [6] Yeni, F. (2008). Interpretasi Lafal Fonem Penderita Bibir Sumbing.
- [7] Hidayat, S., Hidayat, R., & Adji, T. B. (2015). Sistem pengenalan tutur bahasa indonesia berbasis suku kata menggunakan mfcc, wavelet dan hmm. In *Conference on Information Technology and Electrical Engineering (CITEE)* (pp. 246-251).
- [8] A. Setiawan, A. Hidayatno, R. R. Isnanto, J. T. Elektro, F. Teknik, and U. Diponegoro, "Aplikasi Pengenalan Ucapan dengan Ekstraksi Mel-Frequency Cepstrum Coefficients

- (MFCC) Melalui Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Learning Vector Quantization (LVQ) untuk Mengoperasikan Kursor Komputer,” vol. 13, no. 3, pp. 82–86, 2011.
- [9] Susanti, E., & Al Sasongko, S. M. (2017). Klasifikasi Suara Berdasarkan Usia Menggunakan Mel Frequency Cepstral Coefficient (Mfcc) Dan K-Nearest Neighbour (K-NN). *DIELEKTRIKA*, 4(2), 120-126.
- [10] Orozco-Arroyave, J. R., Vargas-Bonilla, J. F., Vásquez-Correa, J. C., Castellanos-Domínguez, C. G., & Nöth, E. (2016). Automatic detection of hypernasal speech of children with cleft lip and palate from spanish vowels and words using classical measures and nonlinear analysis. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (80), 109-123.
- [11] Nieto, R. G., Marín-Hurtado, J. I., Capacho-Valbuena, L. M., Suarez, A. A., & Bolaños, E. A. B. (2014, September). Pattern recognition of hypernasality in voice of patients with Cleft and Lip Palate. In 2014 XIX Symposium on Image, Signal Processing and Artificial Vision (pp. 1-5). IEEE.
- [12] Setiawan, A., Hidayatno, A., & Isnanto, R. R. (2012). Aplikasi Pengenalan Ucapan dengan Ekstraksi Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) Melalui Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Learning Vector Quantization (LVQ) untuk Mengoperasikan Kursor Komputer (Doctoral dissertation, Diponegoro University).
- [13] B. Darmawan and S. Ariessaputra, “Sistem Pengenalan Dan Verifikasi Pembicara HMM,” *Semnastikom 2016*, pp. 1–6, 2016
- [14] Kusumawati, R. (2016). Metode Linear Predictive Coding (LPC) Pada klasifikasi Hidden Markov Model (HMM) Untuk Kata Arabic pada penutur Indonesia. *MATICS*, 8(1), 32-35.
- [15] Satrya, R., Hidayat, I. B., & Budiman, G. (2010). Sistem Identifikasi Suara Pria dan Suara Wanita Berdasarkan Usia Menggunakan Mel Frequency Cepstral Coefficient dan K-Mens Clustering.
- [16] He, L., Zhang, J., Liu, Q., Yin, H., Lech, M., & Huang, Y. (2015). Automatic evaluation of hypernasality based on a cleft palate speech database. *Journal of medical systems*, 39(5), 61.
- [17] Saini, I., Singh, D., & Khosla, A. (2013). QRS detection using K-Nearest Neighbor algorithm (KNN) and evaluation on standard ECG databases. *Journal of advanced research*, 4(4), 331-344.
- [18] Diker, A., Cömert, Z., Avci, E., & Velappan, S. (2018, May). Intelligent system based on Genetic Algorithm and support vector machine for detection of myocardial infarction from ECG signals. In 2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU) (pp. 1-4). IEEE.

ANALYSIS AND DESIGN INFORMATION SYSTEM OF RECAPITULATION JAM MINUS P5M

Eko Abdul Goffar¹⁾, Radix Rascalía²⁾, Rida Indah Fariani³⁾

Program Studi Sistem Informasi, Politeknik Manufaktur Astra

Komplek Astra International Tbk, Gedung – B,

Jl. Gaya Motor Raya No. 8, Sunter, Jakarta 14330

Email : eko.abdulgoffar@polman.astra.ac.id

Abstract

Pertemuan 5 Menit (P5M) is a routine activity that is always carried out by instructor in Politeknik Manufaktur Astra (Polman Astra) to students in each Unit Pelaksana Teknis (UPT) before or after lectures begin. Students who do not follow or violate the rules at the time of P5M will get a penalty in the form of minus hours. Minus hours are penalties given to students. Data minus hours of P5M are recorded using a form that is recapitulated one by one for every week and inputted into academic information system Polman Astra. The input time for minus P5M clock data is 565 minutes. Therefore we need an information system that can help overcome or automate it. In this research an analysis and design will be carried out using the System Development Life Cycle (SDLC) stages with extreme programming methodology which will reduce the recapitulation time from 565 to 280 minutes.

Keywords: P5M, recapitulation, system, automation, SDLC.

1. Pendahuluan

P5M merupakan kegiatan rutin yang dilakukan oleh instruktur Polman Astra di setiap UPT sebelum atau sesudah perkuliahan. Instruktur yang melakukan P5M adalah instruktur yang diberikan tanggung jawab menjadi koordinator tingkat. Kondisi saat ini, koordinator tingkat wajib mencatat absensi kehadiran dan pemeriksaan atribut mahasiswa dan dicatat dalam form secara manual. Jika terdapat mahasiswa yang melanggar, maka mahasiswa tersebut akan mendapatkan hukuman dalam bentuk jam minus. Jam minus adalah hukuman yang diberikan kepada mahasiswa oleh *Personal In Charge* (PIC) jam minus jika mahasiswa terkait melakukan pelanggaran yang tercantum dalam peraturan umum buku pedoman mahasiswa [1].

Koordinator tingkat setiap minggunya wajib melakukan rekapitulasi jam minus P5M. Rekapitulasi tersebut dilakukan dengan memeriksa jam minus satu per satu mahasiswa dan dicatat secara manual sehingga membutuhkan waktu yang sangat lama. Setelah itu koordinator tingkat akan memberikan data jam minus P5M kepada PIC jam minus dan kemudian akan diinputkan ke sistem informasi akademik. Adapun tahapan rekapitulasi jam minus P5M dalam kondisi saat ini adalah sebagai berikut:

a. Ambil data

Tahap ambil data adalah proses pengambilan data pada saat P5M yaitu proses absensi kehadiran dan pemeriksaan kelengkapan atribut yang kemudian akan dicatat ke dalam form P5M.

b. Rekap data P5M

Tahap ini adalah proses rekapitulasi yang dilakukan koordinator tingkat dan diberikan kepada PIC jam minus.

c. Input data ke sistem

Input data ke sistem adalah tahap yang dilakukan oleh PIC jam minus untuk menginputkan data jam minus.

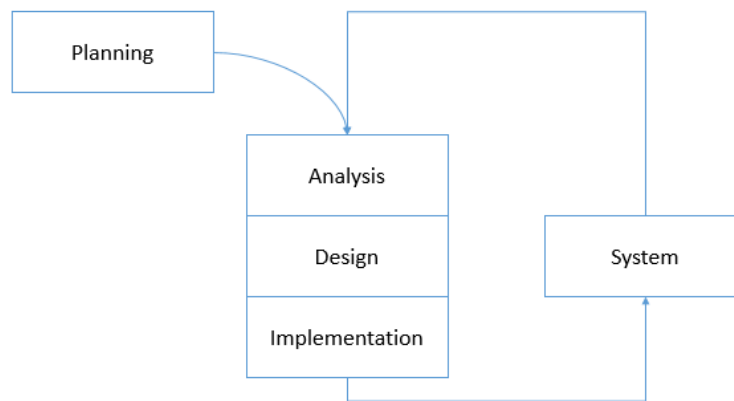
Berdasarkan hal tersebut diperlukan sistem informasi untuk mempercepat waktu rekapitulasi jam minus P5M. Penelitian ini akan menghilangkan waktu proses rekapitulasi data P5M oleh sistem informasi yang akan dibuat. Jadi, tidak akan ada waktu proses rekapitulasi yang dilakukan oleh koordinator tingkat, PIC jam minus akan secara langsung mendapatkan data jam minus P5M yang dapat dilihat secara langsung dari sistem karena rekapitulasi sudah diotomatisasi oleh sistem. Dengan demikian penelitian ini diharapkan dapat membantu rekapitulasi jam minus P5M untuk mendukung proses perkuliahan baik akademik maupun non akademik.

Penelitian tentang pengembangan perangkat lunak untuk otomatisasi absensi juga pernah dilakukan oleh beberapa peneliti. Aplikasi pada ponsel dapat digunakan sebagai sistem informasi untuk absensi online karena fungsinya yang jauh lebih praktis dan efisien [2]. Sistem absensi mahasiswa menggunakan sensor RFID mampu memberikan keterangan hadir dan tidak hadir berdasarkan batas toleransi keterlambatan yang ditentukan sehingga memudahkan admin merekap data kehadiran [3]. Penggunaan teknologi RFID untuk sistem absensi kehadiran dapat menjadi pendukung dalam proses perkuliahan akademik [4]. Tapi yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah menjumlahkan jam minus per mahasiswa secara otomatis oleh sistem berdasarkan absensi P5M.

2. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan untuk merancang sistem informasi ini adalah SDLC dengan metodologi yang digunakan *extreme programming* (XP). SDLC merupakan proses untuk memahami bagaimana sistem informasi dapat mendukung kebutuhan bisnis, merancang, sistem, membangun sistem, dan memberikannya kepada pengguna. SDLC terdiri dari empat tahapan yaitu perencanaan dan seleksi, analisis, desain, implementasi dan operasional. SDLC membangun sistem secara bertahap untuk memahami dan menyeleksi keadaan serta proses yang dilakukan agar dapat mendukung kebutuhan pengguna [5].

Model XP adalah sebuah pendekatan atau model pengembangan perangkat lunak yang mencoba menyederhanakan berbagai tahapan dalam proses pengembangan menjadi lebih fleksibel. Model XP dapat lebih fleksibel karena pada saat proses analisis, desain dan implementasi permintaan dari pengguna dapat berubah dan model XP dapat mengatasi hal tersebut. Tahapan dari model XP dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 *Flow Extreme Programming Model*

Adapun penjelasan dari Gambar 1 adalah sebagai berikut:

a. Planning

Tahap ini merupakan tahapan paling mendasar untuk melakukan perencanaan membangun sistem informasi, tahap ini akan dilakukan diskusi dengan pengguna untuk mengetahui kebutuhan yang ada. Dokumen yang dihasilkan adalah *user requirement*, *activity plan* yang didalamnya terdapat urutan langkah untuk analisis, perancangan desain dan implementasi.

b. Analysis

Tahap analisis merupakan proses analisis untuk menemukan solusi terhadap masalah yang ditimbulkan. Kegiatan ini dilakukan berdasarkan tahap perencanaan dan menghasilkan dokumen use case diagram.

c. Design

Tahap desain merupakan proses untuk menentukan rancangan sistem yang akan dibuat. Tahap ini dilakukan untuk menentukan perangkat keras, perangkat lunak, desain antarmuka dan basis data yang akan digunakan. Tahap ini menghasilkan desain antarmuka dan *Physical Data Model (PDM)*,

d. Implementation

Tahap implementasi merupakan tahapan menerapkan rancangan sistem. Pada tahap ini dilakukan berbagai kegiatan untuk membuat basis data, pembuatan antarmuka aplikasi dan penulisan kode program.

e. System

Tahap sistem merupakan tahap pemeliharaan yaitu dengan melakukan *testing* aplikasi dan melakukan penyesuaian dengan pengguna apakah sesuai dengan permintaan atau belum. Jika belum sesuai maka akan dilakukan kembali tahap analisis sampai sistem.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini akan membahas tentang rekapitulasi jam minus P5M. Rekapitulasi adalah informasi ringkas dengan hasil akhir dari suatu perhitungan (kalkulasi) atau gabungan perhitungan yang berisikan angka-angka yang disajikan dalam bentuk kolom-kolom [6]. Kondisi saat ini rekapitulasi tersebut dilakukan secara manual dan akan dilakukan otomatisasi oleh sistem. Pengertian sistem adalah seperangkat elemen yang membentuk kumpulan atau bagan-bagan pengolahan yang mencari tujuan tertentu [7]. Sedangkan

otomatisasi adalah penggunaan peralatan mekanik atau elektronik yang menggantikan peranan manusia [8].




a. Planning

Penelitian mulai dilakukan dengan membuat *activity plan*, sehingga kegiatan yang sedang atau akan dilakukan berjalan berurutan sesuai dengan aktivitas yang telah direncanakan. Adapun *activity plan* dalam penelitian ini secara ringkas dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1 Activity Plan Otomatisasi Rekapitulasi Jam Minus P5M

No	Activity	PIC	September 2019													
			16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	Identifikasi kebutuhan sistem dan arsitekturnya	RPS	✓													
2	Analisis dan perancangan sistem	KHU	✓	✓												
3	Pembuatan basis data dan aplikasi web	SDA			✓	✓										
4	Pembuatan web service sebagai penghubung aplikasi web dan mobile	EAG					✓									
5	Pembuatan aplikasi mobile	EAG					✓			✓	✓					
6	Testing	KHU														
7	Implementasi	RPS														

PIC:
 EAG : Eko Abdul Goffar
 SDA : Sisía Dika Ariyanto
 KHU : Kristina Hutajulu
 RPS : Rina Puspita Sari

Legend:
 Hari Libur
 Rencana Aktivitas
 Aktual

Tabel 1 merupakan aktivitas yang akan dilakukan untuk membuat sistem informasi rekapitulasi jam minus P5M. Identifikasi kebutuhan sistem dan arsitektur dilakukan untuk mencari kebutuhan pengguna yang kemudian akan dirancang arsitektur dari sistem yang akan dibuat. Analisis dan perancangan sistem adalah aktivitas dimulai nya perancangan sistem seperti pembuatan *use case*, antar muka dan desain basis data. Pembuatan basis data dan aplikasi web merupakan proses penulisan program yang dibuat berdasarkan desain. Pembuatan *web service* sebagai penghubung aplikasi web dan *mobile* dibuat untuk komunikasi antara aplikasi web dan *mobile* dengan satu basis data.

b. Analysis

Kondisi saat ini rekapitulasi data jam minus P5M dilakukan secara manual setiap minggu oleh koordinator tingkat. Hasil rekapitulasi akan diberikan kepada PIC jam minus yang kemudian diinputkan ke sistem informasi akademik Polman Astra. Akan tetapi dalam hal ini tidak selalu berjalan setiap minggu dikarenakan kendala pada setiap koordinator tingkat belum melakukan proses rekapitulasi karena proses rekapitulasi cukup lama, sehingga PIC jam minus harus menunggu setiap koordinator tingkat memberikan data jam minus P5M nya. Untuk mempermudah analisis peneliti membuat diagram *fishbone* yang dapat pada Gambar 2 yang akan membantu menemukan akar masalah di penelitian ini.

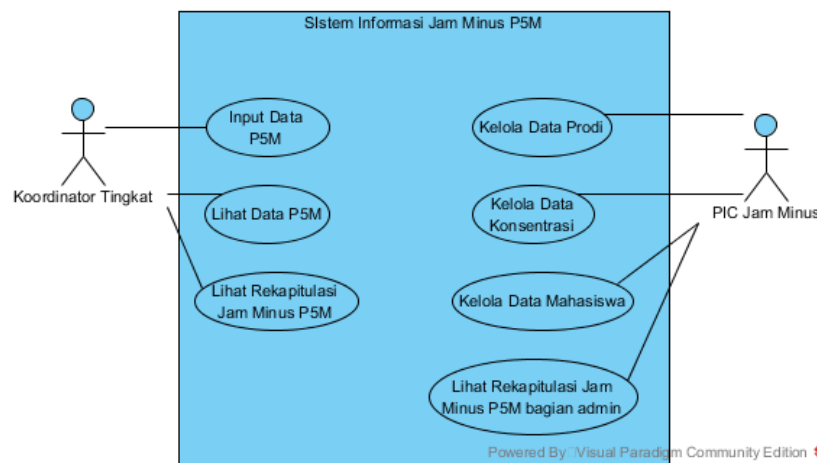


Gambar 2 Diagram Fishbone Rekapitulasi Jam P5M

Gambar 2 adalah diagram *fishbone* yang dapat membantu dalam analisis kondisi yang ada saat ini. Pada gambar tersebut terdapat lima akar permasalahan yaitu:

- Wali tingkat / koordinator tingkat belum melakukan rekapitulasi jam minus P5M, hal ini dapat menghambat terhadap aktivitas lain yang akan dikerjakan.
- Belum ada e-form untuk mencatat data P5M, karena kondisi saat ini masih dicatat secara manual pada form.
- Belum ada fungsi untuk menghitung data jam minus P5M, input data ke sistem saat ini masih dilakukan satu per satu sehingga membutuhkan waktu yang lama.
- Belum ada fungsi untuk input data jam minus P5M secara otomatis.
- Belum ada fungsi untuk input data jam minus P5M, input data ke sistem saat ini masih dilakukan satu per satu sehingga membutuhkan waktu yang lama.

Berdasarkan lima akar permasalahan diatas dapat disimpulkan bahwa rekapitulasi jam minus P5M membutuhkan sistem otomatisasi yang dapat menghilangkan waktu rekapitulasi yang dilakukan secara rutin oleh koordinator tingkat. Sistem yang akan dibuat memiliki dua pengguna yaitu koordinator tingkat dan PIC jam minus (admin). Hak akses dari sistem tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Use Case Sistem Informasi Jam Minus P5M

Gambar 3 menjelaskan tentang hak akses pada setiap pengguna, koordinator tingkat dapat melakukan input data P5M, lihat data P5M dan Lihat rekapitulasi jam minus P5M sedangkan PIC jam minus dapat melakukan kelola data prodi, kelola data konsentrasi, kelola data mahasiswa dan lihat rekapitulasi jam minus P5M di bagian admin.

Waktu untuk rekapitulasi jam minus P5M seluruh UPT adalah 565 menit. Untuk detail jumlah waktu disetiap UPT dan masing-masing konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Proses Rekapitulasi P5M Setiap UPT

No	Proses Rekapitulasi P5M	SI	TP3	TM	MK	TO	TAB	Sub Total
		Jumlah Kelas						
		3	2	4	2	1	2	
1	Ambil data	15	10	20	10	5	10	70
2	Rekap data P5M	45	30	60	60	30	60	285
3	Input data ke SIA	45	30	60	30	15	30	210
Total								565

Tabel 2 merupakan total waktu yang digunakan dari setiap proses nya dalam satuan menit. Data tersebut adalah hasil wawancara dari setiap koordinator tingkat dan PIC jam minus. Proses ambil data total 70 menit, rekap data P5M total 285 menit dan input data ke sistem informasi akademik total 210 menit. Sehingga total dari waktu yang digunakan adalah 565 menit. Penelitian ini akan menghilangkan waktu rekap data menjadi 0 menit, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk proses rekapitulasi jam minus P5M adalah 280 menit.

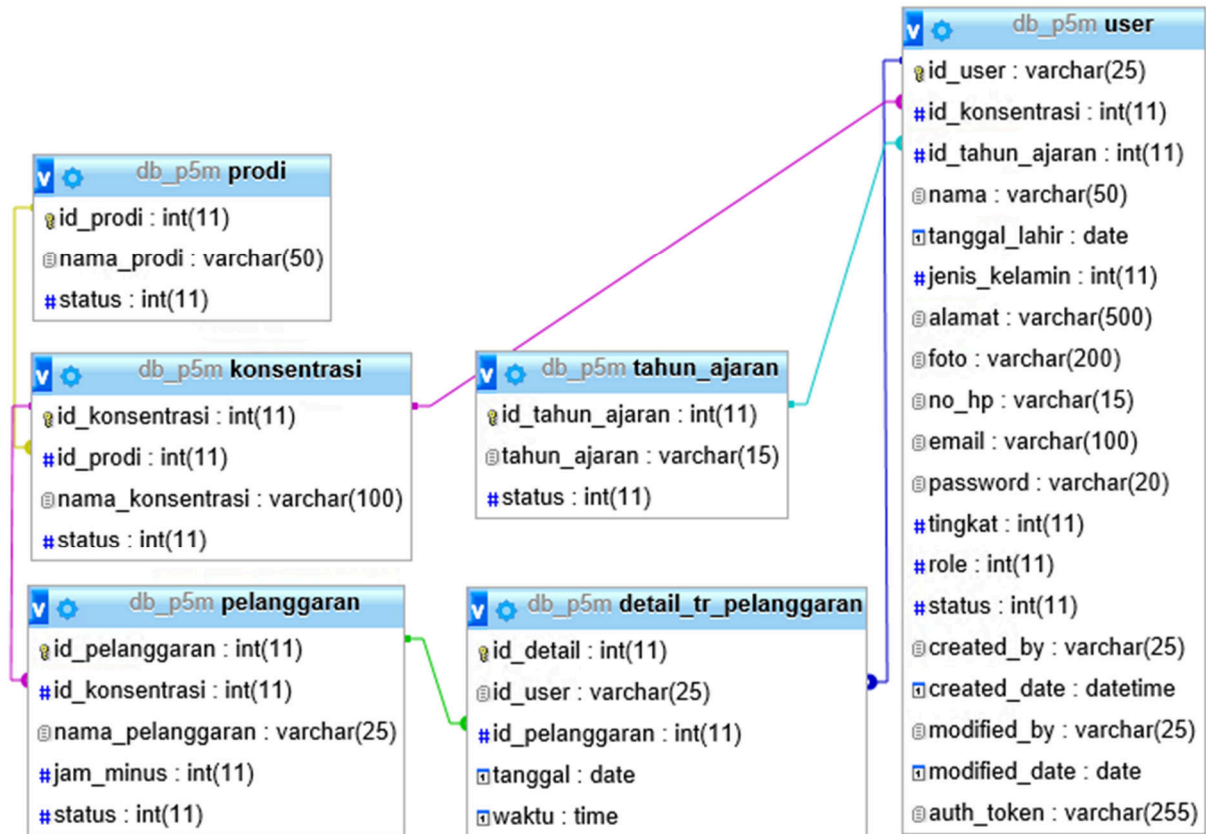
c. Design

Sistem informasi jam minus P5M merupakan sistem yang dibangun dengan spesifikasi yang kecil sehingga tidak memerlukan perangkat dengan spesifikasi tinggi dan memori yang besar. Adapun spesifikasi dari *hardware* dan *software* yang diperlukan untuk membangun sistem ini sebagai berikut:

- i. Komputer *Server* Aplikasi (aplikasi web dan web service) dan Basis Data
 - a. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - *Processor* : Intel Xeon 2.27 GHz 8 CPU
 - *RAM* : 4 GB
 - *Storage* : 250 GB HDD
 - b. Sistem Operasi : Windows Server 2012
 - c. DBMS : MySQL
 - d. Bahasa Pemrograman : PHP (Framework CI)
 - e. *Web Server* : Apache
 - f. *Tools* Pengembangan : Notepad++
- ii. Perangkat *Mobile*
 - a. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - *Processor* : Octa-core Max 2.20GHz
 - *RAM* : 4 GB
 - *Storage* : 16 GB
 - b. Sistem Operasi : Marshadow
- iii. Komputer *Client*
 - a. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - *Processor* : Intel Core 2 Duo CPU E8400 3.00 HHz
 - *RAM* : 2 GB

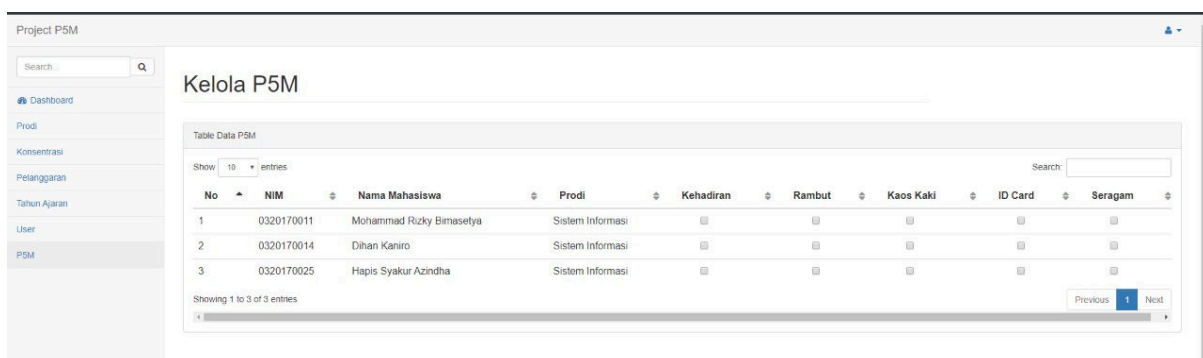
- *Storage* : 100 GB HDD
- b. Sistem Operasi : Windows 7
- c. Web Browser : *Google Chrome v.45*

Berdasarkan hasil dari analisis dihasilkan PDM untuk desain basis data sebagai tempat penyimpan data. Untuk desain basis data dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Physical Data Model P5M

Gambar 4 merupakan PDM dari P5M sebagai media penyimpanan dari inputan pengguna baik melalui aplikasi web maupun *mobile*. Berikut ini akan ditampilkan salah satu desain dari antarmuka aplikasi web dan *mobile* yang dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5 Antarmuka Aplikasi Web

Gambar 6 Antarmuka Aplikasi *Mobile*

Gambar 5 merupakan desain antarmuka dari aplikasi web sedangkan Gambar 6 merupakan antarmuka dari aplikasi *Mobile* untuk pengambilan data P5M.

d. Implementation

Pada Tahap ini akan dilakukan pembuatan basis data pada MySQL menggunakan *web server apache* dan penulisan program berdasarkan tahap desain. Pada tahap ini juga dilakukan komunikasi secara langsung terhadap pengguna untuk menyesuaikan kebutuhan. Jika ada hal yang harus ditambahkan, maka pada saat itu juga akan dilakukan kembali analisis, desain dan implementasi. Untuk mempermudah proses pengecekan dibuat dokumen *testing* yang berisi fungsi-fungsi yang terdapat dalam sistem. Sistem ini akan diuji dengan cara menerapkan secara langsung ke seluruh UPT yang melakukan P5M serta melakukan wawancara terhadap PIC dari masing-masing UPT untuk menentukan jumlah jam minus dari setiap pelanggaran yang dilakukan mahasiswa dan melakukan input data ke sistem berdasarkan permintaan misalnya pelanggaran tidak mengikuti P5M akan mendapatkan jam minus 4 jam, tidak mendapatkan kartu identitas akan mendapatkan jam minus 8 jam, tidak memakai sepatu akan mendapatkan jam minus 2 jam dan lain sebagainya. Setelah menerapkan proses tersebut koordinator tingkat cukup untuk mengambil data dari absensi P5M saja sedangkan untuk proses rekapitulasi tidak diperlukan lagi dan PIC jam minus tidak perlu menunggu rekapitulasi dari koordinator tingkat karena sudah dapat diproses melalui sistem. Sehingga dengan melakukan proses tersebut dapat menghilangkan waktu rekapitulasi yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 3 Proses Rekapitulasi P5M Setiap UPT setelah Implementasi

No	Proses Rekapitulasi P5M	SI	TP3	TM	MK	TO	TAB	Sub Total
		Jumlah Kelas						
		3	2	4	2	1	2	
1	Ambil data	15	10	20	10	5	10	70
2	Rekap data P5M	0	0	0	0	0	0	0
3	Input data ke SIA	45	30	60	30	15	30	210
Total								280

Tabel 3 menunjukkan proses yang diharapkan setelah menerapkan sistem ini, sehingga dapat dilihat waktu rekapitulasi data P5M di setiap UPT menjadi 0 menit dan mengurangi waktu rekapitulasi dari 565 menjadi 280 menit.

e. System

Tahap ini merupakan proses pemeliharaan terhadap sistem. Jika suatu saat terjadi kesalahan atau penambahan sistem, maka akan dilakukan pada tahap ini. Untuk mempermudah dalam pengembangan sistem dapat dibuat dokumen *history* di setiap pengembangan sistem. Sehingga dapat dilihat setiap langkah perbaikan yang dilakukan.

4. Kesimpulan

Rekapitulasi jam minus P5M di Polman Astra dilakukan secara manual, proses tersebut dilakukan selama 565 menit di seluruh UPT. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menghilangkan waktu rekapitulasi, sehingga dapat mengurangi waktu rekapitulasi jam minus P5M dari 565 menjadi 280 menit. Sistem ini masih dapat dikembangkan yaitu dengan otomatisasi input data P5M, sehingga dapat menghilangkan waktu input tersebut dan proses rekapitulasi menjadi 70 menit.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada (1) Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Manufaktur Astra, (2) Tim Peneliti Sistem Informasi Rekapitulasi Jam Minus Politeknik Manufaktur Astra, dan (3) Program Studi Sistem Informasi Politeknik Manufaktur Astra.

Daftar Pustaka

- [1] Silalahi, Tony Harley (2017). Buku Pedoman Mahasiswa. Polman Astra.
- [2] Andini, Anantassa Fitri (2017). Perancangan dan Implementasi Sistem Absensi *Online* Berbasis Android di Lingkungan Universitas Negeri Jakarta. Universitas Negeri Jakarta.
- [3] Azura, Ayu. (2018). Rancang Bangun Sistem Absensi Mahasiswa Menggunakan Sensor RFID dengan Database MySQL XAMPP dan Interface Visual Basic. Jurnal Fisika Unand (Vol. 7, No. 2)
- [4] Setiawan, Eko Budi. (2015). Perancangan Sistem Absensi Kehadiran Perkuliahan dengan Menggunakan *Radio Frequency Identification* (RFId). Jurnal CoreIT (Vol.1, No.2)
- [5] Dennis, Alan. (2009). System Analysis Design UML version 2.0 An Object-Oriented Approach Third Edition, Hoboken, John Wiley & Sons, Inc.
- [6] Amsyah, Zulkipli. (2005). Manajemen Sistem Informasi. Jakarta: Gramedia.
- [7] Hutahaean, Jeperson. (2014). Konsep Sistem Informasi. Yogyakarta: Deepublish.
- [8] Herjanto, Eddy. (2008). Manajemen Operasi (Edisi 3). Yogyakarta: Grasindo.

DEVELOPMENT OF FINGER SCANNER INTEGRATED ABSENTION WEB APPLICATION IN ASTRA MANUFACTURING POLYTECHNIC

Sisia Dika Ariyanto ¹⁾, Rida Indah Fariani ²⁾, Eko Abdul Goffar ³⁾

Sistem Informasi Politeknik Manufaktur Astra

Jl Gaya Motor Raya, No.8 Sunter II Tanjung Priok, Jakarta Utara

sisiadika@gmail.com

Abstract

Astra Manufacturing Polytechnic is educational institution under the auspices of PT Astra International (Astra Group) which has total of approximately 700 students. Industrial culture is adopted by applying discipline in the form of attendance. Students who do not arrive on time will be charged Minus Hours. Students do attendance with attendance cards and recapitulated by each study program admin and takes 700 minutes (all study programs) every week to produce minus hours as calculation of student errors. Many students are cheating in the attendance process. Because attendance cards can be deposited to other students. To overcome this, the attendance method was replaced by initially using machine and attendance card with finger scanner and integrated finger scanner integrase application with sql server database. So hopefully cheating and recapitulation time can be eliminated. In the implementation of this research extreme programming is used as software development methodology. After implementation of the application is able to eliminate 700 minutes and eliminate the use of attendance cards.

Keywords: Attendance, Integration, Extreme Programming Methodology

1. Pendahuluan

Politeknik Manufaktur Astra (Polman Astra) merupakan institusi pendidikan berjenjang Diploma 3 (D3) yang memiliki tujuh Program Studi (Prodi). Setiap Prodi memiliki 3 tingkat dimana setiap tingkatnya terdiri dari 25 sampai 60 mahasiswa. Jumlah seluruh mahasiswa Polman Astra kurang lebih 700 mahasiswa dan setiap program studi kurang lebih memiliki 100 mahasiswa. Setiap tingkat pada setiap prodi akan memiliki admin atau koordinator tingkat yang mengelola data administrasi harian mahasiswa tersebut. Polman Astra sendiri berada dibawah naungan PT Astra International (Astra Grup). Lulusan Polman Astra akan bekerja dan diserap oleh industri Astra Grup. Pada tahun lalu kurang lebih 68% lulusan Polman Astra bekerja di Astra Grup. Sistem Pendidikan pada Polman Astra juga dikembangkan dengan dual system yaitu menganut kebudayaan industri. Harapannya saat lulusan bekerja di industri Astra Grup dapat beradaptasi dengan cepat dan mampu membawa industri menjadi lebih baik. Salah satu budaya industri yang diterapkan adalah kedisiplinan dalam bekerja.

Budaya kedisiplinan yang diterapkan adalah tepat waktu dalam kehadiran. Polman Astra menerapkan sistem pembelajaran delapan jam dalam satu hari atau 40 jam dalam satu minggu. Setiap mahasiswa diwajibkan hadir tepat waktu yaitu pukul 07.30 WIB dan diperbolehkan pulang setelah pukul 16.30 WIB. Bagi mahasiswa yang terlambat atau pulang sebelum waktunya akan dikenakan sanksi. Sanksinya berupa jam minus atau jam kurang mahasiswa.

Jam minus merupakan simbol dimana mahasiswa kekurangan jam pelajaran sehingga harus mengganti jam tersebut dengan tugas membantu produksi, maintenance laboratorium, mengembangkan software dan lain lain. Dengan melakukan kegiatan tersebut diharapkan kompetensi mahasiswa dapat terjaga walaupun meninggalkan ataupun terlambat dalam

perkuliahan. Mahasiswa menggunakan kartu absensi untuk melakukan absensi kehadiran. Setiap pagi ataupun sore mahasiswa harus memasukkan kartu absensi ke mesin absensi. Mesin akan mencetak waktu ketika mahasiswa memasukkan kartu tersebut.

Dengan sistem tersebut banyak mahasiswa yang melakukan kecurangan. Mahasiswa dapat menitipkan kartu tersebut kepada mahasiswa lainnya agar tidak terkena jam minus. Kecurangan tersebut susah di deteksi karena admin tidak setiap hari bertemu mahasiswa. Kartu juga bisa hilang ataupun rusak karena lingkungan. Kerusakan kartu juga membuat data absensi tidak terbaca. Terkadang tinta yang ada pada mesin absensi tidak dapat mencetak dengan jelas jam kehadiran mahasiswa tersebut.

Admin Prodi melakukan rekapitulasi absensi setiap minggu. Rekapitulasi dilakukan dengan melihat kartu absensi satu persatu. Kemudian menuliskan di excel dan menghitung berapa keterlambatan serta minus mahasiswa tersebut. Hal tersebut dilakukan berulang sebanyak jumlah mahasiswa pada tingkat dimana admin Prodi menjadi pengelolanya. Proses tersebut memakan waktu sekitar 70 menit pada setiap minggunya. Sehingga total 1470 menit setiap minggunya dibutuhkan untuk seluruh Prodi atau setara 24 jam dalam 1 minggu. Waktu yang cukup banyak tersebut mengakibatkan data tidak disampaikan tepat pada waktunya. Terkadang rekap dilakukan pada akhir semester dan membutuhkan waktu sehari-hari. Admin juga merangkap sebagai laboran/instruktur atau pengajar praktik sehingga waktu akan lebih baik dimanfaatkan untuk melakukan tridarma perguruan tinggi. Untuk itu Prodi memutuskan untuk membangun dan merubah proses absensi mahasiswa.

Absensi akan dilakukan dengan *finger scanner*. Sehingga kecurangan mahasiswa dapat dihindari. Selain itu juga dibuat Aplikasi Integrasi Absensi yang dapat menghasilkan jam minus absensi tanpa campur tangan admin. Sistem tersebut diharapkan mampu menghilangkan waktu rekapitulasi jam minus dan juga mengurangi pembelian kartu absensi. Data absensi juga dapat dijaga.

Penelitian serupa juga pernah dilakukan oleh beberapa peneliti lainnya. Berikut merupakan penelitian yang pernah dilakukan:

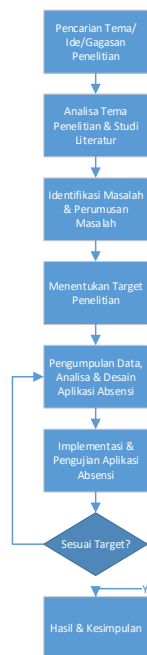
1. Jurnal penelitian yang dilakukan oleh Martono dengan judul [8] “Perancangan dan Pembuatan Sistem Electronic Absensi Mahasiswa/i Berbasis Website (studi kasus STIKOM Dinamika Bangsa Jambi”.
2. Jurnal penelitian yang dilakukan oleh Ricky M, Agus Ganda Permana, Indra Chandra dengan judul [9] “Prototipe Sistem Kehadiran Mahasiswa Berbasis Smart Card untuk Institut Teknologi Telkom”.
3. Jurnal penelitian yang dilakukan oleh Al Husain, Abdul Haqy Aji Prastian, Andre Ramadhan dengan judul [10] “Perancangan Sistem Absensi Online Menggunakan Android Guna Mempercepat Proses Kehadiran Karyawan Pada PT. Sintech Berkah Abadi”.
4. Jurnal penelitian yang dilakukan oleh Eko Budi Setiawan, Bobi Kurniawan dengan judul [11] “Perancangan Sistem Absensi Kehadiran Perkuliahan dengan Menggunakan Radio Frequency Identification”.
5. Jurnal penelitian yang dilakukan oleh Oktoverano Lengkong, Didik Hananya Fiden, Alim Masrikat dengan judul [12] “Sistem Informasi Absensi Real-Time di Universitas Klabat”.
6. Jurnal penelitian yang dilakukan oleh Agus Prasetyo Raharjo, Arif Bijaksana Putra Negara, Novi Safriadi dengan judul [13] “Sistem Informasi Kehadiran Dosen dan Mahasiswa Menggunakan Sidik Jari pada Program Studi Informatika Universitas Tanjung Pura”.

Adapun perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah dengan adanya perhitungan jam minus sesuai kasus yang ada di Polman Astra. Selain itu absensi dilakukan

realtime menggunakan *finger scanner* dimana dosen dan mahasiswa bisa melihat tingkat kehadiran mahasiswa.

2. Metodologi Penelitian

Alur penelitian secara umum digambarkan pada Gambar 3. Penelitian dimulai dari pencarian tema penelitian. Kemudian dilakukan analisa tema penelitian dan studi literature tema/penelitian sebelumnya. Setelahnya mengidentifikasi masalah/tema yang diambil kemudian merumuskannya. Rumusan masalah akan menjadi latar belakang dan tujuan. Tujuan tersebut akan dicapai dengan pembuatan aplikasi absensi terintegrasi berbasis web. Setelah itu dilakukan pengujian untuk melihat kesesuaian aplikasi dengan target/tujuan di awal penelitian



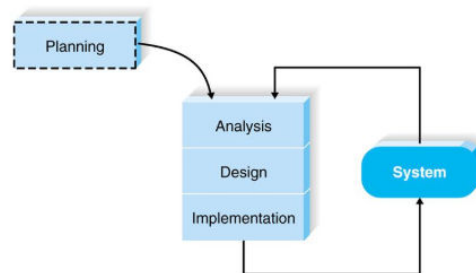
Gambar 1. Alur Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini digunakan extreme programming sebagai metodologi pengembangan perangkat lunak. Kebutuhan pengguna yang sulit untuk didefinisikan karena perbedaan program studi perbedaan sistem pembelajaran sehingga jam masuk untuk setiap mahasiswa pun berbeda, Ruang lingkup sistem yang sedang dan waktu pembangunan sistem yang terbatas menjadi penyebab utama pemilihan metodologi tersebut. Selain itu keberadaan pengguna yang dapat ditemui kapanpun memudahkan dalam proses pembangunan. Pengambilan keputusan untuk menentukan metodologi tersebut juga berdasarkan teori cara menentukan metode pengembangan sistem oleh Alan Dennis (2012), seperti pada Gambar 2.

Ability to Develop Systems	Structured Methodologies			RAD Methodologies		Agile Methodologies
	Waterfall	Parallel	Phased	Prototyping	Throwaway Prototyping	XP
With Unclear User Requirements	Poor	Poor	Good	Excellent	Excellent	Excellent
With Unfamiliar Technology	Poor	Poor	Good	Poor	Excellent	Poor
That Are Complex	Good	Good	Good	Poor	Excellent	Poor
That Are Reliable	Good	Good	Good	Poor	Excellent	Good
With a Short Time Schedule	Poor	Good	Excellent	Excellent	Good	Excellent
With Schedule Visibility	Poor	Poor	Excellent	Excellent	Good	Good

Gambar 2. Penentuan methodology pengembangan sistem

Gambar 3 berikut menggambarkan urutan dari metodologi extreme programming. Tahapan terbagi menjadi empat bagian yaitu planning, analysis, design, dan implementation. Pada tahapan Planning hanya akan dilakukan di awal sebelum proyek pembangunan dimulai untuk merencanakan jangka waktu dan beban kerja pembangunan sistem. Berikutnya tahap analisis, desain dan implementasi akan diulang dan dilihat langsung oleh pengguna setiap perkembangannya. Sehingga pada tahapan tersebut sangat mungkin terjadi perulangan atau bahkan pasti berulang. Tahapan perulangan tersebut juga bisa diartikan proses pengerjaannya permodel. Dengan mengulang analisis dan desain diharapkan sistem akan mampu dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.



Gambar 3. Urutan tahapan pengembangan sistem informasi dengan metodologi extreme programming

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Gambaran Umum Aplikasi

Politeknik Manufaktur Astra (Polman Astra) merupakan institusi pendidikan berjenjang Diploma 3 (D3) yang memiliki tujuh Program Studi (Prodi) dan jumlah seluruh mahasiswa kurang lebih 700 mahasiswa. Polman Astra menerapkan budaya industri yaitu kedisiplinan dalam bekerja dan jam belajar delapan jam dalam satu hari atau 40 jam dalam satu minggu. Setiap mahasiswa diwajibkan hadir tepat waktu yaitu pukul 07.30 WIB dan diperbolehkan pulang setelah pukul 16.30 WIB. Bagi mahasiswa yang terlambat atau pulang sebelum waktunya akan dikenakan sanksi berupa jam minus. Admin Prodi melakukan rekapitulasi absensi setiap minggu dan membutuhkan waktu 70 menit setiap tingkat atau kurang lebih 24jam untuk semua tingkat. Aplikasi diharapkan mampu melakukan rekapitulasi jam minus secara otomatis sehingga proses rekapitulasi manual dapat dihilangkan.

Aplikasi dibangun dengan mengambil input data dari *finger scanner* yang memiliki basis data. MySQL. Aplikasi utama dibangun dengan bahasa pemrograman .NET C# berbasis web dan basis data SQL Server. Selain itu aplikasi juga dibantu dengan fasilitas yang ada pada SQL Server yaitu SQL Scheduler. SQL Scheduler berfungsi untuk mengeksekusi query secara otomatis sesuai dengan waktu yang sudah kita jadwalkan. Kemudian untuk server aplikasi menggunakan IIS 8. Arsitektur aplikasi yang digunakan adalah *client server*. Client dapat mengakses aplikasi melalui web browser. Adapun tahapan pembangunan aplikasi secara umum sebagai berikut

1. Menghubungkan mesin fingerprint dengan jaringan Polman Astra menggunakan kabel UTP sehingga berada dalam satu jaringan
2. Melakukan instalasi dan konfigurasi aplikasi fingerprint dan basis data MySQL di komputer server
3. Membuat scheduler menggunakan SQL Server Agent untuk mengambil data dari basis data My SQL (basis data fingerprint) dan data tersebut ditambahkan ke basis data aplikasi fingerprint dan data dari basis data aplikasi fingerprint ditambahkan ke basis data yang kemudian aplikasi fingerprint akan menampilkan data absensi menggunakan bahasa pemrograman ASP.NET

4. Melakukan hosting aplikasi dan basis data ke komputer server menggunakan IIS server

Sebagai aplikasi yang mendukung proses absensi Aplikasi Jam Minus terintegrasi memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Menyimpan data absensi mahasiswa secara otomatis.
2. Melakukan perhitungan keterlambatan mahasiswa secara otomatis
3. Melakukan perhitungan jam minus secara otomatis.

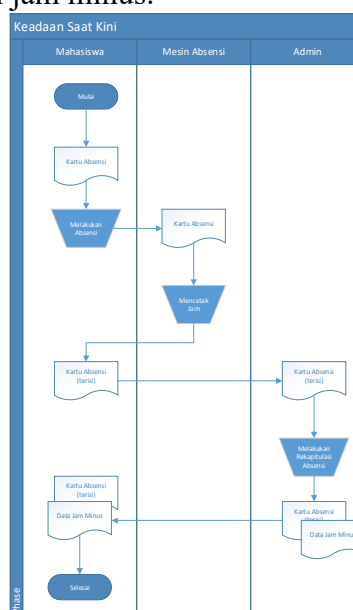
3.2 Keadaan Saat Kini

Kondisi sistem absensi yang berjalan di Polman Astra masih manual. Mahasiswa diwajibkan melakukan absensi setiap harinya. Absensi dilakukan dua kali sehari yaitu pada saat berangkat dan pulang. Absensi dilakukan dengan cara memasukkan kartu absensi kepada mesin absensi. Mesin absensi akan mencetak jam pada saat kartu tersebut dimasukkan. Hal itu dilakukan berulang pada sore hari. Mesin absensi mencetak jam tersebut menggunakan tinta yang akan diisi ulang setelah hasil cetak kurang maksimal. Kartu absensi disimpan oleh mahasiswa pribadi atau disediakan tempat pada sekitar kartu absensi.

Dengan sistem tersebut banyak terjadi kecurangan. Dimana mahasiswa dapat menitipkan kartu absensi kepada mahasiswa lainnya yang berangkat lebih baik atau tepat waktu dan pulang tepat waktu atau sesuai waktu yang ditentukan. Kecurangan sulit untuk dideteksi kecuali ada yang mengawasi mesin tersebut selama proses absensi berlangsung. Selain itu tinta pada mesin absensi juga mudah dihapus oleh mahasiswa dengan menggunakan penghapus pensil. Untuk melakukan absensi pagi bisa dikelabui dengan absensi sore pada pukul 17.00 dan menghapus angkat 1 didepan waktu tersebut.

Setelah 1 minggu melakukan absensi kartu absensi akan diserahkan kepada admin Prodi. Admin prodi akan melakukan rekapitulasi jam minus keterlambatan mahasiswa. Data absensi akan disimpan dalam file excel dan akan dihitung kembali jumlah waktu terlambat beserta minus keterlambatan sesuai dengan rumus yang digunakan. Waktu untuk rekapitulasi membutuhkan kurang lebih 70 menit setiap minggu setiap admin pada tingkat dan Prodi yang ada di Polman Astra. Data tersebut diambil selama 3 bulan percobaan yang dilakukan pada Prodi yang ada pada Polman Astra

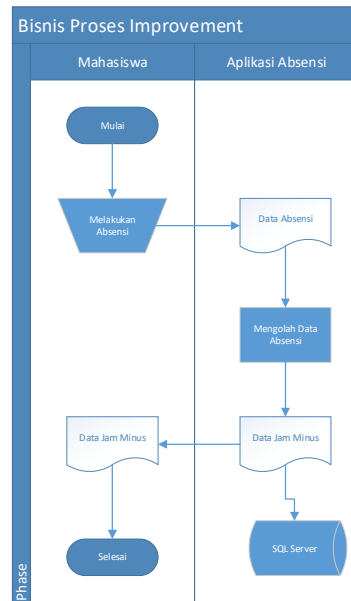
Gambar 3 merupakan gambaran proses bisnis sederhana untuk menjelaskan proses yang terjadi sebelum adanya penelitian. Dimana pada gambaran tersebut masih melibatkan person admin untuk melakukan rekapitulasi jam minus.



Gambar 1. Proses Bisnis Sebelum

3.3 Business Process Improvement

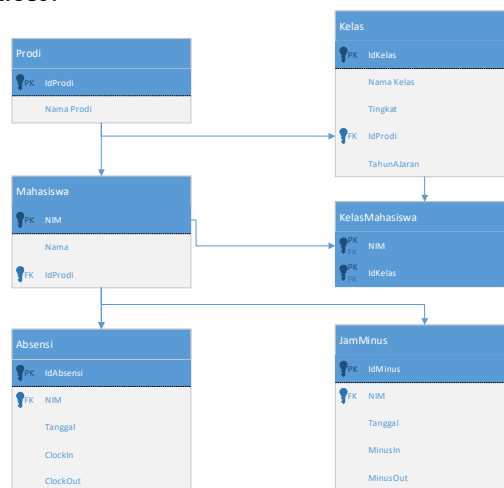
Pada proses bisnis improvement terjadi sedikit perubahan pada bisnis proses. Dimana pada awalnya melibatkan admin Prodi untuk melakukan rekapitulasi absensi dan jamur. Namun nantinya setelah dilakukannya implementasi sistem, proses keterlibatan admin akan hilang. Proses rekapitulasipun menjadi 0 menit. Mesin absensi dan kartu absensi diganti dengan *finger scanner*. Sehingga resiko kehilangan data dapat dihilangkan. Dengan *finger scanner* mahasiswa tidak dapat lagi menitipkan absensi dengan mahasiswa lainnya karena mereka harus melakukan absensi dengan jari mereka masing masing. Data pelanggaranpun cepat tersampaikan kepada mahasiswa sehingga mereka bisa melakukan instropeksi diri lebih cepat.



Gambar 4. Proses Bisnis Quality Control Circle

3.4 Physical Data Model

Physical Data Model (PDM) merupakan gambaran dari database aplikasi. PDM dapat dilihat pada Gambar 5. Data prodi, Data mahasiswa, Data Kelas, Data Kelas Mahasiswa di peroleh dari database pusat Sistem Informasi Akademik PDM pada Gambar 5 hanya menggambarkan secara umum relasi antar table.



Gambar 5. Physical Data Model Sistem Informasi Kaizen

3.5 Hasil

Setelah dilakukan proses analisa, desain dan pembangunan aplikasi absensi terintegrasi selanjutnya dilanjutkan pada tahap implementasi. Tahap implementasi awal dilakukan dengan

pengujian pada Prodi Manajemen Informatika dimana aplikasi tersebut dikembangkan. Hasilnya proses tersebut benar benar dihilangkan dan beban kerja admin Prodi dapat berkurang. Adapun implementasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pada gambar 6 merupakan implementasi dari mesin *finger scanner*
2. Pada gambar 7 merupakan software yang ada pada mesin *finger scanner* yang dapat mengunduh data dan disimpan dalam database
3. Pada gambar 8 merupakan SQL Scheduler untuk mengeksekusi query perhitungan jam minus
4. Pada gambar 9 merupakan salah satu contoh tampilan yang ada pada aplikasi absensi terintegrasi

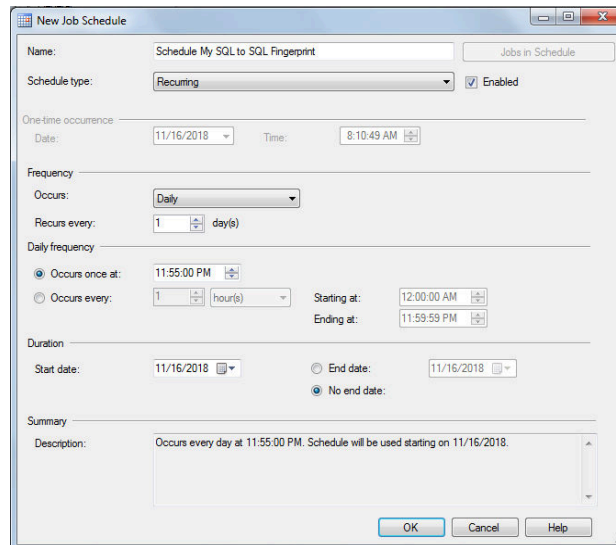
Setelah dilakukannya implementasi maka dilakukan pengujian aplikasi selama 1 bulan. Hasil pengujian sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Dimana mahasiswa sudah tidak bisa melakukan tipit absen dan menghilangkan waktu rekapitulasi jam minus. Berikut daftar fungsi dari hasil implementasi:

1. Aplikasi dapat diakses pada jaringan intranet Polman Astra oleh setiap Admin Prodi dengan data sesuai dengan yang mereka kelola sebelumnya.
2. Admin dapat melihat data absensi masuk dan absensi keluar mahasiswa.
3. Admin dapat melihat jam minus mahasiswa dari keterlambatan absensi
4. Admin dapat melakukan undah data berupa file PDF

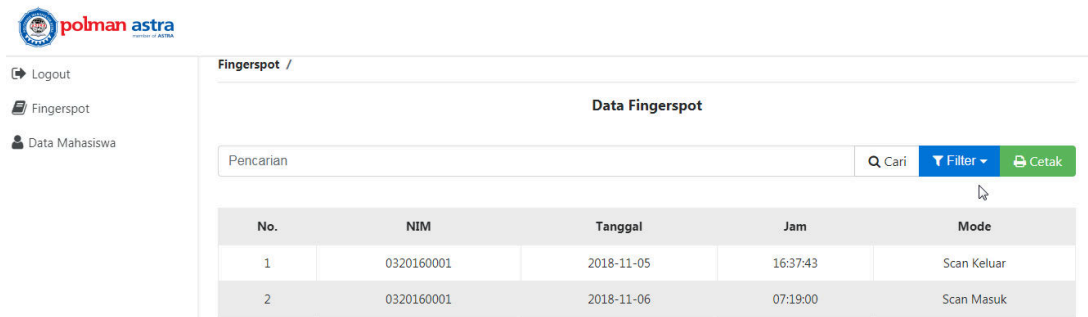


Gambar 6. Mesin *finger scanner*

Gambar 7. Aplikasi finger penjadwalan unduh data



Gambar 8. SQL Scheduler



Gambar 9. Aplikasi Web Absensi

4. Kesimpulan

Dari proses analisis, desain, implementasi dan hasil yang didapatkan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggantian mesin absensi dengan mesin *finger scanner* telah dilakukan
2. Mesin *finger scanner* dapat diintegrasikan dengan basis data SQL Server sehingga data dapat ditampilkan pada web
3. Proses rekapitulasi dapat dihilangkan
4. Pembelian kartu absensi dapat dikurangi.
5. Menghilangkan resiko kecurangan mahasiswa

Adapun saran setelah dilakukannya aplikasi adalah sebagai berikut:

1. Aplikasi dapat dikembangkan versi mobile untuk memberikan notifikasi bagi mahasiswa yang terlambat
2. Aplikasi dapat dikembangkan untuk versi internet agar dapat diakses dimana saja dan kapan saja

Daftar Pustaka

- [1] Dennis, A., Wixom, B. H., & Roth, R. M. (2012). System Analysis and Design Fifth Edition. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Thomas, C. & Carolyn, B. (2015). Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management 6th. United States of America.: Pearson Education.
- [3] Imai, Maasaki (2012). A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy 2/E. United States: McGraw-Hill Professional.
- [4] Pressman, Roger S., Maxim, Bruce R. (2015). Software Engineering: A Practitioners Approach. United States: McGraw-Hill Professional.

- [5] O'Brien, J., & Marakas, G. (2011). Management Information System. United States: The McGraw-Hill.
- [6] Anwar, Chairil, & Warnars, Spits L.H., (2010). Sistem Informasi Akademik Online Sebagai Penunjang Sistem Perkuliahan. Jakarta: s.n.
- [7] Sadikin, Supriyadi. (2008). Sistem Informasi Akademik (Sikad) Terpadu Sebagai Solusi Bagi Manajemen Informasi di Polman Negeri Bandung. Bandung: s.n.
- [8] Martono. (2016). Perancangan dan Pembuatan Sistem Electronic Absensi Mahasiswa/i Berbasis Website (studi kasus STIKOM Dinamika Bangsa Jambi. Jambi: s.n
- [9] Ricky M, Agus Ganda Permana, Indra Chandra. (2011). Prototipe Sistem Kehadiran Mahasiswa Berbasis Smart Card untuk Institut Teknologi Telkom. Bandung: s.n
- [10] Al Husain, Abdul Haqy Aji Prastian, Andre Ramadhan. (2017). Perancangan Sistem Absensi Online Menggunakan Android Guna Mempercepat Proses Kehadiran Karyawan Pada PT. Sintech Berkah Abadi. Banten: s.n
- [11] Eko Budi Setiawan, Bobi Kurniawan. (2015). Perancangan Sistem Absensi Kehadiran Perkuliahan dengan Menggunakan Radio Frequency Identification. Jurnal CoreIT
- [12] Oktoverano Lengkong, Didik Hananya Fiden, Alim Masrikat. (2016). Sistem Informasi Absensi Real-Time di Universitas Klabat. Sulawesi Utara: s.n
- [13] Agus Prasetyo Raharjo, Arif Bijaksana Putra Negara, Novi Safriadi. (2018). Sistem Informasi Kehadiran Dosen dan Mahasiswa Menggunakan Sidik Jari pada Program Studi Informatika Universitas Tanjung Pura. Sumatera Utara:s.n

DEVELOPMENT OF GOOD PROCUREMENT INFORMATION SYSTEM WEB BASED AT PT. XYZ

Kristina Hutajulu¹⁾, Sisia Dika Ariyanto²⁾, Radix Rascalina³⁾

Program Studi Sistem Informasi, Politeknik Manufaktur Astra

Komplek Astra International Tbk, Gedung – B,
Jl. Gaya Motor Raya No. 8, Sunter, Jakarta 14330

Email : kristina.hutajulu@polman.astra.ac.id

Abstract

PT. XYZ is one of the companies engaged in the production of motorcycle spare parts. In carrying out its operational activities, PT. XYZ has a procurement process. Generally in applying of good procurement, employees must submit a document submission of goods in the printed form and must meet their supervisor directly to ask for approval in a signature. This condition requires quite a long time until the submission document reaches the Director because they have to wait for the signature of each related section. That is quite an obstacle for the employee who submits because the longer the approval process, the longer the procurement process. To overcome this obstacle, a good procurement information system web based was built using phased development methodology. The information system uses SQL Server as database and ASP.Net as programming language. Good procurement information system web-based can accelerate the procurement process.

Keywords: *Information System, Procurement, Phased Development.*

1. Pendahuluan

PT XYZ adalah sebuah perusahaan yang bergerak di bidang produksi *spare part* motor. Dalam menjalankan kegiatan operasionalnya, PT. XYZ mengikuti perkembangan yang ada dewasa ini. Perkembangan sistem informasi sudah tidak bisa dihindarkan lagi di dalam lingkungan perusahaan. Hal itu dapat mengubah perusahaan/instansi dalam menyelesaikan semua pekerjaannya. Sistem informasi sangat dibutuhkan untuk memberikan kemudahan dalam mencapai tujuan tertentu. Pengadaan barang merupakan salah satu kegiatan operasional yang dimiliki oleh PT. XYZ untuk mendukung kegiatan produksinya. Dalam pelaksanaannya, kegiatan pengajuan pengadaan barang masih dilakukan secara manual. Diawali dengan mengisi formulir pengajuan yang tercetak oleh karyawan. Kemudian diberikan ke atasannya, proses pengajuan pengadaan barang ini akan terus berlanjut hingga ke bagian Direktur. Kondisi ini menyebabkan penggunaan waktu yang cukup lama hingga dokumen pengajuan sampai ke Direktur karena harus menunggu tanda tangan dari setiap bagian. Hal itu membuat proses pengadaan barang membutuhkan waktu yang lama. Proses yang masih dilakukan secara manual menyulitkan pembuatan laporan mengenai pengadaan barang karena harus merekap satu persatu data yang ada pada formulir yang tercetak. Berdasarkan permasalahan tersebut, akan dibangun sebuah sistem informasi pengadaan barang berbasis web untuk mengefisienkan dan mengefektifkan proses pengadaan barang pada PT. XYZ.

Penelitian tentang pengembangan sistem informasi pengadaan barang juga pernah dilakukan oleh beberapa peneliti. Berikut penelitian yang sudah pernah dilakukan yaitu:

1. Penelitian oleh Andi Nugroho dan Nadhira Septafianti dengan judul “Aplikasi Monitoring Pengadaan Barang / Jasa Pada Direktorat Penilaian Keamanan Pangan Badan POM RI” yang dilakukan pada tahun 2017[8].
2. Penelitian oleh Agung Wahana dan Asep Ririh Riswaya dengan judul “Sistem Informasi Pengadaan Barang ATK di PT. Mekar Cipta Indah Menggunakan PHP dan Mysql” yang dilakukan pada 2013[3].
3. Penelitian yang dilakukan oleh Gundari Amboro Sati, Reza Budiawan, Suryatiningsih dengan judul “Aplikasi Pengadaan Barang/Jasa Berbasis Web (Modul: Pengadaan Barang dengan Vendor)(Studi Kasus PT Bhakti Unggul Teknovasi)” yang dilakukan pada 2018[9].

Hal yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah adanya notifikasi melalui email selama lima hari berturut-turut setelah pengajuan dibuat untuk memberitahukan pihak terkait yang berwenang memberikan persetujuan dan apabila tidak ada aksi apapun atas pengajuan tersebut maka secara otomatis sistem akan mengubah status pengajuan menjadi disetujui.

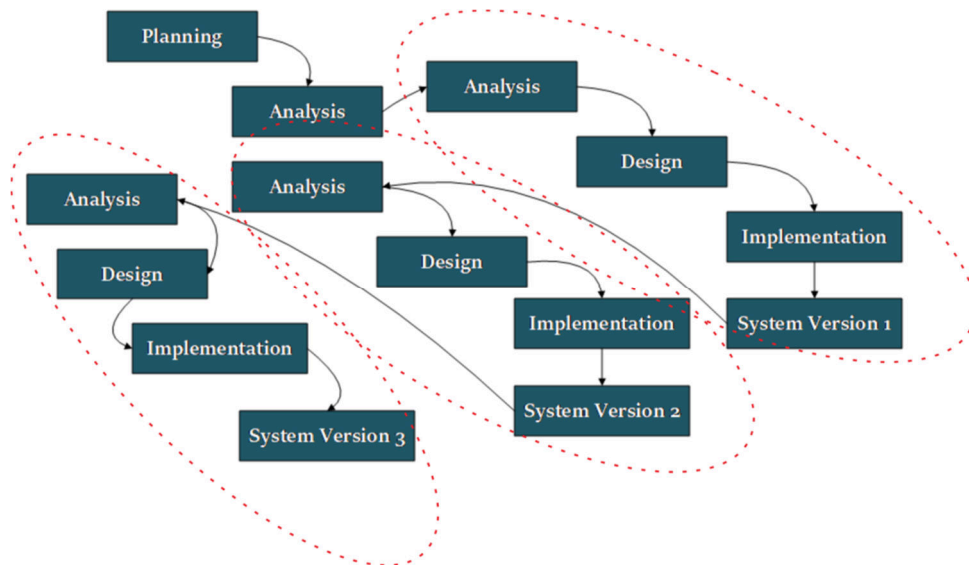
2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan untuk pengembangan perangkat lunak pengadaan barang berbasis web adalah metodologi *phased development*. Waktu yang terbatas menjadi alasan utama pemilihan metodologi tersebut. Pada Gambar 1 merupakan tabel perbandingan metodologi pengembangan perangkat lunak yang menjadi pendukung dalam menentukan perangkat lunak.

Ability to Develop Systems	Structured Methodologies			RAD Methodologies		Agile Methodologies
	Waterfall	Parallel	Phased	Prototyping	Throwaway Prototyping	XP
With Unclear User Requirements	Poor	Poor	Good	Excellent	Excellent	Excellent
With Unfamiliar Technology	Poor	Poor	Good	Poor	Excellent	Poor
That Are Complex	Good	Good	Good	Poor	Excellent	Poor
That Are Reliable	Good	Good	Good	Poor	Excellent	Good
With a Short Time Schedule	Poor	Good	Excellent	Excellent	Good	Excellent
With Schedule Visibility	Poor	Poor	Excellent	Excellent	Good	Good

Gambar 1 Teori Perbandingan Metodologi Pengembangan Perangkat Lunak [1]

Pada Gambar 2 menggambarkan pola dari metodologi *phased development*. Seperti pada metodologi *system development life cycle* (SDLC) lainnya, *phased development* memiliki empat tahapan fundamental yaitu planning, analysis, design, dan implementation, namun pada metodologi ini dilakukan proses iterasi dan menghasilkan System Version berdasarkan iterasinya.

Gambar 2 Metodologi *Phased Development*

a. Perencanaan (*Planning*) [1]

Perencanaan merupakan tahapan yang mendasar untuk memahami alasan mengapa suatu sistem informasi harus dibangun. Perencanaan juga merupakan proses untuk menentukan bagaimana proses pembangunannya berdasarkan pemahaman akan sistem informasi tersebut.

b. Analisis (*Analysis*) [1]

Analisis merupakan tahap untuk mengumpulkan data mengenai IOS yang berisi informasi siapa yang akan menggunakan sistem, apa saja kebutuhan dalam membangun sistem, bagaimana sistem diperbaiki, di mana dan kapan sistem akan digunakan. Selama tahap ini, tim proyek akan menginvestigasi sistem yang berlaku, mengidentifikasi peluang peningkatan, dan pembangunan konsep untuk sistem yang baru.

c. Perancangan (*Design*) [1]

Perancangan adalah tahapan untuk memutuskan bagaimana sistem akan dioperasikan dari segi perangkat keras, perangkat lunak dan infrastruktur jaringan. Perancangan juga merupakan tahapan untuk merancang sistem antarmuka pengguna, halaman-halaman, laporan-laporan pada program, pangkalan data yang akan digunakan serta dokumen-dokumen yang dibutuhkan.

d. Implementasi (*Implementation*) [1]

Implementasi merupakan proses pembangunan sebuah sistem berdasarkan rancangan yang dibuat pada tahap perancangan. Pada tahap ini biasanya butuh perhatian yang lebih karena merupakan tahap yang paling lama dan paling mahal dalam pembangunan sistem.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Deskripsi Sistem Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Dalam proses pengajuan barang di PT. XYZ sebelum perbaikan, karyawan terlebih dahulu membuat dokumen pengajuan pengadaan barang, setelah pembuatan dokumen selesai, dokumen tersebut diberikan kepada kepala department dalam bentuk hard copy untuk meminta persetujuan berupa tanda tangan. Ketika dokumen tersebut disetujui maka bagian kepala department akan memberikan dokumen kepada bagian GA (*General Affair*) untuk meminta persetujuan dan seterusnya hingga ke bagian Direktur. Jika Direktur sudah

menyetujui, maka dokumen tersebut akan dikembalikan ke bagian GA. Setelah itu bagian GA akan membuat dokumen pemesanan berdasarkan dokumen pengadaan barang yang sudah disetujui untuk diberikan ke bagian Keuangan. Dibagian keuangan akan dilakukan proses pemesanan dan pembayaran kepada vendor. Setelah itu bagian vendor akan mengirim barang. Barang yang dikirim akan diterima oleh bagian Gudang. Lalu bagian Gudang akan melakukan konfirmasi penerimaan barang dan menghubungi karyawan yang bersangkutan. Namun, ketika dokumen tersebut tidak disetujui, maka dokumen akan dikembalikan ke karyawan yang mengajukan. Dalam proses pengajuan barang di PT. XYZ setelah perbaikan, prosesnya tetap sama seperti proses sebelum perbaikan. Namun setelah perbaikan, proses yang manual menjadi terkomputerisasi.

3.2 Gambaran Umum Aplikasi

Aplikasi SIPB merupakan perangkat lunak berbasis web yang digunakan untuk mengelola data pengadaan barang, mempermudah persetujuan pengadaan barang dan mempermudah pembuatan laporan. Aplikasi SIPB akan dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman ASP.Net dan pangkalan data SQL Server. Fungsi-fungsi yang terdapat pada aplikasi SIPB adalah sebagai berikut:

1. Pengelolaan data pendukung proses pengadaan barang meliputi data karyawan, data vendor, data barang, dan data departemen.
2. Pengadaan barang meliputi pengajuan barang yang dilakukan oleh karyawan dan proses persetujuan yang dilakukan oleh kepala departemen dan direktur.
3. Pemesanan barang yang dilakukan oleh bagian *general affair* setelah pengajuan pengadaan barang disetujui oleh direktur.
4. Laporan pengadaan barang yang digunakan untuk mengetahui transaksi pengadaan barang pada waktu tertentu.
5. Laporan pemesan barang yang digunakan untuk mengetahui transaksi pemesanan barang pada waktu tertentu.
6. Keamanan sistem yang meliputi pengelolaan data pengguna dan hak aksesnya pada aplikasi SIPB.

3.3 Karakteristik Pengguna

Aplikasi ini menggunakan fungsi login untuk keamanan sistem dan untuk menentukan hak akses pada aplikasi. Pada Tabel 1 menjelaskan mengenai pembagian hak akses pada setiap kategori pengguna.

Tabel 1 Kategori Pengguna Aplikasi SIPB

Kategori Pengguna	Tugas	Hak Akses
Karyawan	Melakukan pengajuan pengadaan barang	Pengajuan pengadaan barang
Kepala Departemen	Melakukan persetujuan pengajuan pengadaan barang	Persetujuan pengajuan pengadaan barang
Direktur	Melakukan persetujuan pengajuan pengadaan barang	Persetujuan pengajuan pengadaan barang

<i>General Affair (GA)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan persetujuan pengajuan pengadaan barang dari kepala departemen - Mengajukan pemesanan barang 	<ul style="list-style-type: none"> - Persetujuan pengajuan pengadaan barang - Pengajuan pemesanan barang
<i>Finance</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Melihat pengajuan pemesanan barang - Melakukan pembayaran pengajuan pemesanan 	<ul style="list-style-type: none"> - Daftar pemesanan barang - Pembayaran pengajuan pemesanan barang
Wakil Direktur	Melakukan persetujuan pengajuan pengadaan barang	Persetujuan pengajuan pengadaan barang
Gudang	Melihat pengajuan pengadaan barang	Daftar pengadaan barang
Vendor	Melakukan konfirmasi pengiriman barang	Konfirmasi pengiriman barang

3.4 Antarmuka Pengguna

Antarmuka pengguna adalah bentuk tampilan yang diperlihatkan kepada pengguna. Antarmuka pengguna menjadi komponen yang penting dalam pembangunan sebuah aplikasi pendukung sistem informasi. Antarmuka pengguna harus dibuat sesuai dengan kebutuhan dari pengguna sehingga mudah digunakan ketika sudah diimplementasi. Gambar 3 merupakan salah contoh dari antarmuka pengguna dari aplikasi SIPB.

Gambar 3 Tampilan Formulir Tambah Pengajuan Pengadaan Barang

3.5 Pengujian dan Hasil

Pengujian aplikasi SIPB menggunakan dokumen testing dengan menguji seluruh fungsi yang ada di dalamnya. Adapun hasilnya sebagai berikut:

AS GA
Semua Cepat Semua Mudah

Dashboard
Kelola Data
Pengadaan Barang

Tambah Data Pengadaan Barang

ID Pengadaan Barang
28022019-02

Barang
pensil

Vendor
Andika

Nama Vendor

Email Vendor

Alamat Vendor

Telepon Vendor

Gambar 4 Tampilan Formulir Tambah Pengajuan Pengadaan Barang

Gambar 4 merupakan tampilan formulir tambah pengajuan pengadaan barang. Dengan adanya halaman ini, membuktikan bahwa aplikasi SIPB dapat mempermudah pengajuan pengadaan barang tanpa memerlukan formulir cetak sehingga dapat mengurangi penggunaan kertas.

AS GA
Semua Cepat Semua Mudah

Dashboard
Kelola Data
Pengadaan Barang

Konfirmasi Pengadaan Barang

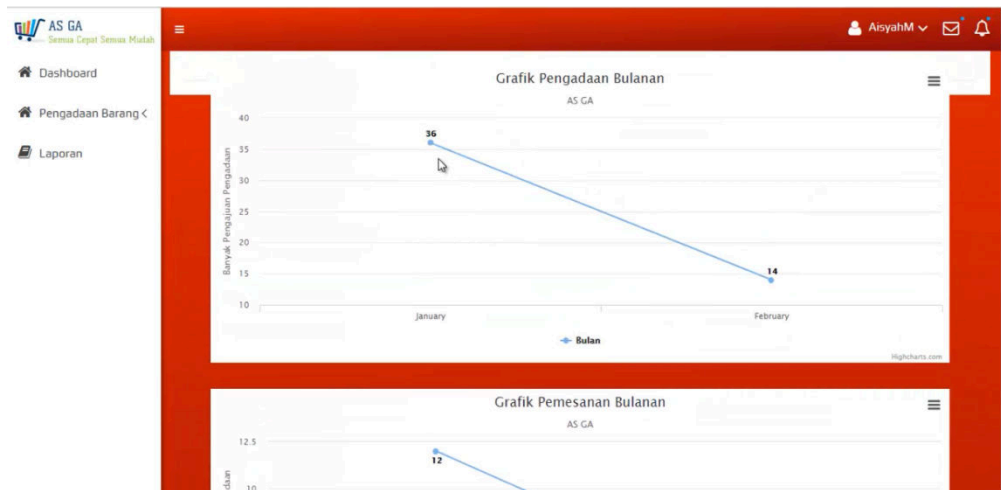
Melakukan konfirmasi pengajuan

Kode Pengadaan	Nama Karyawan	Nama Barang	Nama Vendor	Jumlah	Harga	Total	Aksi
28022019-02	AISYAH MILANIA SALSHA	pensil	Milania	4	Rp. 34,550,685	Rp. 138,202,740	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Pengadaan Barang ID	Nama Karyawan	Nama Barang	Nama Vendor	Jumlah	Harga	Total	Aksi
28022019-02	AISYAH MILANIA SALSHA	Tas	Rizky	1	Rp. 35,000	Rp. 35,000	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Gambar 5 Tampilan Formulir Tambah Pengajuan Pengadaan Barang

Gambar 5 merupakan tampilan untuk konfirmasi pengajuan pengadaan barang yang dapat dilakukan oleh kepala departemen, wakil direktur, dan direktur. Halaman ini membuktikan bahwa aplikasi SIPB mempermudah dalam proses persetujuan pengajuan pengadaan barang.



Gambar 6 Tampilan Grafik Pengadaan Bulanan

Gambar 6 merupakan tampilan laporan mengenai transaksi pengadaan bulanan. Halaman tersebut dapat membuktikan bahwa aplikasi SIPB mempermudah dalam pembuatan laporan transaksi pengadaan dan pemesanan data.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa aplikasi SIPB dibuat untuk mendukung sistem informasi pengadaan barang pada PT. XYZ dalam hal:

- Mengurangi penggunaan kertas untuk pengajuan pengadaan barang karena sudah digantikan dengan formulir pada aplikasi SIPB.
- Membangun aplikasi terkomputerisasi untuk mengintegrasikan proses pengadaan barang di PT. XYZ karena aplikasi tersebut sudah melingkupi proses pengolahan data terkait pengadaan barang, pengajuan pengadaan barang, persetujuan pengadaan barang, pemesanan dan pengecekan pengadaan barang.
- Mempermudah proses persetujuan karena pada aplikasi SIPB sudah ada fungsi untuk menyetujui pengajuan pengadaan barang sehingga tidak perlu menemui orang yang bersangkutan.
- Membantu proses pembuatan laporan transaksi pengadaan dan pemesanan barang yang diajukan oleh karyawan karena pada aplikasi SIPB sudah menyimpan *history* data transaksi pengadaan barang.

5. Saran

Saran untuk pembangunan aplikasi SIPB pada PT. XYZ selanjutnya yaitu:

- Menambahkan fitur-fitur yang berguna untuk mendukung proses pengadaan barang.
- Melakukan pemeliharaan aplikasi dengan baik agar sistem informasi pengadaan pada PT. XYZ dapat berjalan dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] B. H. W. d. D. T. Dennis Alan. (2019). System Analysis and Design with UML Version 2.0 : Object-Oriented Approach. New York: Wiley
- [2] K. Rasyid dan K. Ghazali.(2012).Rancang Bangun Sistem Informasi Pengadaan Langsung di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. p. 6
- [3] Wahana, A., & Riswaya, A. R. (2013). Sistem Informasi Pengadaan Barang ATK Di PT. Mekar Cipta Indah Menggunakan Php Dan Mysql. *Jurnal Computech & Bisnis*, 7(2), 73-83.

- [4] Chen, Y. C., Chu, C. N., Sun, H. M., Chen, R. S., & Yang, Y. H. (2014). Design and Implement of a Web-based E-Procurement System Platform for Shipping Line. *WSEAS Transactions on Computers*, 13, 381-393.
- [5] T. Point, "C# Tutorial," 2019. [Online]. Available: <https://www.tutorialspoint.com/csharp/index.htm>. [Diakses 11 November 2019].
- [6] Microsoft, "SQL Server Tutorial," 2019. [Online]. Available: <http://www.sqlservertutorial.net/>. [Diakses 11 November 2019].
- [7] Mahdiana, D. (2016). Analisa dan rancangan sistem informasi pengadaan barang dengan metodologi berorientasi obyek: studi kasus PT. Liga Indonesia. *Telematika MKOM*, 3(2), 36-43.
- [8] Nugroho, A., & Septafianti, N. (2016). Aplikasi Monitoring Pengadaan Barang/Jasa Pada Direktorat Penilaian Keamanan Pangan Badan POM RI. *Jurnal Format*, 6(2), 39-55.
- [9] Syam, A. E., Budiawan, R., & Suryatiningsih, S. (2018). Aplikasi Pengadaan Barang/jasa Berbasis Web (modul: Pengadaan Barang Dengan Customer)(studi Kasus: Pt Bhakti Unggul Teknovasi). *eProceedings of Applied Science*, 4(3).

IMPLEMENTATION OF QR CODE ON E-CERTIFICATE FOR EVENTS AT MARANATHA CHRISTIAN UNIVERSITY

Bernard Renaldy Suteja¹⁾, Radiant Victor Imbar²⁾, Meliana Christianti Johan³⁾

Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Maranatha
Jl. Surya Sumantri 65 Bandung
Email : ¹bernard.rs@it.maranatha.edu

Abstract

Every participation in the activity is always proven by the presence of a certificate. Issuance of certificates requires fees for paper, printing and distribution. The emergence of the era of paper less should be able to transform the presence of the certificate. Paperless is stopped by the presence of digital documents that can be accessed independently (portable), easily and across platforms. Portable Document Format or abbreviated as PDF one of the popular documents that can be distributed via the internet. So that PDF can be used as a document base to realize e-Certificate. However, it is necessary to develop a good application to facilitate the presence of the e-Certificate, and present solutions related to the authenticity of the certificates produced.

Keywords : *e-certificate, portable document, paper less.*

1. Pendahuluan

Setiap keikutsertaan dari kegiatan selalu dibuktikan dengan hadirnya sebuah sertifikat. Penerbitan sertifikat membutuhkan adanya biaya untuk kertas, cetak dan distribusinya. Distribusi dilakukan dengan membagikan kepeserta - tentunya dengan adanya biaya kirim, dan bisa juga dilakukan dengan peserta mengambil sendiri ke sekretariat. Hasil dari pengamatan pada Unit dan Lembaga di lingkungan Universitas Kristen Maranatha masih banyak yang tidak mengambil sertifikat tersebut. Peserta dalam hal ini adalah Mahasiswa baru akan peduli dan mengambil saat dibutuhkan untuk melengkapi suatu syarat. Sehingga Unit dan Lembaga sering menyimpan sertifikat yang sudah dicetak untuk kurun waktu yang lama. Akibatnya ketika diambil kondisi tersebut sudah kurang baik dan atau bahkan keselip dan hilang.

Munculnya era paper less seharusnya mampu mentransformasi kehadiran sertifikat tersebut. Paper less tentunya tidak sama artinya dengan tanpa kertas. Paper less lebih tepat diartikan sebagai meminimalkan penggunaan dari kertas itu sendiri. Paper less diidentikan dengan hadirnya dokumen-dokumen digital yang dapat diakses secara mandiri (portable), mudah dan lintas platform.

Portable Document Format atau disingkat dengan PDF salah satu dokumen populer yang dapat distribusikan melalui internet. PDF file menjadi populer karena ukurannya yang relatif kecil dan ringan dalam pendistribusiannya melalui internet jika dibandingkan dengan format dokumen lainnya. Hingga saat ini telah banyak aplikasi pembaca dokumen PDF tersebut, bahkan hampir setiap browser sudah menyertakannya. Sehingga PDF dapat dijadikan sebagai basis dokumen untuk mewujudkan e-Certificate.

Membuat atau menghadirkan sebuah e-Certificate sudah seharusnya mampu mengatasi permasalahan yang ada pada sertifikat konvensional yang berbasis kertas. Beberapa permasalahan yang menjadi kekurangan dari sertifikat konvensional adalah mudah rusak (pudar hingga sobek), hilang, dan mudah dipalsukan (reproduksi). E-Certificate yang

hadir dalam bentuk softcopy atau file dokumen akan mampu mengurangi permasalahan sertifikat yang rusak, pengarsipan file yang baik akan mampu mengurangi permasalahan sertifikat yang hilang. Namun demikian permasalahan pemalsuan menjadi hal yang sulit untuk diatasi. Cara yang paling umum dilakukan pada sertifikat konvensional adalah mendeteksi keaslian tanda tangan dan ciri-ciri yang lain. Di era teknologi yang demikian pesat maka sertifikat konvensional bisa dibuat sangat mirip. Sehingga dengan demikian e-Certificate harus juga melibatkan tanda tangan digital untuk menghadirkan solusi terkait dengan keaslian.

Pemerintah Indonesia sedang giat-giatnya melakukan perubahan dalam tata kelola penyelenggaraan pemerintahan, dari tata kelola penyelenggaraan pemerintahan konvensional menjadi tata kelola penyelenggaraan pemerintahan berbasis digital atau sering kita dengar sebagai e-government. Dengan dukungan kemajuan dalam bidang teknologi dan informasi yang berkembang dengan pesat saat ini, membuka peluang dalam hal pemanfaatan, pengelolaan, pendayagunaan dan pengaksesan informasi secara cepat dan akurat [1]. Di Indonesia sendiri terdapat produk hukum yang mendukung legalitas e-Certificate. Seperti PP menandatangani Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 24 tentang Pelayanan Perizinan Berusaha Terintegrasi Secara Elektronik, tanda tangan elektronik disamakan dengan tanda tangan manual sebagaimana dijamin dalam penjelasan Pasal 11 UU ITE. Maka Pasal 1869 jo Pasal 1874 Kitab Undang-Undang Hukum Perdata dan Pasal 1 Ordonansi 1867 No. 29 juga berlaku pada tanda tangan elektronik sehingga dengan diberi tanda tangan elektronik maka dokumen elektronik tersebut memiliki kekuatan hukum [2]. Salah satu tanda tangan elektronik yang dapat dimanfaatkan adalah QR Code. Bank Indonesia juga telah peraturan tentang pedoman implementasi Quick Response (QR) Code Indonesian Standard (QRIS). Pedoman itu tertuang dalam Peraturan Anggota Dewan Gubernur (PADG) No.21/18/PADG/2019 tentang Implementasi Standar Nasional Quick Response Code untuk Pembayaran pada 16 Agustus 2019 [3].

Penelitian ini akan pengembangan sebuah sistem e-Certificate untuk penyelenggaraan kegiatan di Universitas Kristen Maranatha, dengan mengimplementasikan tanda tangan digital berbasis QR Code sebagai jaminan keaslian e-Certificate yang dihasilkan. Keaslian e-Certificate dilakukan dengan verifikasi QR Code yang terdapat pada e-Certificate.

2. Metodologi Penelitian

e-Certificate sendiri merupakan kependekan dari elektronik certificate atau sertifikat elektronik atau lebih dikenal dengan sertifikat digital. Terdapat penjelasan terkait e-Certificate :

1. Sertifikat tersebut hadir dalam sebuah file dengan format dokumen tertentu (bisa PDF, atau file gambar) atau hasil pindaian. Tujuan sertifikat ini untuk menggantikan keberadaan sertifikat konvensional yang harus dicetak dalam media kertas tertentu.
2. Sertifikat tersebut juga hadir dalam bentuk file teks yang terenkripsi. File sertifikat ini menjadi suatu identitas yang dapat dimanfaatkan untuk suatu kegiatan atau transaksi pertukaran data yang aman. Dikatakan aman karena dalam enkripsi tersebut terdapat tanda tangan digital yang disertakan.

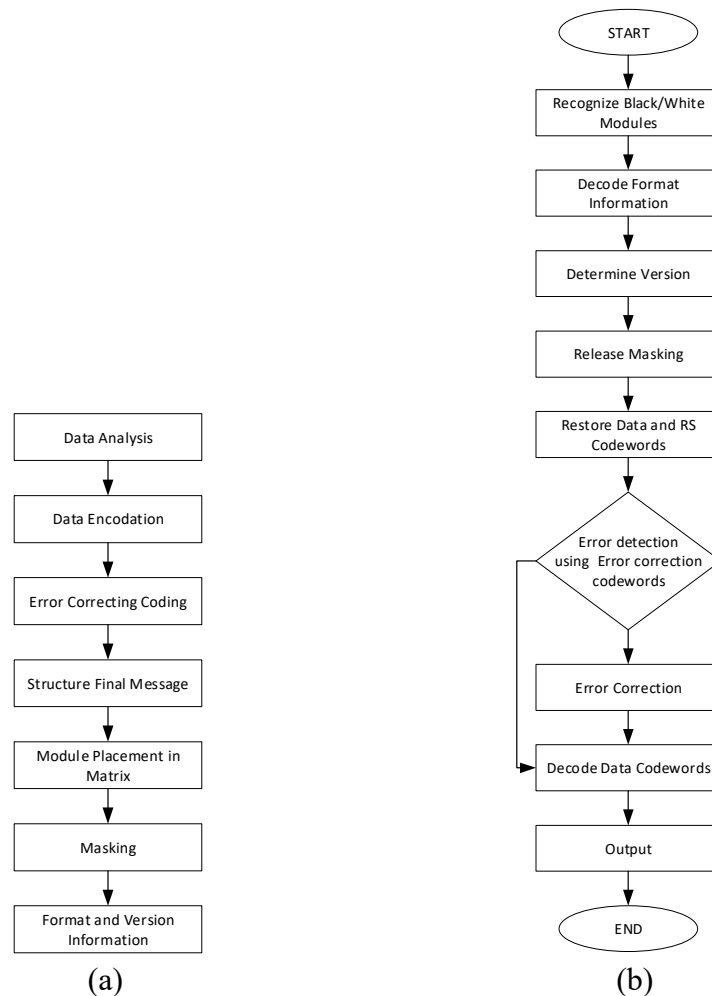
Dalam konteks penelitian ini maka yang dimaksud dengan e-Certificate adalah sebuah dokumen digital berformat PDF yang memiliki tanda tangan digital sebagai pengesahan dan untuk pengujian keaslian sertifikat tersebut. Tanda tangan yang digunakan berbasis pada QR Code.

QR Code adalah image berupa matriks dua dimensi yang memiliki kemampuan untuk menyimpan data di dalamnya. QR Code merupakan evolusi dari kode batang (barcode). Barcode merupakan sebuah symbol penandaan objek nyata yang terbuat dari pola batang-batang berwarna hitam dan putih agar mudah untuk dikenali oleh komputer [4]. Contoh sebuah QR Code dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Contoh QR Code

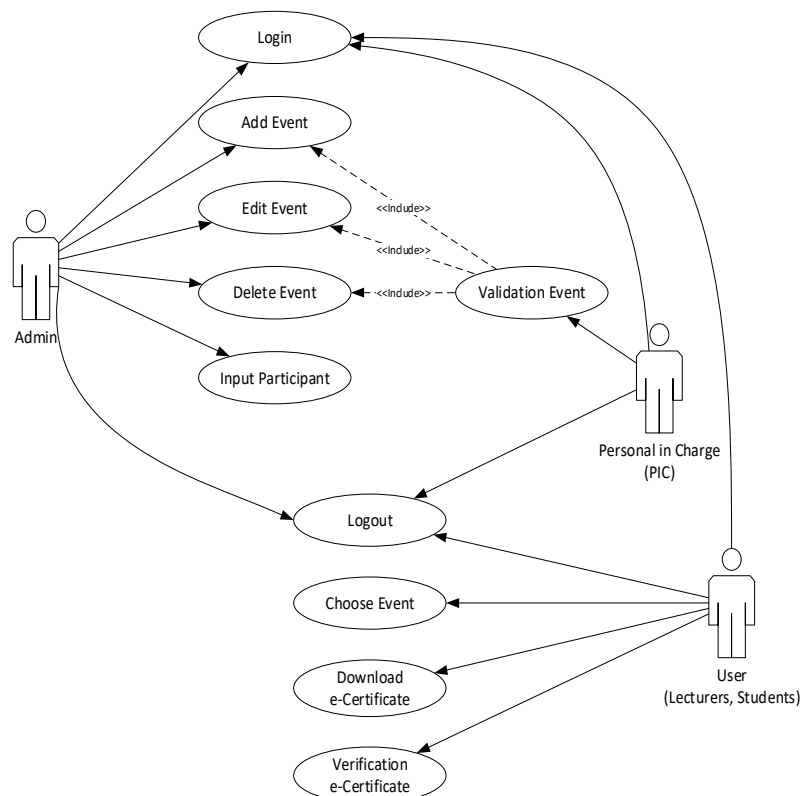
QR Code merupakan singkatan dari Quick Response Code, atau dapat diterjemahkan menjadi kode respon cepat. QR Code dikembangkan oleh Denso Corporation, sebuah perusahaan Jepang yang banyak bergerak di bidang otomotif. QR Code ini dipublikasikan pada tahun 1994 dengan tujuan untuk pelacakan kendaraan di bagian manufaktur dengan cepat dan mendapatkan respon dengan cepat. Prosedur pembangkitan QR Code [6] dari sebuah teks dapat dijelaskan dengan diagram pada gambar 2a. Langkah-langkah untuk membaca QR Code [6] menjadi teks aslinya merupakan reverse atau kebalikan dari langkah-langkah pada pembangkitan QR Code. Secara umum prosedur pembacaan QR Code dapat dijelaskan dengan diagram pada gambar 2b.



Gambar 2. (a) Diagram proses pembangkitan QR Code
(b) Diagram proses pembacaan QR Code

Sistem e-Certificate diwujudkan dalam bentuk sebuah aplikasi berbasis web yang memiliki dua tugas utama yaitu: tugas pertama adalah menghasilkan e-certificate lengkap dengan QR Code dan tugas kedua adalah memverifikasi QR Code sehingga dapat dipakai untuk menguji keaslian sertifikat yang dihasilkan oleh aplikasi.

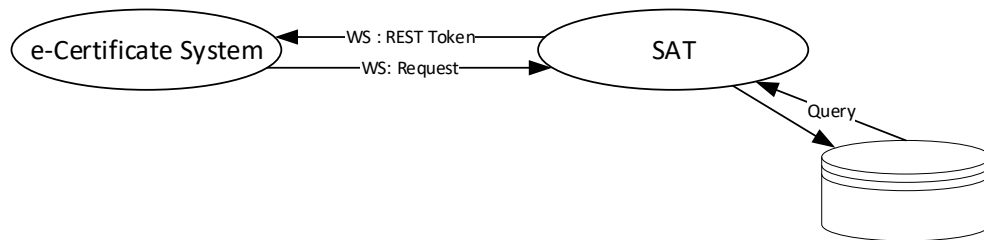
Use case diagram dari sistem ini (gambar 3) melibatkan tiga aktor yaitu administrator, personal in charge (PIC) dan pengguna yaitu dosen dan mahasiswa. Aktor administrator melakukan pengelolaan event dan input peserta event. Administrator di dalam lingkungan universitas dapat unit, lembaga, badan, fakultas hingga prodi. Aktor PIC adalah yang bertanggung jawab dalam penyelenggaraan event sekaligus yang mengesahkan sertifikat. Aktor pengguna melakukan pemilihan event yang pernah diikuti, mendownload sertifikat, dan dapat melakukan verifikasi keaslian sertifikat berdasarkan QRCode yang ada di sertifikat.



Gambar 3. Use Case e-Sertificate System

System e-Certificate yang dibuat melibatkan integrasi dengan sistem akademik terpadu (SAT) Universitas Kristen Maranatha. SAT merupakan pangkalan data dosen dan mahasiswa. Identitas dosen dan mahasiswa akan dapat diidentifikasi dari sebuah nomor registrasi, untuk dosen adalah Nomor Induk Karyawan (NIK) dan mahasiswa adalah Nomor Registrasi Pokok (NRP). NIK dan NRP digunakan untuk login dalam sebuah SAT.

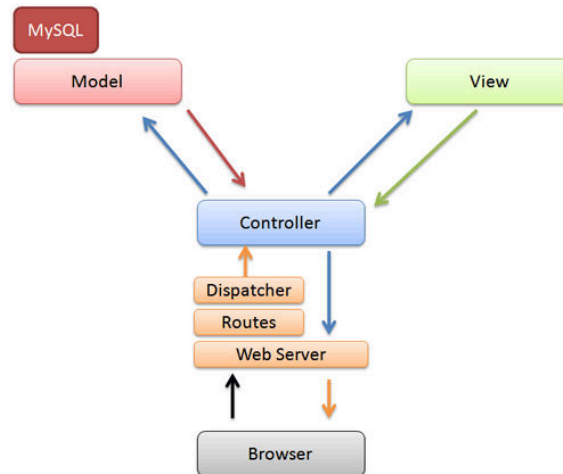
Web service (WS) dapat digunakan untuk melakukan pertukaran data yang memiliki beda platform [5]. SAT memiliki WS yang dapat digunakan dalam lingkungan pengembangan software di Universitas Kristen Maranatha. WS sebagai application programming interface (API), yang digunakan oleh System e-Certificate untuk berkomunikasi. System e-Certificate melakukan login dengan bantuan WS tersebut (gambar 4).



Gambar 4. Arsitektur e-Sertificate System

System dikembangkan dengan menggunakan pendekatan pola desain (design pattern) arsitektur pengembangan aplikasi MVC (Model, View, Controller). MVC membagi aplikasi ke dalam tiga bagian fungsional: model, view, dan controller (gambar 5).

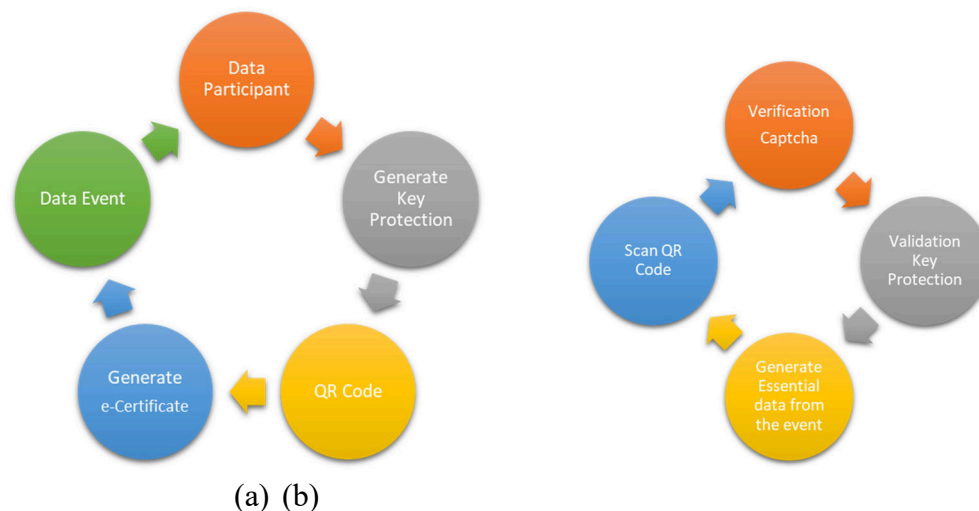
1. Model adalah kode-kode untuk model bisnis dan data. biasanya berhubungan langsung dengan database untuk memanipulasi data (insert, update, delete, search), menangani validasi dari bagian controller, namun tidak dapat berhubungan langsung dengan bagian view. Model yang dibuat adalah untuk mendapatkan data sertifikat seperti event dan PIC dan verifikasi sertifikat.
2. View merupakan bagian yang menangani presentation logic. berisi kode-kode untuk tampilan. View yang dibuat adalah login, tampilan sertifikat, dan tampilan verifikasi
3. Controller merupakan bagian yang mengatur hubungan antara bagian model dan bagian view, controller berfungsi untuk menerima request dan data dari user kemudian menentukan apa yang akan diproses oleh aplikasi. Controller yang dibuat untuk berkomunikasi ke WS, menghasilkan QRCode dan kode kunci sertifikat, berkomunikasi dengan model dan view.



Gambar 5. MVC e-Sertificate System

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam aplikasi yang dibuat maka untuk implementasi system e-Certificate di wujudkan dalam dua proses yaitu : memperoleh sertifikat dan menguji keaslian dari sertifikat yang dihasilkan (gambar 6a). Proses memperoleh melewati lima tahap, diawali dari data event yang dipilih hingga pada akhirnya menghasilkan e-certificate. Bagian yang penting dalam proses ini adalah tahap menghasilkan key protection yang terdiri dari 5 karakter acak kombinasi angka dan huruf dan tahap menghasilkan QR Code yang berisi informasi untuk verifikasi.



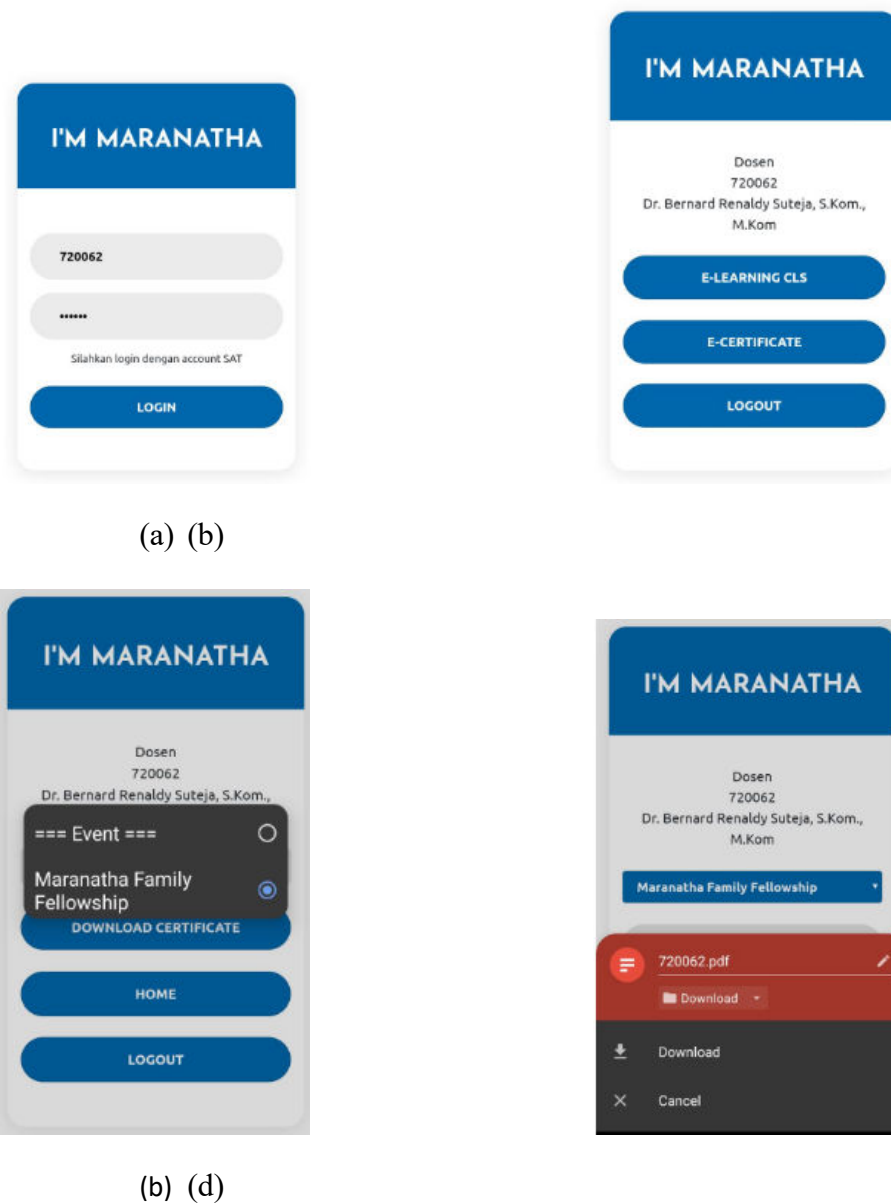
(a) (b)
 Gambar 6. (a) Tahap-tahap menghasilkan e-Certificate
 (b) Tahap-tahap menguji keaslian e-Certificate

Key protection merupakan kombinasi data event dan pengguna yang kemudian dilakukan proses hashing (bagian dari teknik digest) selanjutnya dilakukan proses enkripsi kemudian secara random diambil 5 karakter sebanyak 2 kali. 5 karakter pertama akan digunakan untuk menghasilkan QR Code dan kemudian 5 karakter selanjutnya di letakkan di bagian bawah QR Code. Key protection digunakan dalam proses verifikasi keaslian e-certificate. Ilustrasi terkait dengan key protection seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Key Protection pada e-Certificate

Proses pengujian keaslian sertifikat (gambar 6b) dimulai dari scan QR Code diikuti dengan verifikasi captcha dan kemudian dekripsi kedua kunci yang ada di QR Code dan 5 karakter yang diletakkan berada di bawah QR Code. Hasil dari proses verifikasi akan memunculkan informasi penting terkait informasi seminar dan peserta yang mengikuti. Jika terjadi ketidak aslian maka akan muncul informasi sertifikat tidak valid. Implementasinya pada aplikasi untuk menghasilkan e-certificate, diawali dari proses login hingga proses download sertifikat. Gambar 6b menunjukan urutan tahap dalam proses ini.



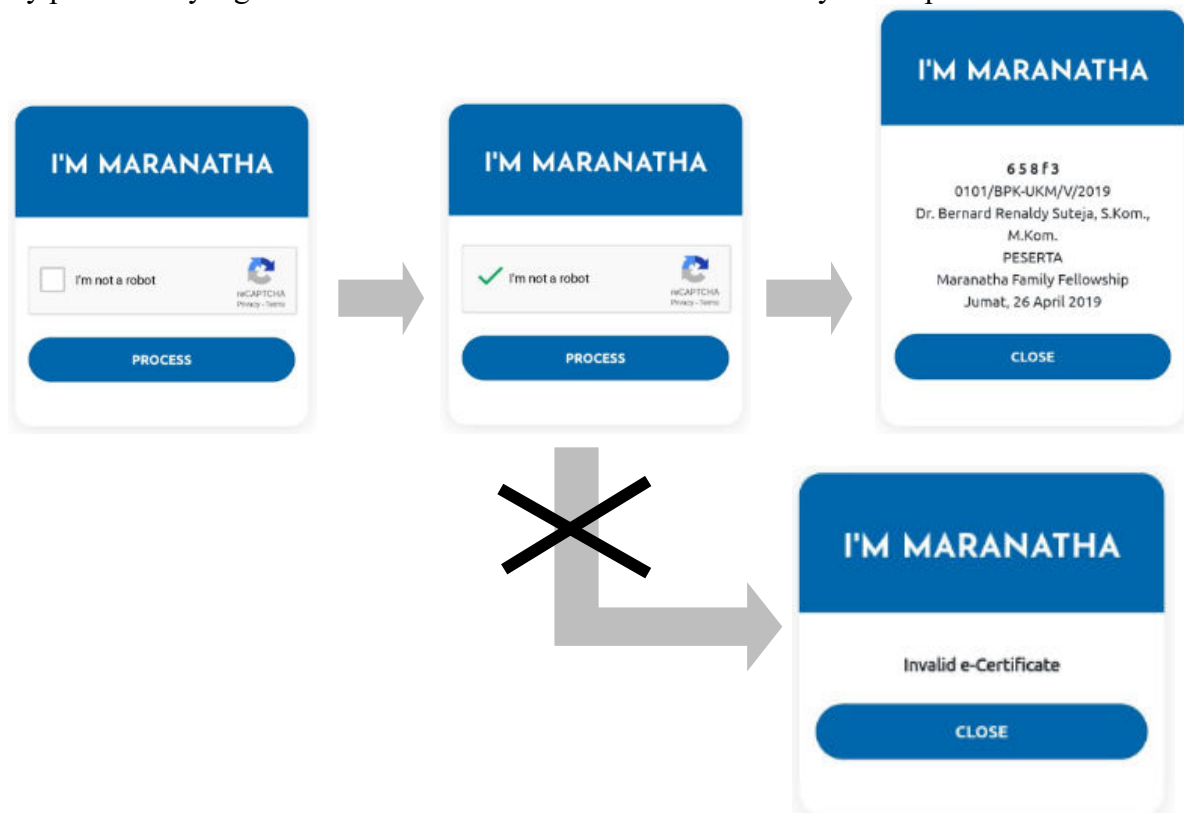
Gambar 8. Urutan user interface memperoleh e-Certificate

E-Certificate yang dihasilkan oleh aplikasi ini (gambar 9) telah melalui proses kompresi yang baik sehingga tidak mengurangi kualitas baik image dan karakter yang tertera. E-Certificate yang dihasilkan melalui aplikasi memiliki ukuran file kurang dari 50Kb (gambar 10). Hasil dari e-certificate yang telah didownload seperti gambar 12 dapat dilakukan pengujian keasliannya. Pengujiannya dengan melakukan pemindaian QR Code dengan aplikasi QR Code reader apapun.



Gambar 9. Contoh e-Certificate

Pengujian e-Certificate dilakukan dengan memindai QR Code yang ada di e-Certificate. Dengan melalui tahap verifikasi maka jika sertifikat tersebut tidak sesuai dengan key protection yang telah disertakan maka sertifikat tersebut dinyatakan palsu.



Gambar 10. Urutan user interface verifikasi e-Certificate

4. Kesimpulan

Sistem e-Certificate telah dapat diimplementasikan kedalam sebuah aplikasi. Aplikasi dapat menghasilkan sebuah e-Certificate yang aman dengan double protection sesuai dengan event yang diikuti oleh seorang peserta baik dosen atau mahasiswa Universitas Kristen Maranatha. E-Certificate dapat didownload dan dicetak untuk keperluan yang dibutuhkan oleh peserta. Pengujian keaslian e-Certificate juga dapat dilakukan dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] Nugraha, A. dan Mahardika A., Penerapan Tanda Tangan Elektronik pada Sistem Elektronik Pemerintahan Guna Mendukung E-Government. Seminar Nasional Sistem Informasi, 2016.
- [2] Angel Firstia Kresna, Legalitas Tanda Tangan Elektronik Pejabat Dalam Rangka Mendukung E-Government, <https://www.mahkamahagung.go.id/id/artikel/3737/legalitas-tanda-tangan-elektronik-pejabat-dalam-rangka-mendukung-e-government>, diakses Senin, 4 November 2019 13:03 WIB
- [3] Bank Indonesia, QRIS, Satu QR Code untuk Semua Pembayaran, https://www.bi.go.id/id/ruang-media/siaran-pers/Pages/SP_216219.aspx, diakses Selasa, 5 November 2019 10:50 WIB
- [4] Law, C. Y., & So, S. (2010). QR codes in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE)*, 3(1), 7.
- [5] Suteja, B. R. (2018). Pencarian Content Portal Web Berita Dengan Teknik Sindikasi Berbasis Ajax-Soap Web Service. *Compiler*
- [6] Herlina, E., & Hidayatulloh, T. (2017). Penerapan QR Code Untuk Sistem Absensi Siswa SMP Berbasis Web. *Jurnal Teknologi dan Informasi*, 7(2).

DEVELOPMENT AN ANDROID BASED PEMERIKSAAN 5 MENIT (P5M) INFORMATION SYSTEM

Candra Bagus Kristanto¹⁾, Eko Abdul Goffar²⁾, Radix Rascal³⁾

Program Studi Sistem Informasi, Politeknik Manufaktur Astra

Komplek Astra International Tbk, Gedung – B,
Jl. Gaya Motor Raya No. 8, Sunter, Jakarta 14330

Email : ¹Candra.bagus@polman.astra.ac.id

Abstract

P5M is a readiness inspection activity such as attributes and student meetings before practicing. Students whose attributes are incomplete will be recorded in P5M sheet. Each attribute has an agreed point or hour deducted. Constraints that occur in the Astra Manufacturing Polytechnic, namely the filling process of P5M sheets is still manual. This causes the recapitulation time to be reduced to an average of 5 minutes. This causes the process of reducing the amount of jam students become obstructed. To overcome this, an Android-based P5M information system was made. This information system was developed using Extreme Programming programming and a MySQL database. With the P5M information system, it can eliminate the process of recapitulation of minus hours, which averagely 5 minutes every week at 13 Technical Implementation Units (UPT) becomes automatic. In addition, the P5M system can reduce paper usage by 3696 papers.

Keywords: Information Systems, Extreme Programming, Android.

1. Pendahuluan

P5M merupakan suatu kegiatan yang ditujukan untuk memeriksa kesiapan mahasiswa untuk mengikuti perkuliahan. Proses P5M dilakukan setiap pagi dan sore hari. Pemeriksaan kesiapan yang dilakukan meliputi pemeriksaan atribut hingga kehadiran mahasiswa. Tiap – tiap atribut memiliki poin pelanggaran atau jam minus masing – masing. Setiap mahasiswa yang tidak mengenakan atribut sesuai dengan peraturan atau tidak hadir P5M, akan mendapatkan jam minus sesuai pelanggaran yang dilakukan. Mahasiswa yang atributnya tidak lengkap akan dicatat dalam lembar P5M. Lembar P5M berisi atribut – atribut yang harus digunakan mahasiswa. Data pada lembar P5M ini akan dilakukan rekapitulasi oleh koordinator tingkat. Hasil dari rekapitulasi ini yang nantinya akan dimasukkan ke dalam Sistem Informasi Akademik (SIA) Politeknik Manufaktur Astra. Mahasiswa dapat mengetahui jumlah jam minusnya melalui SIA. Ketika mahasiswa mengetahui jumlah jam minusnya, maka mahasiswa dapat mulai mencari pekerjaan atau jam plus untuk membayar jam minus yang dimiliki. Kendala yang ada, yaitu proses pencatatan P5M dan proses rekapitulasi masih manual. Hal ini membuat proses rekapitulasi yang dilakukan oleh koordinator tingkat rata - rata 5 menit setiap minggu. Hal ini dikarenakan jumlah mahasiswa yang banyak serta P5M dilakukan 2 kali sehari, sehingga data yang harus dilakukan rekapitulasi banyak. Proses rekapitulasi yang lama, berdampak pada pembaruan informasi jam minus mahasiswa. Ketika mahasiswa terlambat atau terhambat mendapatkan pembaruan terkait jam minus mereka, maka pembayaran yang mereka lakukan juga terhambat dan berdampak pada kondisi perkuliahan mereka. Mahasiswa yang memiliki jam minus lebih dari 40, akan mendapatkan Surat Peringatan (SP) 1. Hal ini tercantum pada buku Pedoman Mahasiswa Politeknik Manufaktur Astra. Selain itu, pembaruan yang terhambat, membuat mahasiswa tidak tenang dalam perkuliahan, karena memikirkan jam minus yang mereka

punya. Hal ini dikarenakan, mahasiswa yang masih memiliki jam minus pada saat pergantian semester, tidak diperkenankan mengikuti perkuliahan.

Kendala lain yang diakibatkan oleh proses pencatatan P5M dan proses rekapitulasi yang masih manual adalah penggunaan kertas yang banyak. Di Politeknik Manufaktur Astra, terdapat 8 konsentrasi. Tiap – tiap konsentrasi, terdiri dari 3 kelas atau tingkat dan masing – masing tingkat terdiri dari 20-30 mahasiswa. Penggunaan kertas untuk P5M tiap tahunnya adalah 3696 kertas. Penggunaan kertas dihasilkan dari 14 kelas dan 1 kertas tiap hari untuk masing – masing kelas. Untuk mengatasi masalah tersebut, dibuatlah sebuah sistem informasi untuk mengotomatisasi proses rekapitulasi dan membuat proses pencatatan P5M menjadi terkomputerisasi. Dengan menggunakan sistem informasi ini, ditargetkan mampu mempercepat proses rekapitulasi jam minus mahasiswa. Hal ini didukung dengan adanya otomatisasi perhitungan jam minus mahasiswa. Selain itu, dengan adanya sistem informasi ini dapat menghilangkan penggunaan kertas pada proses P5M, sehingga penggunaan kertas perusahaan dapat berkurang sebanyak 3696 kertas.

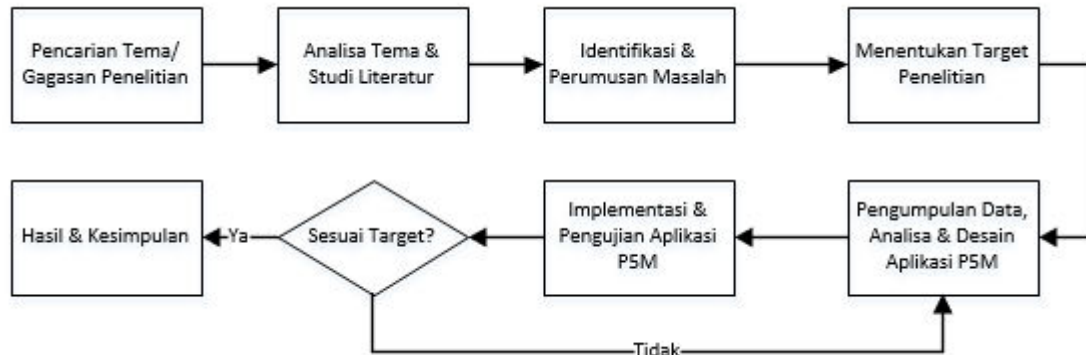
Penelitian tentang otomatisasi absensi juga pernah dilakukan sebelumnya. Aplikasi pada ponsel dapat digunakan sebagai sistem informasi untuk absensi online karena fungsinya yang jauh lebih praktis dan efisien [5]. Absensi *real-time* mampu memberikan keterangan hadir dan tidak hadir berdasarkan absensi pada web [6]. Report absensi *real-time* untuk wali murid mendukung dalam proses pemantauan mahasiswa atau murid dari orang tua wali [7]. Pada sistem P5M, terdapat fitur yang membedakan, yaitu rekapitulasi jam minus per mahasiswa secara otomatis berdasarkan absensi P5M.

2. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan untuk membuat sistem informasi P5M adalah *System Development Life Cycle* (SDLC) dengan metodologi *Extreme Programming* (XP). SDLC merupakan proses untuk memahami bagaimana sistem informasi dapat mendukung kebutuhan bisnis, merancang, sistem, membangun sistem, dan memberikannya kepada pengguna. SDLC terdiri dari empat tahapan yaitu perencanaan dan seleksi, analisis, desain, implementasi dan operasional. SDLC membangun sistem secara bertahap untuk memahami dan menyeleksi keadaan serta proses yang dilakukan agar dapat mendukung kebutuhan pengguna.

XP dibangun berdasarkan empat nilai inti: komunikasi, kesederhanaan, umpan balik, dan keberanian. Keempat nilai ini memberikan dasar yang digunakan pengembang XP untuk membuat sistem apa pun. Pertama, pengembang harus memberikan umpan balik cepat kepada pengguna akhir secara terus menerus. Kedua, XP mengharuskan pengembang untuk mengikuti prinsip KISS. Ketiga, pengembang harus membuat perubahan tambahan untuk menumbuhkan sistem, dan mereka tidak hanya harus menerima perubahan, mereka juga harus merangkul perubahan. Keempat, pengembang harus memiliki mentalitas yang mengedepankan kualitas. XP juga mendukung anggota tim dalam mengembangkan keterampilan mereka sendiri. Tiga kunci utama yang digunakan XP untuk menciptakan sistem yang sukses adalah pengujian berkelanjutan, pengkodean sederhana yang dilakukan oleh pasangan pengembang, dan interaksi yang erat dengan pengguna akhir untuk membangun sistem dengan sangat cepat. Pengujian dan pengkodean yang efisien adalah inti dari XP. Kode program diuji setiap hari dengan pengguna akhir. Jika ada kutu, kode langsung dikoreksi hingga benar – benar bebas dari galat.

Pemilihan metodologi XP didasarkan pada 2 faktor, yaitu penguasaan teknologi dan waktu pelaksanaan. Pengembangan sistem informasi P5M berbasis Android dan waktu pengembangan yang cepat. Teknologi android yang belum familier serta waktu yang pengembangan yang cepat membuat XP mejadi metodologi yang cocok digunakan. XP baik digunakan pengembangan pada teknologi yang kurang familier dan waktu pengembangan yang cepat [2].



Gambar 1 Diagram Alir

Gambar 1 merupakan diagram alir pembuatan sistem P5M. Metodologi XP digunakan pada proses pengumpulan data dan implementasi aplikasi P5M. Setiap hasil implementasi, akan langsung didiskusikan dengan pengguna atau *user*. Ketika tidak sesuai dengan target yang ditentukan pada proses sebelumnya, maka akan kembali lagi ke proses pengumpulan data dan implementasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Sistem informasi P5M dibuat dengan aplikasi menggunakan bahasa Android. Aplikasi ini merupakan aplikasi yang diharapkan dapat menghilangkan proses rekapitulasi jam minus dan penggunaan kertas untuk lembar P5M. Aplikasi ini dijalankan oleh koordinator tingkat, dimana koordinator tingkat dapat menambahkan data P5M, melihat rekapitulasi jam minus, dan melihat data P5M. Proses bisnis aplikasi P5M ini dimulai dengan kegiatan P5M. Koordinator tingkat akan memeriksa atribut dan kehadiran mahasiswa. Ketika terdapat mahasiswa yang tidak hadir atau terdapat mahasiswa dengan atribut yang tidak lengkap, koordinator tingkat akan memberikan tanda pada aplikasi. Setelah semua atribut dan kehadiran setiap mahasiswa sudah diperiksa, koordinator tingkat akan menyimpan data P5M. Data P5M akan otomatis tersimpan dan memperbarui jumlah minus mahasiswa.

3.1. Perancangan Sistem

Aplikasi ini dimulai dengan login yang berfungsi untuk menentukan data – data yang dapat di akses pengguna. Menu yang tersedia, yaitu Tambah P5M, Lihat P5M, dan Lihat Jam Minus. Pengguna atau koordinator tingkat hanya dapat mengakses dan melihat data mahasiswa yang di ampu.

3.1.1. Bahasa Pemrograman dan Basis Data

Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa pemrograman Android. Bahasa Android digunakan untuk mengembangkan, menyebarkan, dan menjalankan aplikasi berbasis *mobile* Android. Aplikasi *mobile* adalah aplikasi yang telah dirancang khusus untuk *mobile platform* (misalnya android). Dalam banyak kasus, aplikasi *mobile* memiliki antarmuka

pengguna dengan mekanisme interaksi yang disediakan oleh *mobile platform*, interoperabilitas dengan sumber daya berbasis web yang menyediakan akses ke beragam informasi yang relevan dengan aplikasi, dan kemampuan pemrosesan lokal untuk pengumpulan, analisis, dan format informasi dengan cara yang paling cocok untuk *mobile platform*. Selain itu, aplikasi *mobile* menyediakan kemampuan penyimpanan *persistent* dalam *platform* [4]. Android merupakan sistem operasi ponsel pintar yang berjalan diatas Linux Kernel, kernel pada sistem operasi Linux. Aplikasi pada android dikembangkan berdasarkan bahasa Java. Oleh karena itu pengembang dapat mengembangkan aplikasi melalui bahasa Java. Kode pada bahasa Java bisa mengatur perangkat ponsel android melalui *Google-enabled Java Libraries* [3]. Versi android yang terbaru adalah Android 9 atau Android Pie. Memori yang harus disediakan untuk kernel dan *userspace* pada Android Pie minimal 816MB untuk resolusi *up to qHD* (1280 x 720) [1].

Basis data yang digunakan MySQL. MySQL adalah sebuah produk dari Microsoft yang berfungsi untuk mengolah pangkalan data yang relasional. Pengertian MySQL adalah sebuah sistem manajemen pangkalan data relasional yang memiliki kegunaan merancang sebuah aplikasi yang berhubungan dengan arsitektur server atau client. Kedua hal tersebut digunakan untuk membangun sistem informasi P5M. Bahasa pemrograman Android digunakan untuk membuat aplikasi mulai dari *user interface* dan penulisan kode program. dan pangkalan data digunakan untuk penyimpanan data terpusat.

3.1.2. User Interface

User interface adalah bagian terpenting dari pembuatan aplikasi. Aplikasi yang dibuat haruslah *user-friendly* sehingga memudahkan pengguna dalam menggunakan aplikasi tersebut. *User interface* untuk aplikasi yang akan dibuat disesuaikan dengan target pengguna yaitu untuk koordinator tingkat yang ada di UPT Politeknik Manufaktur Astra. Salah satu contoh dari *user interface* aplikasi P5M dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar 2 merupakan contoh dari *user interface* P5M yang dibuat. Gambar tersebut merupakan tampilan login atau tampilan awal untuk sistem informasi P5M.



Gambar 2 Login Aplikasi P5M

3.2. Pengujian dan Hasil

Pengujian dilakukan menggunakan dokumen Testing, yang didalamnya merupakan semua fungsi yang tersedia untuk sistem informasi P5M. pengujian ditujukan untuk melihat bahwa semua fungsi berjalan dengan baik tanpa adanya kutu/galat. Adapun hasilnya dapat dilihat pada gambar berikut:

Gambar 3 Tambah P5M

Gambar 4 Lihat P5M

Gambar 5 Lihat Jam Minus

Gambar 3 merupakan tampilan untuk tambah P5M. Koordinator tingkat dapat melakukan penambahan data P5M mahasiswa. Penambahan dilakukan dengan menghilangkan tanda pada atribut atau kehadiran pada tabel sesuai dengan nama mahasiswa. Data P5M akan otomatis dilakukan rekapitulasi setelah menekan tombol simpan. Data P5M yang disimpan nantinya akan melakukan pemeriksaan waktu penambahan data. Ketika data P5M dimasukkan pada saat sebelum jam 12 siang, maka akan masuk ke dalam P5M pagi. Ketika data P5M dimasukkan pada saat sesudah jam 12 siang, maka akan masuk ke dalam P5M siang.

Gambar 4 merupakan tampilan untuk lihat P5M. Koordinator tingkat dapat melihat data P5M mahasiswa. Data P5M dapat disaring berdasarkan tanggal dan akan otomatis muncul data setelah menekan tombol cari. Setelah menekan tombol cari, sistem akan mencari data pada tanggal yang sama dan akan menampilkan data P5M pagi dan siang. Data mahasiswa yang melakukan pelanggaran atau menggunakan atribut yang tidak lengkap, ditandai dengan kolom tanpa tanda.

Gambar 5 merupakan tampilan untuk lihat jam minus mahasiswa. Koordinator tingkat dapat melihat data hasil rekapitulasi jam minus mahasiswa. Data mahasiswa yang ditampilkan sesuai pada tingkat yang di ampu oleh toordinator tingkat. Data P5M dapat disaring berdasarkan tanggal dan akan otomatis muncul data setelah menekan tombol cari.

Sistem P5M, sudah diterapkan atau diuji di Politeknik Manufaktur Astra sejak tanggal 2 Oktober 2019. Sistem P5M sudah mampu menjawab masalah atau kendala terkait rekapitulasi jam minus mahasiswa. Sistem P5M juga mampu menarik minat UPT terkait penggunaan aplikasi pada proses P5M karena menghilangkan waktu untuk rekapitulasi jam minus.

4. Kesimpulan

Sistem informasi ini bertujuan untuk menghilangkan proses rekapitulasi jam minus menjadi otomatis ketika penambahan data P5M ke dalam pangkalan data. Sistem informasi P5M juga ditujukan untuk mengurangi penggunaan kertas untuk lembar P5M sebanyak 3696 kertas. Adapun saran yang dapat diberikan untuk mengembangkan sistem informasi P5M ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pemeliharaan sistem informasi dengan baik agar terus berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Pemeliharaan dapat dilakukan dengan cara memeriksa kondisi perangkat keras dan lunak.
2. Mengembangkan sistem informasi lebih lanjut dengan menambahkan fitur-fitur yang dapat lebih mempermudah penggunaan.

Daftar Pustaka

- [1] G. Inc, "Android Compatibility Definition Document," 22 Mei 2019. [Online]. Available: <https://source.android.com/compatibility/cdd>.
- [2] Dennis, A., Wixom, B. H., & Tegarden, D. (2015). Systems analysis and design: An object-oriented approach with UML. John Wiley & Sons.
- [3] Holla, S., & Katti, M. M. (2012). Android based mobile application development and its security. International Journal of Computer Trends and Technology, 3(3), 486-490.
- [4] R. S. Pressman dan B. R. Maxim, Software engineering : a practitioner's approach, New York : McGraw-Hill Education, 2014.
- [5] Husain, A., Prastian, A. H. A., & Ramadhan, A. (2017). Perancangan Sistem Absensi Online Menggunakan Android Guna Mempercepat Proses Kehadiran Karyawan Pada PT. Sintech Berkah Abadi. Technomedia Journal, 2(1), 105-116.
- [6] Lengkong, O. H., Fiden, D. H., & Masrikat, A. (2016). Sistem Informasi Absensi Real-Time di Universitas Klabat. CogITO Smart Journal, 2(2), 216-228.
- [7] Aminudin, A., & Basyir, A. A. (2014). Report Absensi Real Time Untuk Wali Murid Studi Kasus: Madrasah Tsanawiyah Wahid Hasyim Jetis Malang.

ANALYSIST OF WEB-BASED LAUNDRY INFORMATION SYSTEM

Indah Cyithia Devi¹⁾, Farah Hana Zhafirah²⁾, Rida Indah Fariani³⁾

Program Studi Sistem Informasi, Politeknik Manufaktur Astra

Komplek Astra International Tbk, Gedung – B,
Jl. Gaya Motor Raya No. 8, Sunter, Jakarta 14330

Email : ¹Indah.cyithiadevi@polman.astra.ac.id

Abstract

Laundry is business engaged in services that are now commonly found. The high demand for laundry services makes laundry owners in Sungai Bambu, North Jakarta look for ways to keep transaction records neatly organized and not lose records or damage that is often experienced by customers or owners. In addition, employees must calculate the total price of the weight of the items to be washed, so that it takes a long time. Laundry also provides a variety of laundry services that can be added at any time. Besides making manual reports. To overcome this, laundry service information system is designed using the waterfall method built with Visual Studio as an interface and SQL Server as data storage. Design of this information system will make it easy to collect transaction data and minimize data loss or damage, generate automatic reports, and can perform special laundry services.

Keywords: *Visual Studio, SQL Server, waterfall.*

1. Pendahuluan

Laundry merupakan salah satu penyedia jasa cucian yang sekarang ini sudah banyak ditemukan, beberapa *laundry* di daerah Sungai Bambu, Jakarta Utara ini tidak hanya menyediakan jasa cuci pakaian, namun menyediakan berbagai layanan jasa cucian seperti helm, sepatu, dan lainnya yang sewaktu-waktu dapat ditambahkan. Dalam menjalankan bisnisnya *laundry* melakukan pencatatan masih menggunakan cara manual, contohnya proses pencatatan transaksi pencucian barang yang dilakukan oleh pelanggan kepada pegawai atau karyawan. Proses transaksi ini memakan waktu yang lama karena pegawai atau karyawan harus menghitung harga berat barang pelanggan yang akan dicuci. Hal ini rawan terjadi kesalahan atau kecurangan dalam menghitung total harga berat barang yang akan dibayar oleh pelanggan. Selain itu apabila terjadi banyak transaksi pencucian, maka pegawai atau karyawan yang menangani akan mengalami kesulitan dalam melakukan kontrol sehingga akan menimbulkan kesalahan dalam pencatatan nota atau transaksi. Selain pencatatan proses transaksi, pembuatan laporan pun masih menggunakan cara manual, sehingga hal ini dapat menyebabkan kerusakan atau hilangnya data yang dicatat.

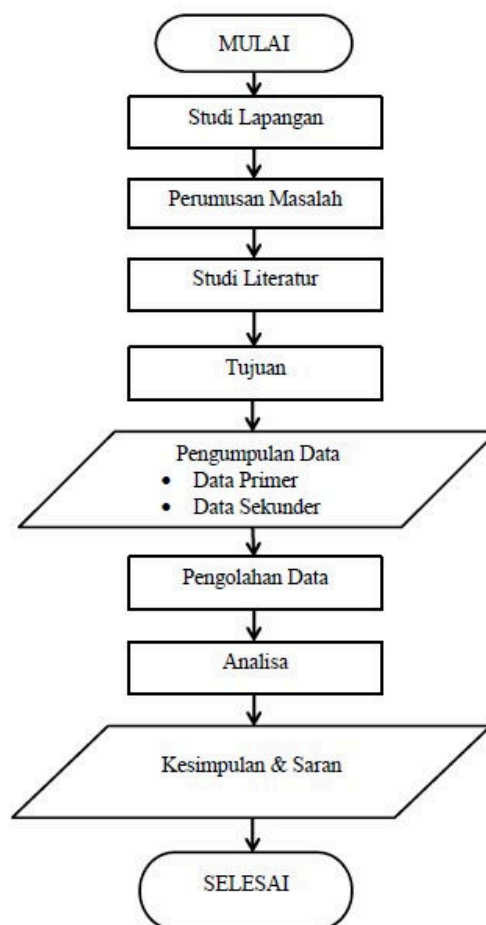
Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu sistem yang mampu menyimpan dan mengolah data dengan baik, cepat dan mudah. Pengolahan data akan dilakukan secara otomatis oleh sistem sehingga data dapat tersimpan dengan baik dan menghasilkan laporan yang akurat untuk membantu manager dalam melihat laporan pendapatan yang dihasilkannya. Oleh karena itu, perlu dibangun sebuah sistem informasi berbasis web yang nantinya diharapkan dapat menunjang aktivitas dan keberhasilan bisnis pada jasa *laundry*.

Penelitian sejenis juga pernah dilakukan oleh beberapa peneliti. Sistem informasi jasa *laundry* berbasis *web* dapat membantu masyarakat yang ingin mencari *laundry* dan ingin mendaftarkan outletnya sebagai penyedia jasa *laundry* di daerah Makassar [3]. Aplikasi ini dapat memberikan informasi *up-to-date* tentang jasa yang cepat dan terpercaya kepada pelanggan, memudahkan proses pembuatan laporan pendapatan dengan cepat, tepat dan

akurat, memberikan pelayanan yang professional kepada pelanggan dan meminimalisir kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi[4]. Aplikasi antar-jemput *laundry* pada platform Android yang digunakan untuk mendata pakaian yang masuk dan keluar maupun mendata pelanggan yang akan menggunakan jasa *laundry* secara tepat waktu[5]. Sistem informasi berbasis web yang dilengkapi aplikasi *mobile* yang dapat diakses oleh pengguna tanpa batasan waktu dan tempat[6]. Tapi yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah terdapat *custom* produk yang boleh di *laundry*(tidak hanya pakaian).

2. Metodologi Penelitian

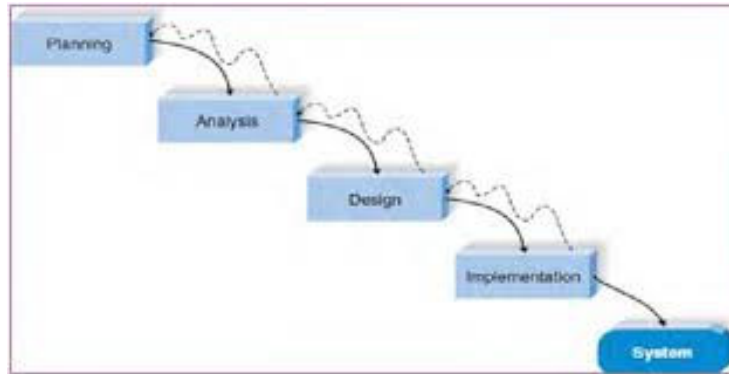
Penelitian ini dimulai dari melakukan survey di lapangan pada *laundry* yang ada di daerah Sungai Bambu, Jakarta Utara, kemudian hasil *survey* dibuat perumusan masalah, kemudian dibandingkan dengan beberapa penelitian lain untuk menentukan tujuan, kemudian mengumpulkan data untuk diolah, selanjutnya dianalisa untuk ditarik kesimpulan dan sarannya[9]. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Metode yang digunakan untuk membuat sistem informasi ini adalah *System Development Life Cycle* (SDLC) dengan metodologi *waterfall development model*. SDLC merupakan proses bagaimana sistem informasi dibangun sesuai dengan rancangan atau kebutuhan bisnis dari pengguna yang prosesnya dilakukan secara bertahap. SDLC memiliki empat fase dasar atau tahapan yaitu perencanaan(*planning*), analisis(*analyst*), perancangan(*design*), implementasi(*implementation*), dan *system*[10].

Model *waterfall* atau *Classic Life Cycle* dan atau dapat disebut model air terjun adalah pengembangan sistem informasi yang menggambarkan metode pengembangan linier dan berurutan yang harus dilakukan dengan cara menyelesaikan secara bertahap untuk lanjut ke tahapan berikutnya mulai dari kebutuhan sistem selanjutnya ke tahap *planning*, *analysis*, *design*, *implementation*, *system*. Ruang lingkup sistem *laundry* ini sudah jelas dan umum, sehingga diputuskan untuk menggunakan metodologi tersebut. Tahapan dari *waterfall* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Flow Waterfall Model

Berikut penjelasan dari Gambar 2 adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan (*Planning*)
 Dalam tahapan ini, menjelaskan proses mendasar untuk mengetahui mengapa sistem informasi ini harus dibangun. Dari tahap *planning* ini akan ditentukan secara detail rencana kegiatan yang harus dikerjakan, durasi yang diperlukan masing-masing tahapan[11].
2. Analisis (*Analysist*)
 Tahap kedua, adalah tahap analisis, yaitu tahap dimana kita berusaha untuk mengenali permasalahan yang muncul pada pengguna. Tujuan utama dari tahap analisis adalah untuk mendokumentasikan kebutuhan bisnis dari sistem yang akan dibangun. Tahapan ini dilakukan berdasarkan tahap perencanaan sebelumnya.
3. Perancangan (*Design*)
 Tahap *design* dilakukan untuk mencari solusi dari permasalahan yang didapat dari tahap analisis. Tahapan ini mengubah dari kebutuhan yang masih berupa konsep menjadi perancangan sistem yang akan dibangun, baik menentukan perangkat keras, perangkat lunak, desain antarmuka, dan basisdata yang akan digunakan.
4. Implementasi (*Implementation*)
 Pada tahap *implementation*, dilakukan penerapan dari tahap-tahap sebelumnya yaitu mengimplementasikan perancangan sistem ke dalam bentuk kode program(*coding*) dan pengujian(*testing*) serta perbaikan aplikasi.
5. Sistem (*System*)
 Pada tahap sistem, dilakukan pemeliharaan, yang bertujuan untuk menentukan apakah sistem yang dibangun sudah sesuai kebutuhan pengguna atau belum. Selain itu juga bertujuan untuk menjaga sistem agar berjalan dengan baik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Gambaran Umum Aplikasi

Sistem informasi ini dibangun menggunakan bahasa ASP.NET dan menggunakan SQL Server sebagai tempat penyimpanan data. Aplikasi ini diharapkan dapat mempermudah proses transaksi bisnis yang ada dalam *laundry*. Aplikasi ini dapat diakses oleh admin untuk

menambahkan master layanan *laundry*, master pelanggan, serta pegawai (kasir, pencuci, penyetrika, dan kurir), selain itu aplikasi ini juga dapat diakses oleh pelanggan yang akan menggunakan jasa *laundry*, pegawai kasir untuk melakukan konfirmasi pembayaran, pegawai pencuci untuk melakukan konfirmasi barang yang sudah selesai dicuci, pegawai penyetrika untuk melakukan konfirmasi barang yang sudah selesai disetrika, dan kurir untuk konfirmasi pengambilan dan pengantaran barang yang di *laundry*.

Proses bisnis aplikasi *laundry* ini diawali dengan pelanggan yang melakukan pemesanan jasa *laundry* melalui aplikasi dengan login atau registrasi jika belum terdaftar kemudian mengisi data *laundry* dan alamat untuk pengambilan atau pengantaran oleh kurir, kemudian pelanggan melakukan konfirmasi pembayaran bukti transfer atau bayar ditempat, pegawai kasir akan melakukan pengecekan untuk kemudian dikonfirmasi jika pembayaran sesuai dan akan dilanjutkan pengambilan barang oleh kurir ke pelanggan, kurir akan melakukan konfirmasi selesai jika sudah dilakukan pengambilan barang, barang yang diambil akan masuk ke proses selanjutnya yaitu pencucian, dimana pencuci akan melakukan konfirmasi jika barang sudah selesai dicuci, proses selanjutnya barang yang selesai dicuci akan disetrika dan penyetrika akan melakukan konfirmasi jika barang sudah selesai di setrika, kemudian kurir akan mengantarkan kembali barang yang selesai di *laundry* kepada customer, proses bisnis aplikasi *laundry* ini akan menghasilkan riwayat pemesanan jasa *laundry* yang dapat dilihat oleh pelanggan dan laporan yang dapat dilihat oleh manager.

3.2 Karakteristik Pengguna

Pada sistem informasi *laundry* ini nantinya akan digunakan pengguna antara lain Admin, Pelanggan, Pegawai Kurir, Pegawai Kasir, Pegawai Pencuci, Pegawai Penyetrika dan manager. Masing-masing pengguna memiliki hak akses tertentu berdasarkan tugasnya. Berikut keterangan hak akses pengguna secara detail akan dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kategori pengguna aplikasi

Kategori Pengguna	Tugas	Hak Akses
Pelanggan	- Mengubah profil - Melakukan registrasi - Memesan jasa <i>laundry</i>	- Ubah profil
Kurir	- Mengkonfirmasi pengambilan barang <i>laundry</i> - Mengkonfirmasi pengantaran barang <i>laundry</i>	- Konfirmasi pengambilan - Konfirmasi pengantaran
Kasir	- Mengkonfirmasi pembayaran dari pelanggan	- Konfirmasi pembayaran
Pencuci	- Mengkonfirmasi barang yang selesai dicuci	- Konfirmasi selesai proses cuci
Penyetrika	- Mengkonfirmasi barang yang selesai disetrika	- Konfirmasi selesai proses setrika
Admin	- Mengelola master layanan - Melihat master pelanggan - Mengelola master karyawan	- Tambah data layanan - Ubah data layanan - Ubah status aktif dan tidak aktif data layanan - Lihat data pelanggan - Tambah data karyawan - Ubah data karyawan - Ubah status aktif dan tidak aktif data karyawan
Manager	- Melihat laporan transaksi	- Lihat laporan transaksi

3.3 Lingkungan Pengembangan

Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Bahasa pemrograman ASP.NET. Bahasa ASP.NET digunakan untuk mengembangkan dan menjalankan aplikasi berbasis web. ASP.NET sudah didukung oleh berbagai browser baru, seperti Internet Explorer, Mozilla Firefox, Apple Safari, atau bahkan browser di peranti mobile seperti Google Chrome, VlackBerry Smart Phone, dan iPhone.

Tool yang digunakan untuk membangun aplikasi adalah Visual Studio 2015, visual studio merupakan salah satu toll besutan Microsoft yang populer dan dipercaya oleh developer dalam mengembangkan web, aplikasi web, game dan aplikasi mobile yang berbasis Windows. Kini Visual Studio 2015, developer dapat mengembangkan aplikasi di berbagai platform seperti Windows, Windows Phone iOS, dan Android.

SQL Server Management Studio merupakan salah satu komponen dari SQL Server. SQL Server Management Studio digunakan sebagai tempat penyimpanan data, dimana digunakan untuk mengakses, mengkonfigurasi, mengelola dan mengembangkan. Untuk melakukan koneksi ke *database* diperlukan userid atau password yang terdaftar baik itu SQL Server Account maupun Windows Account.

3.4 Tahapan

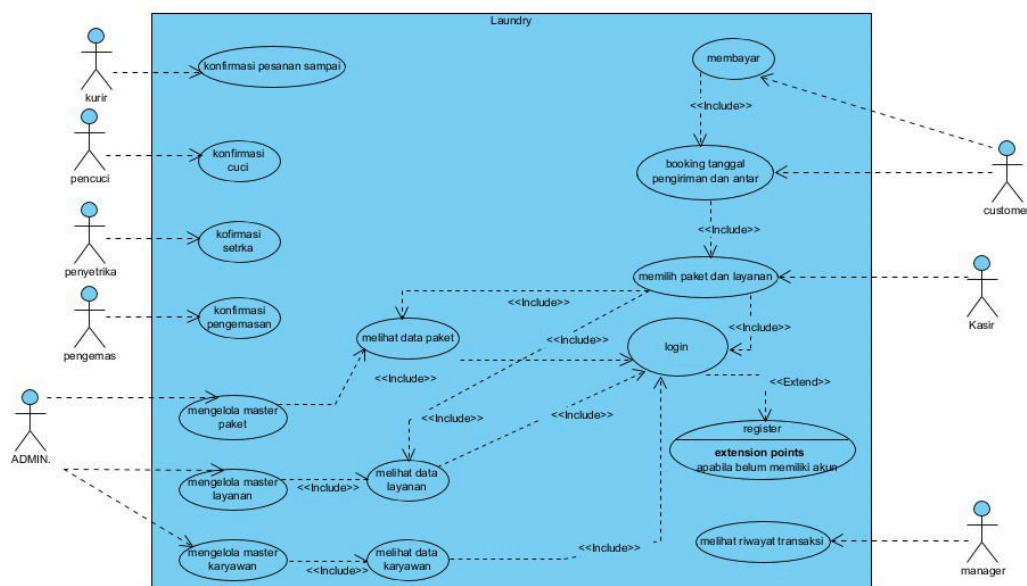
Sistem informasi *laundry* ini dibangun menggunakan metodologi *waterfall*, berikut tahapan tahapan sistem informasi dari metodologi tersebut:

a. Planning

Tahapan awal yang dilakukan yaitu membuat rencana mengenai kegiatan atau *activity plan*, bertujuan untuk melakukan kegiatan sesuai dengan aktivitas yang sudah direncanakan.

b. Analysisist

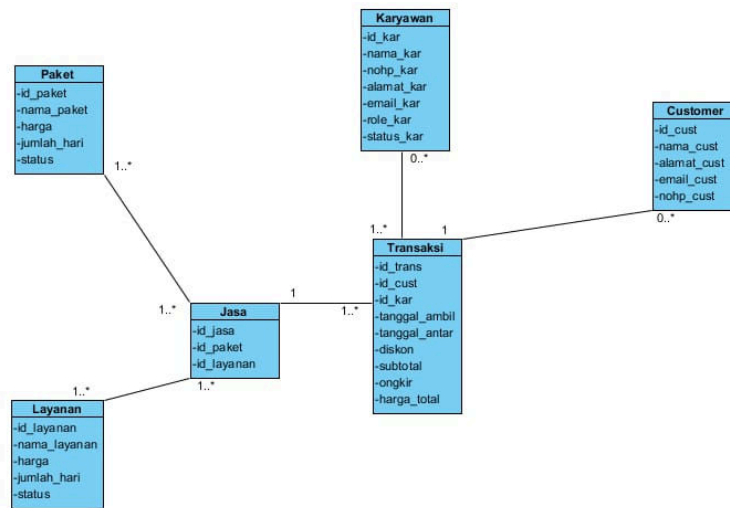
Tahapan yang menghasilkan *use case diagram*, *use case diagram* merupakan suatu diagram yang menggambarkan fungsi utama dari sistem dan untuk menggambarkan interaksi antara sistem dan lingkungannya. Berikut *use case diagram* dari sistem informasi *laundry* dapat dilihat pada Gambar 3.



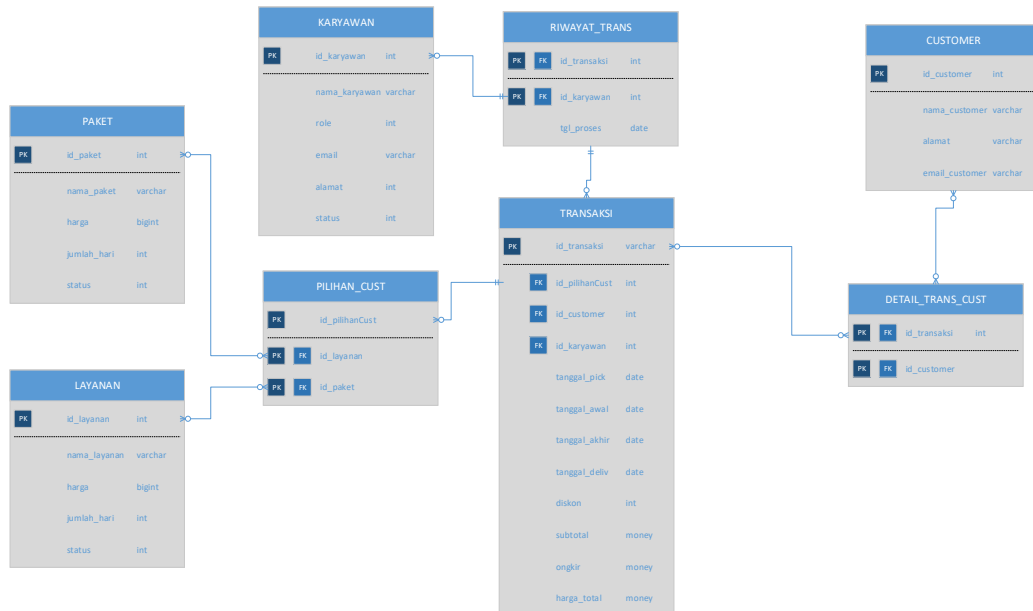
Gambar 3 Use case diagram sistem informasi laundry

c. Design

Tahapan yang menghasilkan *class diagram* dan *physical data model*. *Class diagram* adalah model statis yang mendukung tampilan statis sistem yang berkembang. *Class diagram* menunjukkan kelas dan hubungan antar kelas yang tetap konstan di sistem dari waktu ke waktu. Berikut *class diagram* dari sistem informasi laundry dapat dilihat pada Gambar 4. Sedangkan *Physical data model* merupakan representasi fisik dari basis data yang akan dibuat. Penggambaran rancangan *physical data model* memperlihatkan struktur penyimpanan data pada basis data yang digunakan serta hubungan diantaranya. Berikut *physical data model* dari sistem informasi laundry dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4 *Class diagram* sistem informasi laundry

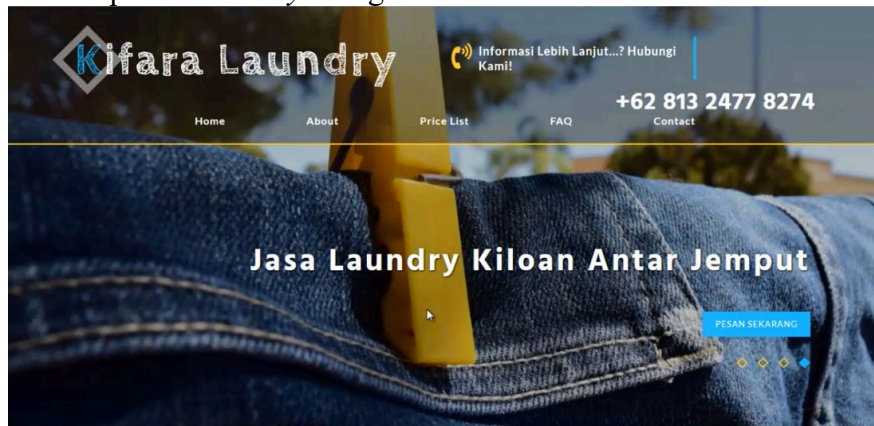


Gambar 5 *Physical data model* pada sistem informasi laundry

d. Implementation

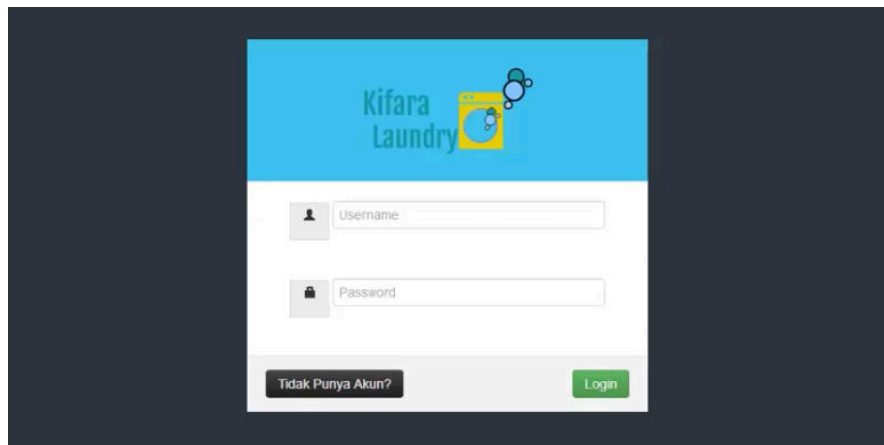
Tahap ini mulai dilakukan proses *coding* atau melakukan implementasi dari tahap sebelumnya, hasil tahap implementasi dapat dilihat dari *user interface* yang merupakan bentuk tampilan dari aplikasi yang berhubungan secara langsung dengan pengguna, bentuk tampilan yang dibuat hendaknya mudah dimengerti oleh pengguna, sehingga

pengguna akan mudah untuk menggunakan aplikasi tersebut. Adapun beberapa contoh *user interface* dari aplikasi *laundry* sebagai berikut:



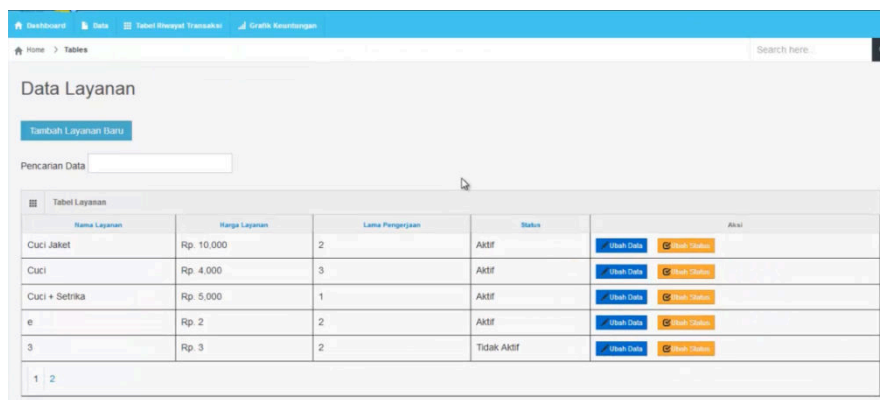
Gambar 6 *User Interface Home*

Gambar 6 diatas merupakan tampilan utama home atau tampilan awal untuk sistem informasi *laundry*.



Gambar 7 *User Interface Login*

Gambar 7 diatas merupakan tampilan login yang ada pada sistem informasi *laundry*.



Gambar 8 *User Interface Data Layanan*

Gambar 8 diatas merupakan tampilan pada menu layanan yang hanya dapat diakses oleh admin, pada halaman ini admin dapat mengolah data layanan.

Nama Karyawan	Role Karyawan	Email	Alamat	No. Handphone	Nama Pengguna	Status	Aksi
Sopie	Admin	sopie@gmail.com	jl kan saja	665584848484	sop	Aktif	Ubah Data Hapus Data
pencuci	Pencuci	23424@efid.g	kuwa kuwi	0765744636646	pencuci	Aktif	Ubah Data Hapus Data
kurir	Kurir	kuriranteng@gmail.c	kuwi	7684354676575	kurir	Aktif	Ubah Data Hapus Data
penyetraka	Penyetraka	setrikaan@gmail.com	weka	5757586595854	penyetraka	Aktif	Ubah Data Hapus Data
manager	Manager	managerhandsome@gmail	kawe	0642256658555	manager	Aktif	Ubah Data Hapus Data

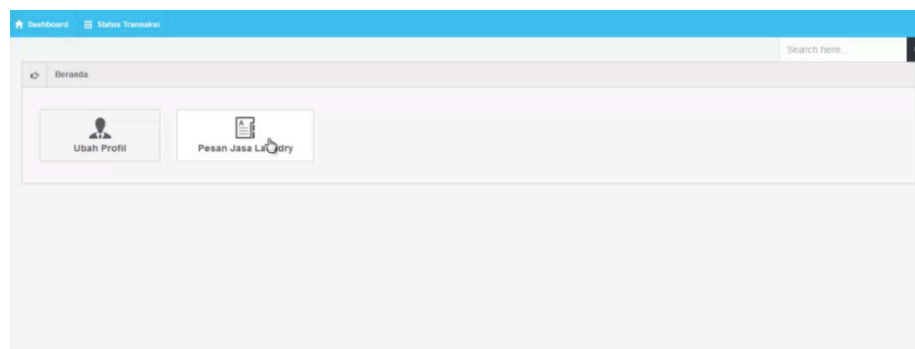
Gambar 9 User Interface Data Karyawan

Gambar 9 diatas merupakan tampilan pada menu karyawan yang hanya dapat diakses oleh admin, pada halaman ini admin dapat mengola data karyawan.

ID Customer	Nama Customer	Alamat	Email	No. Handphone	Nama Pengguna	Kata Sandi	Status
20190128001	a	a	a@b.c	06	cust	cust	Aktif
20190128002	b	b	ggg@g	867899879676	b	b	Aktif
20190201001	Farah Hana Zhafirah	Semarang	fzhafirah@gmail.com	089603979495	fzhafirah	farip119	Aktif
20190202001	Rizkiyah F	Bekasi	kyhlebrani@gmail.co	081324778274	a	as	Aktif
20190208001	Farah	Semarang	fzhafirah@gmail.com	083920182939	farah	farah	Aktif

Gambar 10 User Interface Data Pelanggan

Gambar 10 diatas merupakan tampilan pada menu *customer* yang hanya dapat diakses oleh admin, pada halaman ini admin dapat melihat data pelanggan.



Gambar 11 User Interface Menu Pelanggan

Gambar 11 diatas merupakan tampilan menu *customer* yang hanya dapat diakses oleh pelanggan, pada halaman ini pelanggan dapat mengubah profil dan melakukan transaksi pemesanan jasa *laundry*.

Data Transaksi Driver

Search here

Tabel Data Transaksi Paket Masuk

ID Transaksi	Jasa	Nama Pelanggan	Tanggal Ambil	Tanggal Antar	Berat	Perkiraan Jarak	Alamat Pelanggan	Biaya Total	Status	Aksi
20190128001	Cuci + Setrika	Farah	2019-08-02	2019-10-02	2	2	Jl. Bugis	Rp. 25.000	Sudah Bayar	<input checked="" type="checkbox"/> Dalam Perencanaan <input type="checkbox"/> Selesai

Tabel Data Transaksi Layanan Masuk

Warna

Warna	Arti
	Tanggal Ambil Hari Ini
	Tanggal Antar Hari Ini

Gambar 12 User Interface Konfirmasi Kurir

Gambar 12 diatas merupakan tampilan data transaksi driver yang hanya dapat diakses oleh kurir, pada halaman ini kurir akan melakukan konfirmasi selesai mengenai pengambilan dan pengantaran barang *laundry*.

Data Transaksi Masuk

Search here

Tabel Data Transaksi Paket Masuk

ID Transaksi	Jasa	Nama Pelanggan	Tanggal Ambil	Tanggal Antar	Berat	Perkiraan Jarak	Alamat Pelanggan	Biaya Total	Status	Aksi
20190128001	Cuci + Setrika	Farah	8/2/2019 12:00:00 AM	10/2/2019 12:00:00 AM	2	2	Jl. Bugis	Rp. 25.000	Sudah Diantar	<input checked="" type="checkbox"/> Sudah Transaksi

Tabel Data Transaksi Layanan Masuk

Gambar 13 User Interface Konfirmasi Pencuci

Gambar 13 diatas merupakan tampilan data transaksi masuk yang hanya dapat diakses oleh pegawai pencuci, pada halaman ini pegawai pencuci akan melakukan konfirmasi selesai apabila barang *laundry* sudah selesai dicuci.

Transaksi Dalam Periode

Dari Tanggal : 2019-01-01 Sampai Tanggal : 2019-02-28

ID Transaksi	Nama Nakat	Nama Customer	Tanggal Ambil	Tanggal Antar	Berat	Jarak	Alamat	Harga Total
20190128001	Cuci + Setrika	Farah	08-Feb-19	10-Feb-19	2	2 Jl. Bugis		Rp25000.00
20190128002	Cuci + Setrika	Farah	08-Feb-19	09-Feb-19	3	2 Jl. Bugis		Rp29000.00

Gambar 14 User Interface Laporan Transaksi

Gambar 14 diatas merupakan tampilan dari laporan transaksi yang hanya dapat diakses oleh manager.

4. Kesimpulan

Proses pencatatan transaksi *laundry* di daerah Sungai Bambu, Jakarta Utara yang masih dilakukan secara manual atau masih mencatat transaksi di nota, proses tersebut memakan waktu yang cukup lama, dikarenakan pegawai harus menghitung total harga dari

berat barang yang akan di *laundry*. Selain pencatatan proses transaksi, pembuatan laporan pun masih menggunakan cara manual, sehingga hal ini dapat menyebabkan kerusakan atau hilangnya data yang dicatat. *Laundry* ini juga menyediakan berbagai layanan jasa laundry yang sewaktu-waktu dapat ditambahkan. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menghilangkan proses pencatatan dengan cara manual, menghitung total harga dari berat barang *laundry*, menghasilkan laporan pendapatan secara otomatis dan admin atau pemilik laundry dapat melakukan *custom* pada jasa layanan yang akan disediakan.

5. Saran

Dari analisa sistem yang telah dibuat, bahwa perlu dikembangkan untuk dapat memenuhi kebutuhan pengguna.

Daftar Pustaka

- [1] W. Putra, "Visual Studio 2015 – Tool Besutan Microsoft yang Mendukung Pengembangan Aplikasi Mobile Multiplatform," 17 September 2015. [Online]. Available: <https://teknojurnal.com/visual-studio-2015/>.
- [2] "What is SQL Server Management Studio (SSMS)?," 09 September 2019. [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/ssms/sql-server-management-studio-ssms?view=sql-server-ver15>.
- [3] Ramlah, Marwana, Sukriadi. (2019). Sistem Informasi Jasa Laundry Di Kota Makassar Berbasis Web. Jurnal informatika dan Multimedia STIMED Nusa Palapa
- [4] Simargolang, M. Y., & Nasution, N. (2018). Aplikasi Pelayanan Jasa Laundry Berbasis WEB (Studi Kasus: Pelangi Laundry Kisaran). *Jurnal Teknologi Informasi*, 2(1), 9-14.
- [5] Setiyawati, Y. D., Isnanto, R. R., & Martono, K. T. (2016). Pembuatan Aplikasi Antar-Jemput Laundry Berbasis Web Service pada Platform Android. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 4(1), 150-158.
- [6] Kamil, H., & Duhani, A. (2016). Pembangunan Sistem Informasi Pelayanan Jasa Laundry Berbasis Web Dengan Fitur Mobile Pada 21 Laundry Padang. *Prosiding Semnastek*.
- [7] D. Moraldo. (2019). Bab III Metodologi Penelitian 3.1 Diagram Alir Proses Perancangan. Academia
- [8] Kurniawan, "Pengertian Sistem Informasi," 4 Juli 2019. [Online]. Available: <https://www.gurupendidikan.co.id/pengertian-sistem-informasi/>. [Diakses 15 November 2019].
- [9] Hidayat, "Metode Penelitian: Pengertian, Tujuan, Jenis," 3 Februari 2017. [Online]. Available: <https://www.statistikian.com/2017/02/metode-penelitian-metodologi-penelitian.html>. [Diakses 15 November 2019].
- [10] Denis, B. H. Wixom and D. Tegarden. (2009). System Analysis and Design. Third Edition, Hoboken: John Wiley & Sons
- [11] Denis, B. H. Wixom, R. M. Roth and A. Dennis. (2012). System Analysis and Design. Fifth Edition, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.

INFORMATION SYSTEM OF BLOOD NEEDS STOCK ON THE INDONESIAN RED CROSS USING WEIGHTED MOVING AVERAGE METHOD

Arif Rakhman¹⁾, Yerry Febrian Sabanise²⁾

Politeknik Harapan Bersama Tegal

Jl. Mataram No. 9 Kota Tegal

Email : ¹cakrakirana7@gmail.com, ²yerryfebrian@gmail.com

Abstract

The Indonesian Red Cross (PMI) is a national national association organization in Indonesia engaged in the field of social, humanitarian and health. The logistics section of the Blood Transfusion Unit (UTD) is a warehouse where blood stock is store in, out, or destroyed blood. The importance of blood availability at requires The Indonesian Red Cross requires The Indonesian Red Cross to always maintain the availaibility of blood to meet the need for blood tranfusion . the application of prediction as an effort to control blood supply is considered important. This is needed to minimize the amount of ordering and storing blood that must be borne by The Indonesian Red Cross. For this reson, a precise prediction method is needed in order to produce an accurate estimate of blood supply. In this study the prediction of blood is done using the Weigthted Moving Average (WMA) method, because the patern of stock data and blood demand owned by The Indonesian Red Cross follows the trend data pattern. Comparison of the smallest error value between the 3th-month WMA period and 6th-month WMA selected to be the result of focasting. The results of the average error value (MAD, MSE, and MAPE) show a period of 6 months has the smallest value, although there is a decline in blood type AB, but the difference in the ratio of error values in goldar AB is not too far. This happens because donors or requests for AB goldar are not too many.

Keywords : *Weighted Moving Averages, forecasting, The Indonesian Red Cross, blood type*

1. Pendahuluan

Pemenuhan ketersediaan darah merupakan suatu hal yang sangat penting. Stok darah yang terlalu menumpuk dapat mengakibatkan kerugian yang signifikan, karena darah memiliki batas tenggang untuk digunakan . sebaliknya , jika stok darah terlalu sedikit akan berakibat tidak terpenuhinya kebutuhan darah untuk masyarakat dan membuat kepercayaan pada pelayanan PMI menjadi menurun. PMI masih sering mengalami kekurangan persediaan darah sehingga pada beberapa kasus sering mengakibatkan hilangnya nyawa masyarakat karena kehabisan darah. Terjadinya bencana alam yang tiba-tiba juga berdampak pada kebutuhan darah yang banyak dan mendesak dan membuat PMI membutuhkan donasi yang lebih.

Berbagai upaya telah dilakukan PMI dalam memnuhi stok darah, salah satunya dengan cara melakukan program doroh darah di berbagai macam tempat dan event tertentu, seperti program donor darah di sekolah, kantor pemerintah, dan universitas yang melibatkan banyak warga di sekitar area tersebut, tentunya dengan melakukan uji tes kesehatan terlebih dahulu pada calon pendonor.

Prediksi terhadap persediaan darah sangat diperlukan untuk mengatasi permasalahan terkait stok darah dan banyaknya permintaan darah[1]. Prediksi diharapkan dapat memperkecil adanya kelebihan dan kekurangan stok darah. Penerapan prediksi sebagai salah satu upaya mengontrol persediaan darah dinilai penting. Hal itu diperlukan untuk meminimalkan jumlah pemesanan dan penyimpanan darah yang harus ditanggung PMI [10]. Untuk itu, diperlukan suatu metode prediksi yang tepat agar dapat menghasilkan sebuah perkiraan yang akurat terhadap persediaan darah. Pada penelitian ini prediksi kebutuhan darah dilakukan dengan menggunakan metode *Weighted Moving Average* (WMA), karena pola data stok dan permintaan darah yang dimiliki PMI mengikuti pola data *trend*. Prediksi jumlah order oleh PMI Kota Tegal menggunakan data masa lalu selama 1 tahun, yaitu periode 2018. Penggunaan metode WMA pada prediksi jumlah penerimaan darah dan jumlah pengeluaran darah diharapkan mampu menjadi solusi atas permasalahan persediaan darah dengan meramalkan jumlah darah PMI pada bulan selanjutnya.

Jenis peramalan berdasarkan metode peramalan yang digunakan, peramalan dibedakan menjadi metode kualitatif dan metode kuantitatif[11]. Metode kualitatif merupakan metode peramalan yang tidak menggunakan data historis masa lalu, lebih didasarkan pada intuisi. Metode kuantitatif merupakan metode peramalan yang menggunakan data historis masa lalu, memanipulasi data historis yang tersedia secara memadai dan tanpa intuisi, metode ini umumnya didasarkan pada analisa statistik. peramalan kuantitatif dapat diterapkan bila tiga kondisi terpenuhi[10], yaitu informasi mengenai keadaan waktu yang lalu tersedia, informasi itu dapat dikuantitatifkan dalam bentuk data numerik, dan dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek dari pola di waktu yang lalu akan berlanjut ke waktu yang akan datang. Metode yang termasuk ke dalam metode kuantitatif, salah satunya adalah metode rata-rata bergerak (*Moving Average*).

Penelitian yang berjudul Sistem Peramalan Untuk Pengadaan Material Unit *Injection* Di PT. XYZ yang dilakukan oleh Ade Abdul Gofur dan Utami Dewi Widiyanti dari Universitas Komputer Indonesia. Penelitian ini menjelaskan tentang implementasi metode WMA berdasarkan nilai galat dan *Mean Square Error* (MSE) untuk memprediksi jumlah pemakaian dari setiap jenis material yang kemudian dijadikan sebagai pembuatan perencanaan pemesanan material. Nilai galat dan MSE dipilih untuk menguji metode karena menghasilkan nilai terkecil dibandingkan dengan metode lain yang termasuk ke dalam metode model *time series*[3].

Penelitian kedua yang berjudul Pengembangan Sistem Informasi Penjualan Dan Peramalan Jual Beli Menggunakan Metode *Weighted Moving Average* (Studi Kasus Toko Emas Maju Sari Kota Malang) yang dilakukan oleh Hendra Pradibta dan Aulia Umar Nur Al Saffa dari Politeknik Negeri Malang. Penelitian ini menjelaskan implementasi dari metode WMA pada sistem informasi penjualan yang akan memprediksi jumlah stok barang untuk bulan berikutnya berdasarkan transaksi jual beli bulan-bulan sebelumnya, sehingga pemilik toko tidak perlu membeli stok barang dengan semua modal yang didapat hanya menambah stok barang dengan menggunakan prediksi dari data penjualan bulan-bulan sebelumnya. *Mean Absolute Deviation* (MAD) dan *Mean Absolute Percent* (MAPE) dipilih untuk menguji tingkat galat dari prediksi menggunakan WMA [5].

2. Metode Penelitian

Metode yang dipilih dalam penelitian ini adalah *Weight Moving Average* karena metode ini memiliki, kelebihan dibanding metode lain yang sejenis[3]. Selain perhitungannya yang sederhana menjelaskan bahwa :

“Teknik *Weight Moving Average* diberikan bobot yang berbeda untuk setiap data histori masa lalu yang tersedia, dengan asumsi bahwa data historis yang paling terakhir atau terbaru akan memiliki bobot lebih besar dibandingkan dengan data historis yang lain, Karen data yang paling terakhir atau terbaru merupakan data yang paling relevan untuk peramalan [9].”

Rumus yang digunakan dalam sistem peramalan untuk jumlah stok darah menggunakan metode *Weighted Moving Average* [4], yaitu :

A. Rumus dari metode *Weight Moving Average* (WMA) adalah sebagai berikut :

$$\text{WMA} = (\sum (D_t * \text{Bobot})) / (\sum \text{Bobot})$$

Keterangan :

D_t : data aktual pada periode t

Bobot : bobot yang diberikan untuk setiap bulan

B. Rumus menghirung galat adalah sebagai berikut

$$E_t = X_t - F_t$$

Keterangan :

E_t : Nilai galat

X_t : data aktual pada periode ke t

F_t : data ramalan pada periode ke t

C. Rumus menghitung *Mean Square Error* (MSE) adalah sebagai berikut :

$$\text{MSE} = \sum E_t^2 / n$$

Keterangan :

E_t^2 : Nilai galat kuadrat

n : banyak data

D. Rumus menghitung *Mean Absolute Deviantion* (MAD) adalah sebagai berikut :

$$\text{MAD} = \sum |E_t| / n$$

Keterangan :

E_t : nilai galat absolut

n : banyak data

E. Rumus menghitung *Mean Absolut Persentage Error* (MAPE) adalah sebagai berikut :

$$\text{MAPE} = (\sum |E_t / X_t| \times 100) / n$$

Keterangan :

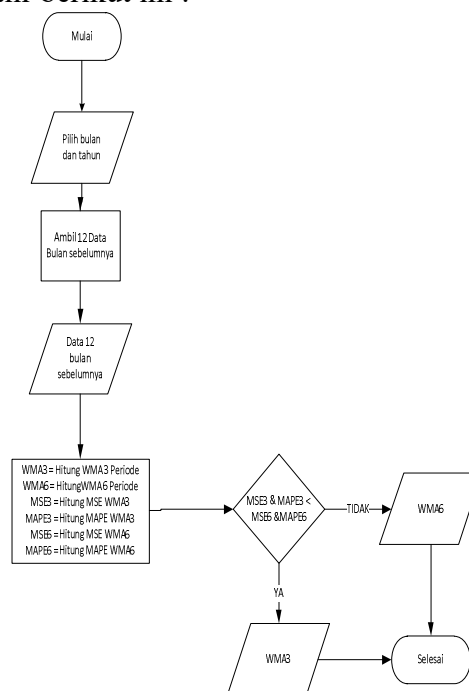
E_t : Nilai galat

X_t : data aktual pada period eke t

n : banyak data

Berdasarkan permasalahan yang dialami oleh PMI mengenai prediksi jumlah darah masuk dan darah keluar yang digunakan untuk menanggulangi adanya kelebihan dan kekurangan stok darah, maka penelitian menerapkan prediksi dengan metode *Weighted Moving Average*.

Penerapan metode *Weighted Moving Average* dipilih berdasarkan pola data yang dimiliki oleh PMI, yaitu pola data *trend*. Penggunaan metode ini sangat tepat karena mengolah data yang bersifat non stasioner. Metode WMA tepat untuk digunakan pada objek yang memiliki data 3 tahun[7]. Sehingga penggunaan metode ini menjadi sebuah solusi dalam pemecahan permasalahan penentuan jumlah stok darah untuk mengontrol jumlah stok darah yang dimiliki di masa yang akan datang[8]. Prosedur peramalannya ditampilkan pada diagram alir berikut ini :



Gambar 1. Diagram alir peramalan stok darah

3. Hasil Dan Pembahasan

Periode Peramalan WMA 3 bulan

$$\text{WMA}_{\text{Desember 2018}} = ((296 \times 1) + (394 \times 2) + (246 \times 3)) / (1+2+3)$$

$$(\text{Peramalan}) = (296 + 788 + 738) / 6$$

$$= 1822 / 6$$

$$= 303,67$$

$$\text{Et (Error)} = 338 - 303,67$$

$$= 34,33$$

$$\text{AD} = |34,33|$$

$$= 34,33$$

$$\text{SE} = 34,33^2$$

$$= 1178,78$$

$$\begin{aligned} \text{APE (\%)} &= |34,33 / 338| \times 100 \\ &= |0,10156| \times 100 \\ &= 10,16 \end{aligned}$$

- Untuk nilai MAD adalah rata-rata semua nilai AD.
- Untuk nilai MSE adalah rata-rata semua nilai SE.
- Untuk nilai MAPE adalah rata-rata semua nilai APE

- Periode Peramalan WMA 6 bulan

$$\begin{aligned} \text{WMA}_{\text{Desember 2018}} &= ((296 \times 1) + (394 \times 2) + (246 \times 3) + (345 \times 4) + (279 \times 5) \\ &\quad + (254 \times 6)) / (1+2+3+4+5+6) \\ &= (296 + 788 + 738 + 1380 + 1395 + 1524) / 21 \\ &= 6121 / 21 \\ &= 291,48 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Et (Error)} &= 338 - 291,48 \\ &= 46,52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AD} &= |46,52| \\ &= 46,52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SE} &= 46,52^2 \\ &= 2164,11 \end{aligned}$$

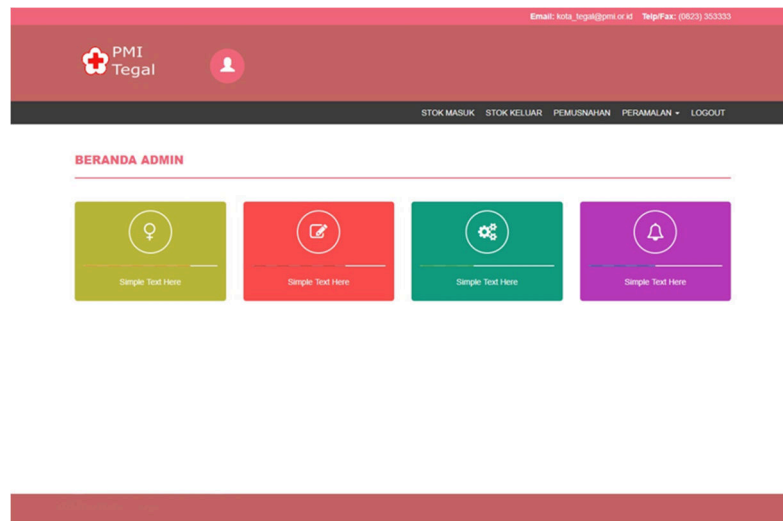
$$\begin{aligned} \text{APE (\%)} &= |46,52 / 338| \times 100 \\ &= |0,1376| \times 100 \\ &= 13,7 \end{aligned}$$

- Untuk nilai MAD adalah rata-rata semua nilai AD.
- Untuk nilai MSE adalah rata-rata semua nilai SE.
- Untuk nilai MAPE adalah rata-rata semua nilai APE

- A. Petunjuk pengoperasian program untuk user / admin adalah sebagai berikut :
1. Buka web browser lalu ketik www.sisdar.com nanti akan muncul tampilan User admin seperti dibawah :

Gambar 2. Tampilan Halaman Login Petugas Admin

Masukan Username admin dan Password admin lalu klik login nanti akan muncul tampilan beranda admin seperti dibawah :



Gambar 3. Tampilan Halaman Beranda

2. Pilih menu “STOK MASUK” nanti akan muncul tampilan seperti dibawah :

Golokar	WB-MU	WB-UTDC	PRC-PRC	TC
A	0	0	0	1
B	0	0	0	0
O	0	2	0	0
AB	0	1	0	0

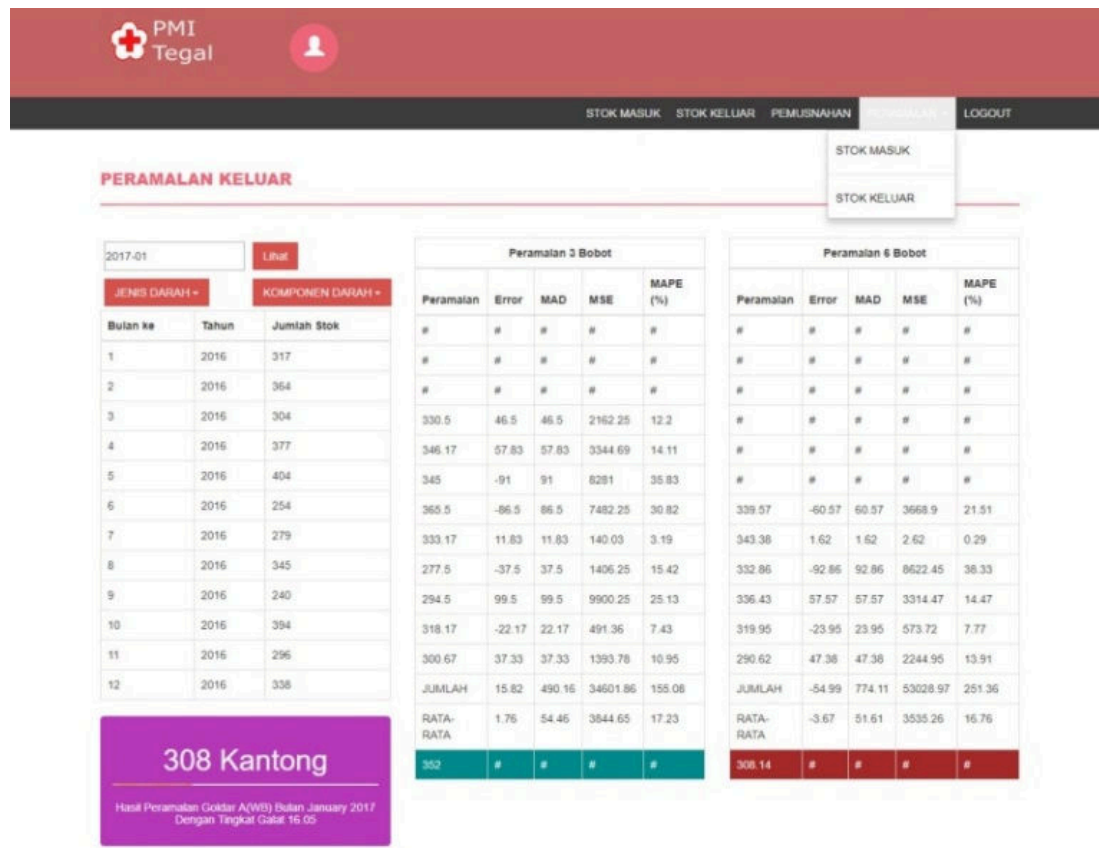
#	WB-MU			
	A	B	O	AB
Shift				
PG	0	0	0	0
SG	12	14	10	3
MLM	0	0	0	0
Jumlah	12	14	10	3

Gambar 4. Tampilan Halaman Data Stok Masuk

- Kemudian masukan tanggal yang akan diinput data, lalu pilih tombol ‘Lihat Data’.
- Jika data pada tanggal yang dipilih sudah tersimpan akan muncul di tabel sebelah kanan layar .
- Lalu untuk memasukan data stok darah masuk form sebelah kiri layar sesuai golongan darah dan komponennya.
- Jika data pada tanggal yang dipilih sudah pernah disimpan tombol di bawah form data stok darah masuk adalah tombol ‘Ubah Data’, sebaliknya jika belum tersimpan

sama sekali tombol di bawah form data stok darah masuk adalah tombol 'Simpan Data'

- Pilih tombol 'KOMPONEN DARAH' di atas tabel sebelah kanan layar untuk beralih melihat dat stok darah sesuai komponen darah yang telah tersimpan.
 - Langkah di atas juga sama atau berlaku pada saat memilih menu 'STOK KELUAR' dan PEMUSNAHAN .
3. Pilih menu 'PERAMALAN' dan pilih sub menu 'STOK KELUAR', lalu akan muncul tampilan seperti di bawah :



Gambar 4. Tampilan Halaman Peramalan Stok Darah Keluar

4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian pembahasan pada bab-bab sebelumnya yang telah dibuat dan dirancang maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Adanya pemodelan prediksi atau peramalan, maka dapat dibangun sistem peramalan yang dapat diterapkan , agar PMI dan/atau Masyarakat dapat mengetahui prakiraan jumlah stok darah satu bulan yang akan datang.
2. Melihat pemodelan pada bahasan diatas maka periode 6 bulan dipilih karena tingkat galat MSE dan/ atau MAPE terkecil, namun untuk diterapkan pada system peramalan, pemilihan periode bersifat dinamis tergantung kondisi stok darah di masa lalu.

Saran yang dapat disampaikan untuk pengembangan sistem ke depan, adalah sebagai berikut :

1. Perlu data minimal 3 tahun untuk menghasilkan peramalan yang lebih baik.
2. Untuk penelitian ke depan, perlu pemilihan metode lain yang sejenis dan pengembangan metode WMA misal Exponential *Weighted Moving Average* agar lebih akurat dalam menghasilkan peramalan.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kepada kepala markas PMI kota Tegal dan Unit Transfusi Darah PMI kota Tegal beserta staff dan jajarannya juga unit P3M Politeknik Harapan Bersama Tegal serta semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan dalam penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Latifah, U., & Triyono, R. A. (2013). Rancang Bangun Sistem Informasi Manajemen Pendonoran Darah Pada UDD PMI Kabupaten Pacitan. *Speed-Sentra Penelitian Engineering dan Edukasi*, 5(3).
- [2] Utomo, K. B. (2016). Perancangan Sistem Informasi Bank Darah Hidup Untuk Mempercepat Penyediaan Calon Penyumbang Darah Dengan Ketepatan Yang Tinggi (Studi di PMI Kota Samarinda). *Informatika Mulawarman: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 5(2), 22-28.
- [3] Gofur, A. A. (2015). Sistem Peramalan Untuk Pengadaan Material Unit Injection di PT. XYZ. *Komputa: Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika*, 2(2).
- [4] Sundari, S. S., Susanto, S., & Revianti, W. (2015). Sistem Peramalan Persediaan Barang Dengan Weight Moving Average Di Toko The Kids 24. *Proceedings Konferensi Nasional Sistem dan Informatika (KNS&I)*.
- [5] Pradibta, H., & al Saffa, A. U. N. (2016). Pengembangan Sistem Informasi Penjualan dan Peramalan Jual Beli Menggunakan Metode Weighted Moving Average (Studi Kasus Toko Emas Maju Sari Kota Malang). *Jurnal Informatika Polinema*, 2(3), 138-138.
- [6] Rossa, A. S., & Shalahuddin, M. (2013). *Rekayasa Perangkat Lunak*. Bandung: Penerbit Informatika.
- [7] Indrajani. (2015). *Database Design*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- [8] Jogiyanto. (2005). *Analisa & Desain*. Yogyakarta: Andi.
- [9] Khadir, A., & Triwahyuni, T. C. (2013). *Pengantar teknologi informasi edisi revisi*. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- [10] Mustaqbal M. Sidi dkk. (2015). Pengujian Aplikasi Menggunakan Back Box. *Universitas Widyatama*, Vol 1 (3), p 31-36.
- [11] Sofiansah, T. (2013). *Sistem informasi donor darah di Unit Donor Darah Palang Merah Indonesia Kota Bandung berbasis web*.

APPLICATION OF CT-PRO ALGORITHM FOR CRIME ANALYSIS

Eduardus Hardika Sandy Atmaja¹⁾, Risky Simaremare²⁾,

Paulina Heruningsih Prima Rosa³⁾

Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma
Jl. Paingan, Maguwoharjo, Depok, Krodan, Maguwoharjo, Kec. Depok, Kabupaten Sleman,
Daerah Istimewa Yogyakarta
Email : ¹edo@usd.ac.id

Abstract

The large amount of crime data generally becomes a pile of data that lacks of information. Data mining can be implemented in many areas, crime is one of them. Data mining can be used to find information from crime data that has been collected by the police. This study analyzed 3.198 crime data of Polresta Yogyakarta in 2016-2018. This study was aimed to determine the pattern of interrelationships between regions with its potential crime using association rule mining with CT-PRO algorithm. System testing was done by changing support and confidence values to find best crime patterns. The results were support and confidence values that can produce association rules are 8,59% and 70% with one rule, namely: "If the committed crime is CURAT then the crime occurs in MUKIM." The rule has 70,5% confidence, 275 support count and 1,66 lift ratio which means the rule were in the strong category.

Keywords: Data Mining, Association, CT-PRO, Crime

1. Pendahuluan

Tindak kejahatan adalah tindakan yang menentang aturan hukum serta adanya sanksi pidana yang dapat dikenakan bagi siapa saja yang melakukan pelanggaran tersebut[1]. Kejahatan adalah aktivitas yang bertujuan untuk melakukan sesuatu tindakan jahat dan merugikan orang lain yang dilakukan oleh pribadi atau kelompok[2]. Ada banyak contoh tindak kejahatan yang dilakukan di lingkungan masyarakat misalnya pencurian, pembunuhan, penipuan, pengedaran obat-obat terlarang, dan lain sebagainya. Tindak kejahatan juga dipengaruhi oleh banyak faktor yang beragam dan kompleks misalnya lingkungan pergaulan, tingkat pendidikan, daya emosional, dan lain-lain.

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), telah terjadi kecenderungan peningkatan kasus kejahatan atau kriminalitas di Indonesia pada tahun 2015-2017. Sebanyak 352.936 kasus kejahatan telah terjadi selama tahun 2015 dan meningkat pada tahun 2016 menjadi 357.197. Tetapi terjadi penurunan pada tahun 2017 yaitu menjadi 336.652 kasus. Data tersebut merupakan data yang berasal dari Polri. Secara lebih spesifik BPS juga menyediakan data yang berasal dari Polda Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), yaitu terdapat 7.251 kasus kejahatan yang terjadi selama tahun 2017[3]. Kasus-kasus kejahatan tersebut semakin lama semakin meresahkan masyarakat dan mengharuskan pihak kepolisian untuk terus menyelidikinya.

Banyaknya data tindak kejahatan sering kali hanya menjadi tumpukan data yang miskin akan informasi. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut maka perlu suatu teknik tertentu yang dapat digunakan untuk mengelola dan menganalisis tumpukan data. Teknik yang dapat digunakan untuk menggali nilai dari tumpukan data tersebut adalah *data mining*.

Data mining merupakan bagian dari *Knowledge Discovery in Database* (KDD) yaitu sebuah aktivitas analisis data dalam jumlah besar untuk mencari pola atau keterkaitan data[4].

Data mining dapat digunakan untuk menggali informasi dari data tindak kejahatan yang telah dikumpulkan oleh pihak kepolisian. Informasi yang dapat diperoleh berupa jenis tindak kejahatan yang terjadi di wilayah-wilayah tertentu. Informasi tersebut dapat diperoleh dengan metode *association rule mining* yang ada dalam teknik *data mining*.

Terdapat beberapa penelitian yang telah mengimplementasikan *data mining* pada data tindak kejahatan[5][6]. Kedua penelitian tersebut menggunakan metode *association rule mining* dan algoritma apriori untuk menganalisis data kejahatan. Hasilnya berupa pola-pola kejahatan yang terjadi dan saling berkaitan satu sama lain. Hasil tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan pertimbangan kepolisian dalam usaha mencegah kriminalitas.

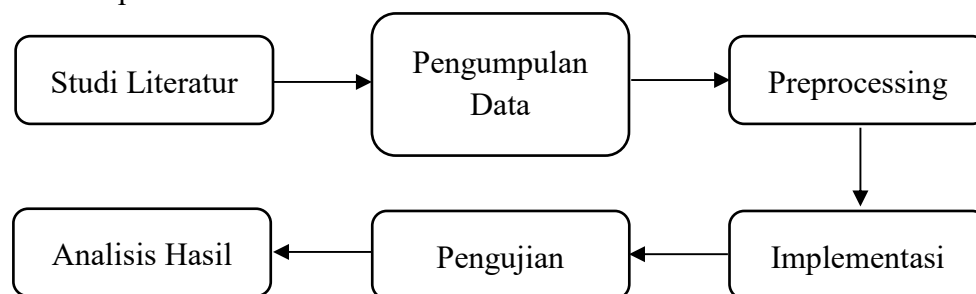
Kelemahan dari algoritma apriori adalah waktu eksekusi yang cenderung lama karena terdapat mekanisme *brute force* dalam mengkombinasikan *itemset*. Kelemahan tersebut dapat di atasi dengan memanfaatkan algoritma *fp-growth* yang berbasis *tree*. Penelitian tersebut juga telah dilakukan untuk menemukan pola peminjaman buku di perpustakaan[7]. Hasilnya berupa pola kombinasi buku yang saling berkaitan. Hasil tersebut dapat dimanfaatkan oleh peminjam buku untuk melihat rekomendasi buku lain yang dapat dipinjam ketika sebuah buku akan dipinjam.

Terdapat juga penelitian lain yang telah mengimplementasikan *association rule mining* dengan menggunakan algoritma *ct-pro* untuk menemukan pola tindak kejahatan perdagangan manusia[8]. Kelemahan dari algoritma *fp-growth* diperbaiki oleh algoritma *ct-pro* yaitu dengan mengganti penggunaan *fp-tree* dengan membuat *compressed fp-tree* pada langkah pembangunan *global tree*. Salah satu kelemahan *fp-tree* adalah *overhead* dalam membangun banyak *conditional fp-tree* dalam tahap *mining* yang mengurangi performa algoritma ketika pola bertambah panjang dan atau minimal *support* bertambah kecil sehingga membutuhkan waktu yang lebih panjang dan memori yang cukup besar. Hasil dari penelitian tersebut berupa pola tindak kejahatan perdagangan manusia yang sesuai dengan kondisi di lapangan. Hasil tersebut tentu saja dapat membantu pihak kepolisian dalam mencegah terjadinya tindak kejahatan perdagangan manusia.

Berdasarkan permasalahan dan beberapa fakta di atas maka penelitian ini mencoba menganalisis data tindak kejahatan di Yogyakarta dengan mengimplementasikan *association rule mining* dan algoritma *Compact Tree-Apriori* (CT-PRO). Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat membantu polisi dalam mengupayakan usaha-usaha pencegahan tindak kejahatan yang semakin marak terjadi di masyarakat. Dengan informasi tersebut, masyarakat juga dapat ikut berhati-hati terhadap kemungkinan terjadinya kejahatan di tempat-tempat tertentu.

2. Metodologi Penelitian

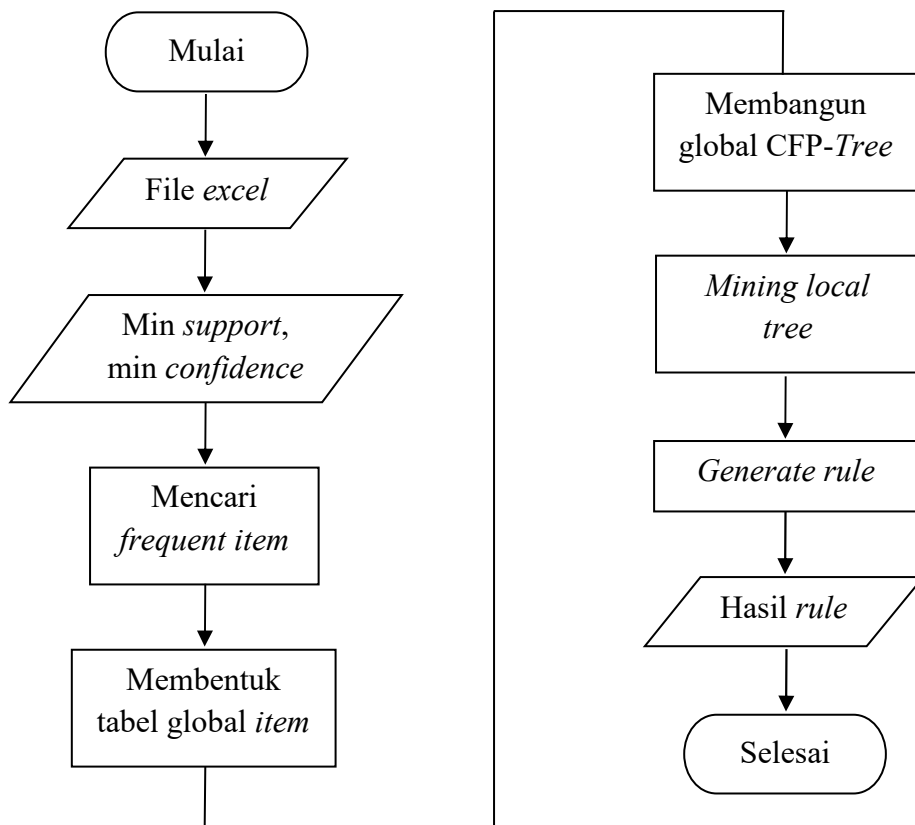
Penelitian ini melalui serangkaian tahap-tahap untuk mengimplementasikan algoritma CT-PRO dalam menemukan pola kejahatan. Gambar 1 menunjukkan tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Gambar 1 memperlihatkan bagan metodologi penelitian yang dilakukan pada penelitian ini. Tahap pertama adalah studi literatur, pada tahap ini dilakukan studi mengenai teori dan penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Literatur yang digunakan berasal dari buku, jurnal, dan publikasi ilmiah lainnya. Tahap kedua adalah pengumpulan data, pada tahap ini dilakukan metode dokumentasi yaitu mempelajari dan melihat dokumen-dokumen yang telah tersedia sebelumnya. Caranya adalah dengan menelusuri dan mencatat informasi yang dibutuhkan kaitannya dengan data laporan kepolisian. Data yang diperoleh adalah data kasus kejahatan yang didapatkan dari laporan tindak kejahatan yang ada di Polresta Yogyakarta dari tahun 2016-2018. Data yang diambil meliputi atribut tindak kejahatan, kecamatan, TKP, dan tahun kejadian. Pada tahap ketiga, data laporan polisi yang telah diperoleh diolah agar siap untuk diproses. Beberapa hal yang dilakukan adalah seleksi data, pembersihan data, dan transformasi data.

Tahap keempat adalah implementasi, implementasi algoritma CT-PRO dilakukan pada tahap ini ke dalam bahasa pemrograman *Java*. Adapun algoritma CT-PRO ditunjukkan dalam diagram *flowchart* pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. *Flowchart* CT-PRO

Tahap kelima adalah pengujian terhadap implementasi CT-PRO dengan cara mengubah-ubah nilai *min support* dan *min confidence* untuk menemukan aturan yang terbaik. Aturan terbaik yang dimaksud adalah aturan dengan nilai *support* dan *confidence* yang tertinggi. Hasil dari tahap pengujian selanjutnya dilakukan analisis pada tahap keenam. Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan terhadap temuan yang didapatkan dan memberikan saran guna perbaikan dari kelemahan yang ditemukan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Sampel data

Sampel data yang digunakan sebanyak 10 data dari total 3.198 data tindak kejahatan di Polresta Yogyakarta untuk memberikan gambaran proses algoritma CT-PRO. Data tersebut sudah melalui tahap *preprocessing* dan siap untuk diolah. 10 data tersebut ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Sampel data tindak kejahatan

No	Jenis Tindak Kejahatan	Kecamatan	TKP	Tahun
1	Penipuan	Gondomanan	ATM	2016
2	Penggelapan	Mantrijeron	Perusahaan	2016
3	Pemalsuan Dokumen	Mergangsan	Perusahaan	2016
4	Pencurian	Gondomanan	Toko	2016
5	Penipuan	Gondomanan	ATM	2017
6	Penipuan	Umbulharjo	ATM	2017
7	Penggelapan	Tegalrejo	Perusahaan	2017
8	Penggelapan	Umbulharjo	Perusahaan	2018
9	Pencurian	Gondomanan	Pasar	2018
10	Penipuan	Gondokusuman	ATM	2018

3.2. Pencarian *frequent item*

Pada langkah ini dilakukan proses pencarian *item* yang kemunculannya tidak kurang dari *threshold* yang ditentukan yaitu min *support count* 2 (20%). Mula-mula semua *item* dari Tabel 1 diambil dengan menghilangkan *item* ganda. *Item* yang dimaksud adalah isi dari kolom jenis tindak kejahatan, kecamatan dan TKP. Selanjutnya dihitung jumlah kemunculan masing-masing *item* pada Tabel 1. Daftar dari *item-item* tersebut ditunjukkan pada Tabel 2a. Selanjutnya dilakukan penghapusan terhadap *item-item* pada Tabel 2a yang tidak memenuhi *threshold*. *Item-item* tersebut selanjutnya diurutkan berdasarkan *count* terbanyak dan diberi id global seperti yang terlihat pada Tabel 2b.

Tabel 2. Daftar global *item*

No	<i>Item</i>	<i>Count</i>
1	Penipuan	4
2	Penggelapan	3
3	Pemalsuan Dokumen	1
4	Pencurian	2
5	Gondomanan	4
6	Mantrijeron	1
7	Mergangsan	1
8	Umbulharjo	2
9	Tegalrejo	1
10	Gondokusuman	1
11	ATM	4
12	Perusahaan	4
13	Toko	1
14	Pasar	1

(a)



ID Global	<i>Item</i>	<i>Count</i>
1	Penipuan	4
2	Gondomanan	4
3	ATM	4
4	Perusahaan	4
5	Penggelapan	3
6	Pencurian	2
7	Umbulharjo	2

(b)

Setelah diperoleh tabel global *item*, selanjutnya adalah melakukan konversi data pada Tabel 1 sesuai dengan id global pada Tabel 2b menjadi Tabel 3a. Hasil konversi data pada Tabel 3a diurutkan secara *ascending* sesuai dengan urutan id global yang ditunjukkan pada Tabel 3b.

Tabel 3. Konversi *itemset*

No	Item	No	Item
1	1,2,3	1	1,2,3
2	5,4	2	4,5
3	4	3	4
4	6,2	4	2,6
5	1,2,3	5	1,2,3
6	1,7,3	6	1,3,7
7	5,4	7	4,5
8	5,7,4	8	4,5,7
9	6,2	9	2,6
10	1,3	10	1,3

(a)

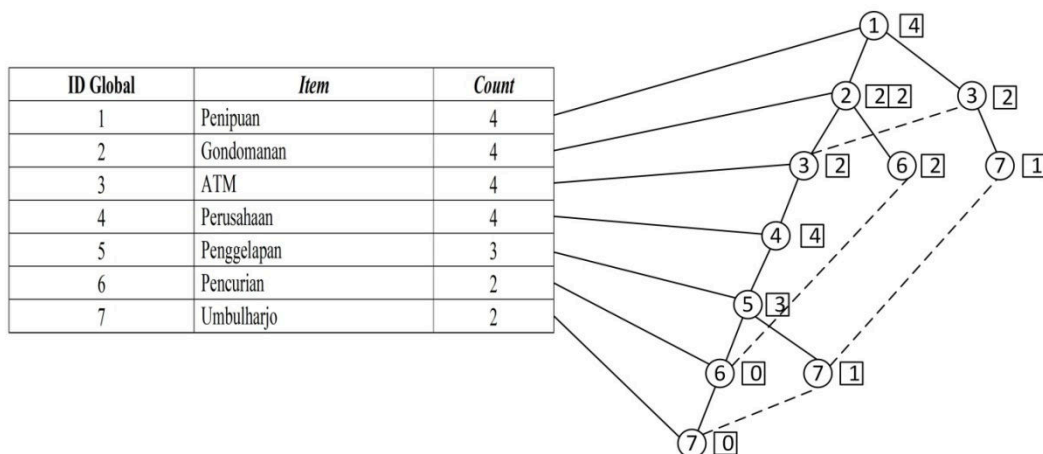
(b)

3.3. Pembangunan global CFP-Tree

Proses pembangunan global CFP-Tree membutuhkan tabel global *item* dan tabel konversi *itemset*. Adapun algoritma pembentukan global CFP-Tree adalah sebagai berikut :

- Inisialisasi *tree*, buat *node* baru untuk setiap *item* yang ada pada tabel global *item* (Tabel 2b) dan diatur sebagai anak kiri dari setiap *node* yang terbentuk.
- Mengakses setiap *item* yang ada pada *itemset* (Tabel 3b).
- Jika *item* yang ada pada *itemset* adalah *currentNode* maka *count* yang ada pada *currentNode* ditambah satu.
- Jika *item* tersebut tidak sama dengan *currentNode* maka lakukan penelusuran untuk anak dari *currentNode*.
- Jika *item* tersebut ada pada anak dari *currentNode* maka *count* yang ada pada anak *currentNode* ditambah satu. Jika tidak buat cabang baru untuk *item* baru dan *count* pada cabang baru tersebut ditambah satu.
- Ulangi langkah b sampai e untuk setiap *itemset* hingga seluruh *itemset* sudah diproses.

Hasil dari proses pembangunan global CFP-Tree dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Global CFP-Tree

3.4. Mining local tree

Konsep dari algoritma CT-PRO adalah *bottom-up mining* sehingga tabel global *item* diurutkan mulai dari *item* yang memiliki frekuensi terkecil hingga terbesar. Proses *mining* dilakukan satu persatu dimulai dari global *item* terkecil untuk menjadi *local tree*. Pada pembuatan *local item table*, dilakukan seleksi berdasarkan nilai *threshold* yang telah ditentukan.

Sebagai contoh akan dibangun *local CFP-Tree node 3* dengan cara *bottom-up*. Berdasarkan global CFP-Tree terdapat dua *item* yang menjadi *parent* dari *node 3* yaitu *item 1* dan *2*. Kedua *item* tersebut di hitung jumlah kemunculannya yang mengandung *node 3* seperti yang di perlihatkan pada Tabel 4.

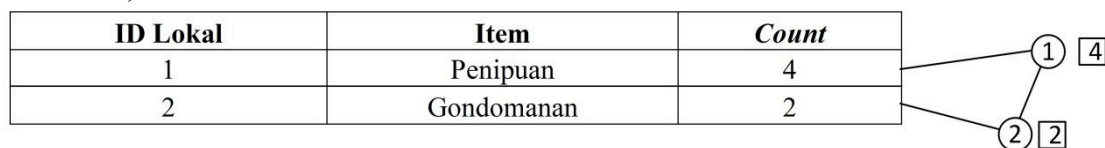
Tabel 4. Proses mendapatkan *local item table*

ID Global	Count		ID Lokal	Item	Count
1	4	➔	1	Penipuan	4
2	2		2	Gondomanan	2

(a)

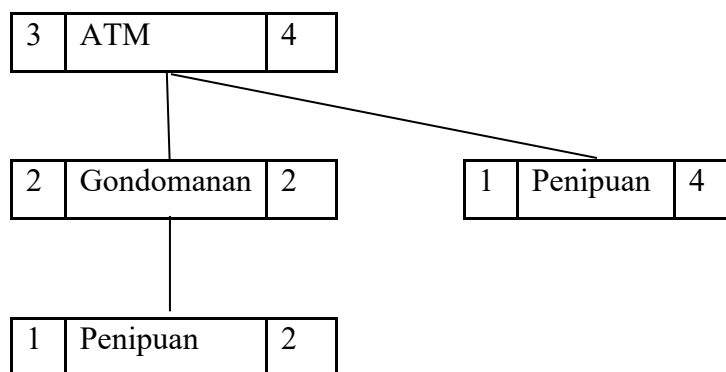
(b)

Seluruh *item* yang terdapat pada Tabel 4a diseleksi berdasarkan *threshold* yaitu 2 (20%). Lalu *item* yang telah diseleksi akan digunakan untuk membuat *local item table* pada Tabel 4b. Langkah selanjutnya adalah membangun *local CFP-Tree* dari *local item table* yang telah terbentuk. Gambar 4 menunjukkan jumlah *item* yang mengandung *item 1* (Penipuan) adalah 4. Sedangkan jumlah *item* yang mengandung *itemset 1 dan 2* (Penipuan dan Gondomanan) adalah 2.



Gambar 4. *Local CFP-Tree node 3*

Langkah selanjutnya adalah membuat *frequent itemset* berdasarkan *node 3* untuk dijadikan *root* yang diikuti dengan *node-node* lain dari *local CFP-Tree* sebagai *subtree*. Sebagai contoh, *node 3* memiliki *subtree node 2* dan *node 1* sesuai dengan *node* yang ada pada *local CFP-Tree*. Proses membangun *frequent itemset* untuk *node 3* ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses mendapatkan *frequent itemset*

Selanjutnya dilakukan transformasi ke dalam bentuk tabel berdasarkan Gambar 5 menjadi *frequent itemset* yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. *Frequent itemset*

No	Itemset	Count
1	ATM, Gondomanan, Penipuan	2
2	ATM, Gondomanan	2
3	ATM, Penipuan	4

3.5. Generate rule

Setelah *frequent itemset* untuk *node* 3 ditemukan, langkah selanjutnya adalah membentuk aturan yang diperoleh dari proses *subset frequent itemset* berdasarkan Tabel 5. Dari hasil *subset* tersebut dilakukan perhitungan nilai *support*, *confidence*, dan *lift ratio* seperti yang diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. *Frequent itemset* dengan nilai *support* dan *confidence*

No	A	B	Support Count (A)	Support Count (A ∪ B)	Confidence
1	ATM, Gondomanan	Penipuan	2	2	2/2 = 1
2	ATM, Penipuan	Gondomanan	4	2	2/4 = 0,5
3	Gondomanan, Penipuan	ATM	2	2	2/2 = 1
4	ATM	Gondomanan, Penipuan	4	2	2/4 = 0,5
5	ATM	Gondomanan	4	2	2/4 = 0,5
6	ATM	Penipuan	4	4	4/4 = 1
7	Gondomanan	ATM, Penipuan	4	2	2/4 = 0,5
8	Gondomanan	ATM	4	2	2/4 = 0,5
9	Gondomanan	Penipuan	4	2	2/4 = 0,5
10	Penipuan	ATM, Gondomanan	4	2	2/4 = 0,5
11	Penipuan	ATM	4	4	4/4 = 1
12	Penipuan	Gondomanan	4	2	2/4 = 0,5

Beberapa rumus yang digunakan adalah sebagai berikut [9]:

$$support(A \Rightarrow B) = \frac{\text{Jumlah transaksi mengandung A dan B}}{\text{Total transaksi}} \quad (1)$$

$$confidence(A \Rightarrow B) = \frac{\text{Jumlah transaksi mengandung A dan B}}{\text{Jumlah transaksi mengandung A}} \quad (2)$$

Setelah ditemukan nilai *support* dan *confidence* maka dilakukan penyeleksian aturan yang memenuhi nilai minimum *confidence* sebesar 1. Lalu sekaligus dihitung nilai *lift ratio* dari aturan yang telah lolos minimum *confidence*. Untuk menghitung *lift ratio* dilakukan dengan membagi nilai dari *confidence* dengan *benchmark confidence*[9]. Nilai *benchmark confidence* sendiri, dihitung dengan membagi banyaknya kemunculan *consequent* yang dibagi dengan banyaknya data tindak kejahatan[9]. Tabel 7 menunjukkan aturan-aturan yang memenuhi nilai minimum *confidence* beserta nilai *lift ratio*.

Tabel 7. Aturan yang memenuhi minimum *confidence* beserta *lift ratio*

No	A	B	<i>Confidence</i>	<i>Benchmark Confidence</i>	<i>Lift Ratio</i>
1	ATM, Gondomanan	Penipuan	1	0,4	2,5
2	Gondomanan, Penipuan	ATM	1	0,4	2,5
3	ATM	Penipuan	1	0,4	2,5
4	Penipuan	ATM	1	0,4	2,5

Dari hasil yang diperoleh pada Tabel 7 nilai *lift ratio* yang dihasilkan untuk semua *rule* yang berhasil dibentuk memiliki nilai lebih besar dari 1 (*lift ratio* > 1). Hal ini menunjukkan bahwa semua *rule* yang didapatkan bersifat kuat.

3.6. Pengujian dengan seluruh data

Pengujian dilakukan pada seluruh data tindak kejahatan yang terjadi di Polresta Yogyakarta pada tahun 2016-2018 menggunakan nilai min *support* dan *confidence* yang berbeda-beda. Jika nilai *support count* dan min *confidence* menghasilkan jumlah aturan yang sama secara berturut-turut maka akan diambil nilai *support count* dan min *confidence* yang terbesar untuk ditampilkan di Tabel 8. Tabel 8 berisi jumlah aturan yang diperoleh pada setiap variasi nilai min *support* dan min *confidence*.

Tabel 8. Hasil pengujian seluruh data

<i>Support Count</i>	<i>Minimum Support</i>	<i>Minimum Confidence</i>					
		50%	60%	70%	80%	90%	100%
1	0,03%	908	713	586	548	531	531
2	0,06%	511	390	263	225	208	208
3	0,09%	223	164	107	72	55	55
4	0,12%	141	97	63	43	26	26
5	0,15%	103	68	45	25	16	16
6	0,18%	85	53	33	16	10	10
7	0,21%	71	42	26	11	6	6
8	0,25%	60	35	21	9	4	4
9	0,28%	54	31	18	6	3	3
10	0,31%	48	27	15	3	2	2
11	0,34%	44	24	14	3	2	2
13	0,40%	35	19	12	3	2	2
14	0,43%	30	17	10	3	2	2
15	0,46%	28	17	10	3	2	2
16	0,50%	25	14	9	2	1	1
18	0,56%	22	13	9	2	1	1

Tabel 9. Hasil pengujian seluruh data (lanjutan)

<i>Support Count</i>	<i>Minimum Support</i>	<i>Minimum Confidence</i>					
		50%	60%	70%	80%	90%	100%
18	0,56%	22	13	9	2	1	1
19	0,59%	19	10	8	2	1	1
21	0,65%	17	10	8	2	1	1
28	0,87%	13	7	5	1	0	0
29	0,90%	12	7	5	1	0	0
32	1,00%	9	6	4	1	0	0
47	1,47%	8	5	3	1	0	0
49	1,53%	7	4	3	1	0	0
50	1,56%	6	4	3	1	0	0
66	2,06%	5	4	3	1	0	0
79	2,47%	3	2	2	1	0	0
80	2,50%	2	2	2	1	0	0
275	8,59%	1	1	1	0	0	0
276	8,63%	0	0	0	0	0	0

Dari hasil pengujian perbandingan jumlah aturan asosiasi pada 3.198 laporan tindak kejahatan dari tahun 2016-2018 diperoleh informasi bahwa nilai min *support* 8,59% dengan nilai *confidence* 70% menghasilkan aturan asosiasi yang baik karena aturan tersebut memenuhi nilai min *support* dan min *confidence* tertinggi, yang berarti bahwa aturan tersebut merupakan aturan yang paling sering muncul dengan tingkat kepercayaan tertinggi.

Aturan yang dihasilkan yaitu:

“Jika tindak kejahatan yang dilakukan adalah CURAT maka tindak kejahatan terjadi di MUKIM”

Tingkat Kepercayaan : 70.5%

Support Count : 275

Lift Rasio : 1.66 (Aturan Kuat)

Selain itu, diperoleh informasi bahwa nilai min *support* 8,63% dengan nilai *confidence* dari 50% hingga 100% tidak menghasilkan aturan asosiasi maka proses uji coba berhenti.

3.7. Konfirmasi hasil aturan asosiasi

Hasil aturan asosiasi yang telah diperoleh dari penelitian ini, selanjutnya dilakukan konfirmasi kepada pihak Polresta Yogyakarta selaku pemilik data. Berdasarkan konfirmasi dari Ibu Gita selaku BAKIN Satreskrim Polresta Yogyakarta, dapat diperoleh informasi bahwa aturan asosiasi tindak kejahatan terkuat yaitu “Jika tindak kejahatan yang dilakukan adalah CURAT maka tindak kejahatan terjadi di MUKIM” telah sesuai dengan keadaan di lapangan. Ibu Gita menambahkan bahwa motif CURAT (pencurian dengan pemberatan) banyak dilakukan dengan cara merusak rumah yang penghuninya sedang tidak ada. Konfirmasi juga dilakukan untuk beberapa hasil pengujian yang lain. Dari hasil konfirmasi tersebut dapat diperoleh kesimpulan bahwa hasil aturan asosiasi yang diperoleh oleh sistem sudah sesuai dengan keadaan di lapangan.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu:

- a. Algoritma CT-PRO dapat diterapkan untuk menganalisis tindak kejahatan yang terjadi di Polresta Yogyakarta dengan menemukan aturan asosiasi antar item.
- b. Dengan menggunakan data tindak kejahatan di Polresta Yogyakarta pada tahun 2016-2018, batas tertinggi minimum *support* dan *confidence* yang dapat menghasilkan aturan asosiasi adalah 8,59% dan 70% dengan hasil satu aturan yaitu: “Jika tindak kejahatan yang dilakukan adalah CURAT maka tindak kejahatan terjadi di MUKIM.” Aturan tersebut memiliki tingkat kepercayaan sebesar 70.5%, *support count* sebesar 275 dan memiliki *lift ratio* senilai 1.66 yang berarti aturan termasuk kategori kuat.
- c. Aturan asosiasi yang dihasilkan sudah sesuai dengan kondisi di lapangan.

Saran yang dapat disampaikan berdasarkan temuan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu:

- a. Penelitian selanjutnya hendaknya dapat melakukan komparasi terhadap algoritma *association rule* lainnya.
- b. Penambahan atribut juga perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil aturan yang lebih baik.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Polresta Yogyakarta yang telah menyediakan data tindak kejahatan yang digunakan dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Moeljatno. (1993). *Asas Asas Hukum Pidana*. Rineka Cipta. Hal. 54.
- [2] Nagib, C. (2014). Studi Deskriptif Faktor-faktor yang Menyebabkan Terjadinya Tindak Kriminal oleh Anak-anak Di Balai Pemasarakatan Purwokerto. *Skripsi Fakultas Psikologi Universitas Muhammadiyah Purwokerto*.
- [3] Badan Pusat Statistik. (2018). *Statistik Kriminal 2018*. Badan Pusat Statistik.
- [4] Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data Mining: Concepts and Techniques 3rd Edition*. Morgan Kaufmann.
- [5] Atmaja, E. H. S. (2017). Analisis Pola Tindak Kejahatan Menggunakan Visualisasi Aturan Asosiasi Berbasis Graph. *Jurnal Media Teknika*, 12(1), 1–66.
- [6] Fadlina. (2014). Data Mining Untuk Analisa Tingkat Kejahatan Jalanan dengan Algoritma Association Rule Metode Apriori. *Jurnal Informasi Dan Teknologi Ilmiah (INTI)*, III(1), 144–154.
- [7] Kadafi, M. (2018). Penerapan Algoritma FP-GROWTH untuk Menemukan Pola Peminjaman Buku Perpustakaan UIN Raden Fatah Palembang. *MATICS: Jurnal Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, 10(2), 52–58.
- [8] Sari, N. F. A. T. (2016). Penggunaan Association Rule Mining Algoritme CT-PRO dalam Proses Penentuan Pola Tindak Kejahatan Perdagangan Manusia. *Tesis Program Studi S2 Ilmu Komputer Universitas Gadjah Mada*.
- [9] Tan, P., Steinbach, M., & Kumar, V. (2006). *Introduction to Data Mining*. Addison-Wesley.

MULTIVARIATE TIME SERIES FORECASTING USING RECURRENT NEURAL NETWORKS FOR METEOROLOGICAL DATA

Victor Hariadi¹⁾, Ahmad Saikhu²⁾, Nurotuz Zakiya³⁾,
Arya Yudhi Wijaya⁴⁾, Fajar Baskoro⁵⁾

Departemen Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
Email : ¹victor@if.its.ac.id

Abstract

Rainfall is related to a number of factors that are interdependent and influenced by dynamic global time, region and climate factors. Determination of relevant predictors is important for the efficiency of the rainfall estimator model. Although some climate modeling studies in one region/country have high accuracy, this model is not necessarily suitable for other regions. Determination of predictor variables by considering spatio-temporal factors and local / global features results in a very large number of inputs. Feature selection produces minimal input so that it gets relevant predictor variables and minimizes variable redundancy. Recurrent Neural Networks is one of the artificial neural networks that can be used to predict time series data. This study aims to predict rainfall by combining the SVM classification method and the RNN method. Tests on the Perak 1 daily and monthly weather data (WMO ID: 96933) and Perak 2 Station daily and monthly data(WMO ID: 96937), showed high accuracy results with an R^2 are 92.1%; 94.1%; 90.9% and 89.6%.

Keywords : *Feature Selection, minimum Redundancy Maximal Relevance, Support Vector Machine, Recurrent Neural Network.*

1. Pendahuluan

Cuaca, iklim dan musim senantiasa akrab dalam kehidupan manusia sehari-hari. Gejala alam tersebut berpengaruh kepada banyak sektor kehidupan, diantaranya pertanian, kehutanan, kemaritiman, perikanan, kesehatan, transportasi, pariwisata, pertambangan, energi dan infrastruktur. Dalam kondisi yang ekstrim, cuaca dan iklim bahkan dapat menyebabkan terjadinya bencana, diantaranya wabah penyakit, banjir, angin kencang, tanah longsor, kekeringan dan kebakaran hutan/lahan. Oleh karenanya, informasi, analisis dan pengetahuan terhadap kondisi cuaca dan iklim serta pola perubahan iklim sangat penting untuk dipelajari agar manusia dapat beradaptasi dengan perubahan yang dinamis, menghindarkan atau mengurangi terjadinya resiko akibat bencana dan melakukan tindakan mitigasi [1].

Pemodelan curah hujan di suatu wilayah cukup penting untuk perencanaan sumber daya air secara optimal, pertanian, infrastruktur, pertambangan dan merupakan penelitian penting dalam bidang hidrologi. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk pemodelan curah hujan, baik pendekatan model teoritis/konseptual maupun pendekatan data empiris/histori. Pemodelan konseptual bertumpu pada interaksi dan proses antara dinamika atmosfer, suhu permukaan laut, dan posisi matahari. Model ini memiliki kompleksitas tinggi dan memerlukan komputasi yang mahal. Model empiris dipilih untuk menemukan hubungan antara data input dan output ketika pengguna tidak memahami secara lengkap hubungan faktor-faktor fisik yang terjadi dan lebih berfokus pada akurasi.

Berdasarkan sejumlah studi, curah hujan di Indonesia dipengaruhi oleh berbagai faktor lokal (cuaca) dan iklim regional (global). Oleh karenanya penentuan prediktor yang relevan adalah penting untuk efisiensi model penduga curah hujan. Meskipun beberapa penelitian pemodelan iklim di suatu wilayah/negara memiliki akurasi tinggi, belum tentu model tersebut sesuai untuk wilayah lainnya dikarenakan berbagai faktor. Hal ini menyebabkan bahwa pemodelan untuk iklim dan prediksi hujan menjadi khas untuk suatu wilayah. Model iklim dan curah hujan wilayah tropis yang mampu mensimulasikan dan memprediksi curah hujan di Indonesia secara efektif belum ditemukan [2].

Penentuan prediktor yang relevan adalah penting untuk efisiensi model penduga curah hujan. Meskipun beberapa penelitian pemodelan iklim di suatu wilayah/negara memiliki akurasi tinggi, belum tentu model tersebut sesuai untuk wilayah lainnya dikarenakan berbagai faktor. Untuk mendapatkan prediktor yang relevan adalah dengan mengidentifikasi sebanyak mungkin variabel prediktor dengan mempertimbangkan faktor waktu dan lokasi stasiun cuaca (spatio-temporal) dan fitur lokal/global.

Penentuan variabel prediktor dengan mempertimbangkan faktor spatio-temporal dan fitur lokal/global mengakibatkan jumlah input yang sangat banyak. Seleksi fitur dapat dilakukan untuk memilih sejumlah variabel input seminimal mungkin sehingga mendapatkan prediktor yang relevan dengan meminimalkan redundansi [3].

Recurrent Neural Networks (RNN) merupakan salah satu metode yang sesuai untuk memprediksi data time series. Untuk memperoleh variabel prediktor yang efisien, dalam penelitian ini digunakan metode Support Vector Machine (SVM). Studi kasus untuk implementasi seleksi fitur dan prediksi adalah data meteorologi pada stasiun cuaca Perak 1 (WMO ID: 96933) dan stasiun cuaca Perak 2 (WMO ID: 96937).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan model prediksi curah hujan menggunakan metode RNN melalui proses seleksi fitur input (prediktor) variabel cuaca dan iklim dengan menggunakan SVM. Manfaat dari penelitian ini adalah tersedianya metode seleksi fitur input untuk data *time-series* multivariat dan tersedianya model penduga curah hujan yang berbasis spatio-temporal.

2. Dasar Teori

2.1 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk model penduga data menggunakan spatio-temporal. Penelitian di bidang meteorologi dilakukan pada data curah hujan mingguan di wilayah Brasil. Dengan menggunakan pendekatan Spatio Temporal Data Mining menghasilkan MSE lebih baik [4]. Penentuan prediktor yang relevan adalah penting untuk efisiensi model penduga curah hujan pada data spatio-temporal. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nicolas De Jay dkk (2013), seleksi fitur menggunakan *mRMRe* bekerja secara efisien dalam memilih prediktor yang relevan dan tidak redundan [5].

Dalam membangun model penduga curah hujan, beberapa penelitian telah dilakukan menggunakan Support Vector Machine (SVM). Klasifikasi menggunakan SVM untuk prediksi curah hujan harian lebih baik dibandingkan dengan metode decision trees dan K-nearest neighbor [6]. Penelitian lain yang dilakukan untuk prediksi data time-series membandingkan metode Recurrent Neural Network (RNN) dengan metode ARIMA dimana metode RNN lebih baik digunakan pada data non-linier [7].

Beberapa penelitian terkait prediksi curah hujan adalah:

- a. Metode Local Regression Smoothing (LRS) dan Fuzzy Grammatical Evolution (GE) digunakan sebagai model penduga curah hujan bulanan di wilayah Bandung dengan nilai $R^2=84.62\%$. Apabila dibandingkan dengan ANFIS, $R^2=80\%$ dan GE mempunyai $R^2=74,35\%$ [8], [9].

- b. Metode Seemingly Unrelated Regression (SUR) untuk model GSTARIMA sebagai penduga curah hujan per bulan di wilayah Malang, dengan $R^2=58\%$ [10].
- c. Metode Adaptif Jaringan Syaraf Tiruan untuk memprediksi curah hujan per bulan di daerah Bongan, Bali dengan prediktor ENSO, SOI, OLR dan SST mempunyai $R^2 = 74.6\%$ [11].

2.2 DataTime Series Multivariat

Deret Waktu (*time series*) adalah data yang memiliki serangkaian nilai-nilai variabel yang terurut berdasarkan waktu kejadian di mana antar nilai saling berhubungan [12]. Data time series dapat dinotasikan sebagai berikut

$$Xi(t); [i = 1, 2, 3, \dots, n, t = 1, 2, 3, \dots, m] \quad (1)$$

i merupakan jumlah variabel dan t merupakan deret waktu. Jika nilai $n > 2$, disebut sebagai *multivariate time series (MTS)*, sedangkan $n=1$ dinamakan *univariate time series (UTS)*. UTS mengacu pada deret waktu yang terdiri dari pengamatan tunggal yang direkam secara berurutan atas kenaikan waktu yang sama.

2.3 Seleksi Fitur

Seleksi fitur adalah proses memilih sejumlah fitur yang merupakan subset dari fitur awal sehingga diperoleh fitur-fitur yang relevan terhadap akurasi klasifikasi [13]. Seleksi fitur dapat meningkatkan akurasi klasifikasi karena dapat menghapus fitur yang tidak relevan[14], [15]. Proses seleksi fitur yang ideal dalam menghasilkan subset fitur yang terbaik adalah dengan mencoba semua kemungkinan kombinasi elemen vektor fitur yang ada untuk diproses dalam proses data mining. Kombinasi elemen vektor menghasilkan subset fitur. Subset fitur terbaik didapatkan dari nilai akurasi yang tertinggi dari proses klasifikasi.

2.4 Minimum Redundancy Maximal Relevance (mrMR)

mrMR adalah metode pemilihan fitur yang cepat untuk menemukan serangkaian fitur yang relevan dan tidak redundan dengan menggunakan *Mutual Information (MI)* [5] sesuai persamaan 2.

$$I(x,y) = -\frac{1}{2} \ln(1-\rho(x,y)^2), \quad (2)$$

dimana I dan ρ masing-masing mewakili MI dan koefisien korelasi antara variabel x dan y . *mrMR* memungkinkan pemilihan efisien fitur yang relevan dan tidak redundan [15]. Variabel y menjadi variabel output dan $X=\{x_1, \dots, x_n\}$ menjadi set fitur input n . Metode ini memaksimalkan MI dari x dengan y (relevansi maksimum) dan meminimalkan MI rata-rata dengan semua variabel yang dipilih sebelumnya (redundansi minimum). x_i menjadi fitur dengan MI tertinggi terhadap variabel respon dan dengan demikian akan dipilih terlebih dahulu sesuai persamaan 3.

$$Xi = \arg \max_{x_i \in X} I(x_i, y) \quad (3)$$

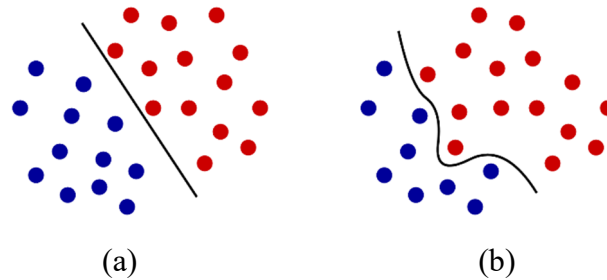
Selanjutnya, fitur lain ditambahkan ke S dengan memilih fitur yang memiliki relevansi tertinggi dengan variabel output dan redundansi terendah dengan fitur yang dipilih sebelumnya, sehingga memaksimalkan skor q pada langkah j , sesuai persamaan 4.

$$q_j = I(x_j, y) - \frac{1}{|S|} \sum_{x_k \in S} I(x_j, x_k) \quad (4)$$

2.5 Support Vector Machine

SVM didasarkan pada teori pada suatu bidang keputusan yang menggambarkan batas-batas keputusan [7]. Metode klasifikasi ini membagi antara satu set objek yang terdiri dari kelas yang berbeda. Gambar dibawah ini adalah contoh objek yang kelasnya terpisah secara

linier yaitu kelas merah dan kelas biru. Garis antara kedua objek mengklasifikasikan batas dimana objek kelas biru berada di satu sisi dan kelas merah berada di sisi lain.



Gambar 1. Klasifikasi Linier (a) dan klasifikasi non-linier (b)

Solusi untuk masalah klasifikasi dapat dengan mudah diperoleh ketika data terpisah secara linier sesuai Gambar 1(a). Namun, komplikasi muncul ketika data tidak dapat dipisahkan secara linier. Jika dibandingkan dengan model sebelumnya, pembagian objek merah dan biru membutuhkan kurva yang lebih mudah daripada pembagian objek pada data non linier (gambar 1b).

2.6 Fungsi Kernel

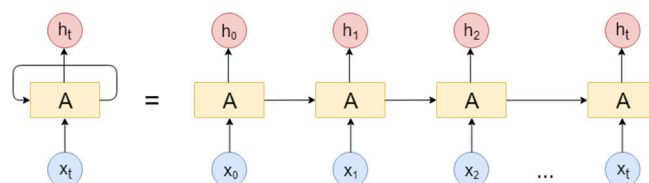
Fungsi *kernel* merupakan fungsi yang dapat mengatasi masalah non-linier yang umumnya terjadi pada dunia nyata. Fungsi ini diaplikasikan pada setiap data untuk memetakan data asli non-linier ke dalam ruang dimensi yang lebih tinggi (*higher-dimensional space*) [2]. Terdapat beberapa fungsi *kernel* yang umum digunakan yaitu linier, *polynomial* dan *Radial Basis Function* (RBF) [4] yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Kernel pada Support Vector Machine

Kernel	Fungsi
Linier	$k(x_i, x) = x_i \cdot x$
Polynomial	$k(x_i, x) = (x_i \cdot x + 1)^d$
RBF	$k(x_i, x) = \exp(-\gamma \ x_i - x\ ^2)$

2.7 Recurrent Neural Network

RNN adalah jaringan yang mengakomodasi output jaringan untuk menjadi input pada jaringan tersebut yang kemudian digunakan untuk menghasilkan output yang baru. RNN merupakan jaringan dengan kemampuan dinamis karena perilaku jaringan tidak hanya bergantung pada input saat ini saja melainkan pada operasi sebelum jaringan [16].



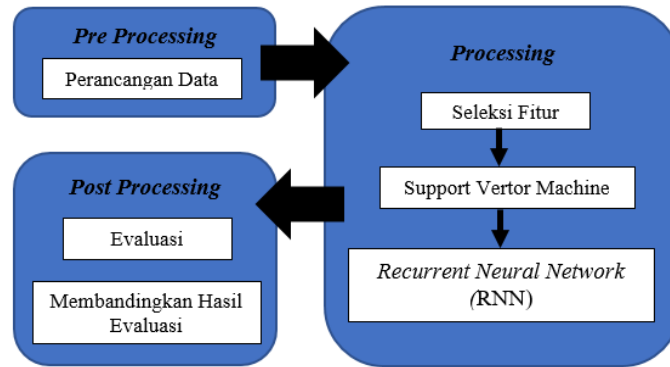
Gambar 2. Recurrent Neural Network

3. Analisis Dan Perancangan

3.1 Analisis Metode Secara Umum

Penelitian ini mengembangkan model penduga curah hujan untuk data *spatio-temporal* meteorologi (cuaca dan iklim) dengan studi kasus 2 stasiun cuaca di Surabaya

dengan periode bulan Januari 2010 hingga bulan Desember 2016. Tahap implementasi dari pengembangan model meliputi pra-proses, tahap pemodelan, dan tahap evaluasi. Pada pra-proses, dilakukan seleksi fitur menggunakan *mRMR* untuk memperoleh himpunan variabel *time-lags*. Selanjutnya, dilakukan klasifikasi dengan SVM menggunakan variasi kernel untuk mengetahui subset variabel terbaik dari seleksi fitur. Kemudian dilakukan *forecasting* menggunakan *RNN* untuk memprediksi curah hujan pada 2 lokasi secara serentak, yaitu Perak 1 dan Perak 2. Diagram alir dari keseluruhan proses ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Blok Proses Prediksi Curah Hujan

Evaluasi dilakukan terhadap hasil uji coba bertujuan untuk mengetahui metode terbaik berdasarkan nilai *Root Mean Square Error (RMSE)* dan Koefisien Determinasi (R^2).

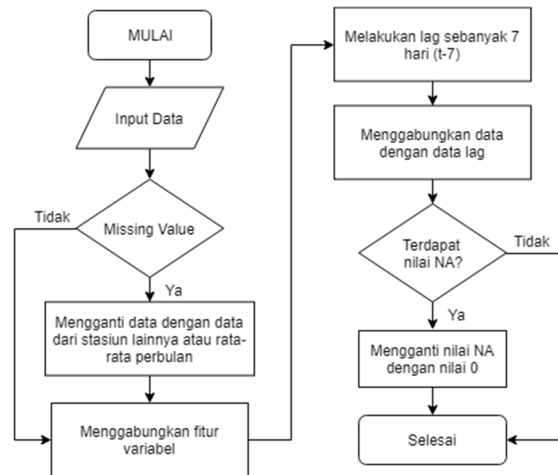
3.2 Data Studi Kasus

Data input merupakan data *time series spatio temporal* yang terdiri dari variabel lokal/global, waktu dan wilayah. Fitur input dari Stasiun Perak 1 akan digunakan sebagai prediktor untuk Stasiun Perak 2 dan juga sebaliknya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh wilayah terhadap nilai variabel respon. Tabel 2 adalah daftar variabel yang digunakan yang pada pemodelan.

Tabel 2. Perancangan dataset untuk Stasiun Perak 1

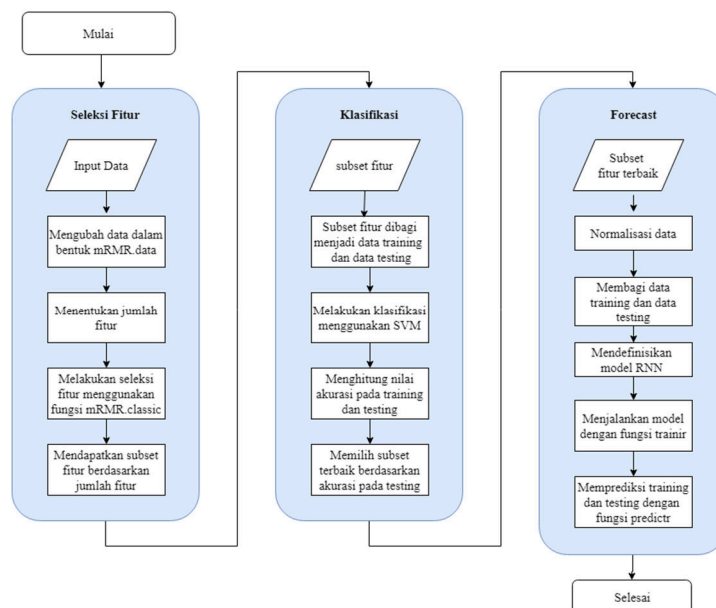
Fitur	Nama Variabel
Variabel respon Stasiun Perak 1	Curah hujan
Variabel lokal Stasiun Perak 1	Suhu minimum
	Suhu maksimum
	Suhu rata-rata
	Kelembapan rata-rata
	Lama Penyinaran
	Kecepatan angin rata-rata
	Kecepatan angin terbesar
Variabel lokal Stasiun Perak 2	Suhu minimum
	Suhu maksimum
	Suhu rata-rata
	Kelembapan rata-rata
	Lama Penyinaran
	Kecepatan angin rata-rata
	Kecepatan angin terbesar
Variabel global	NINO12
	NINO3
	NINO34
	NINO4

Setiap wilayah memiliki 19 variabel prediktor yang selanjutnya akan diproses menggunakan fitur waktu. Fitur waktu merupakan *time-lags* dari 18 variabel lokal dan global, yaitu *lags t-1, t-2, t-3, t-4, t-5, t-6* dan *t-7*. Setiap variabel prediktor pada dataset diproses menggunakan fitur waktu sehingga menghasilkan 144 variabel prediktor. Fitur lokasi terdiri dari data pada lokasi stasiun perak 1 dan 2, sehingga didapatkan data dengan fitur variabel lokal/global, waktu dan lokasi. Hasil dari preprocessing menghasilkan dataset dengan 144 fitur variabel. Diagram alir secara detail pada praproses ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4. Algoritma *Preprocessing*

3.3 Pemodelan

Proses pemodelan terdiri dari seleksi fitur, klasifikasi dan *forecasting*. Hasil dari proses akan dievaluasi untuk memperoleh metode terbaik pada kasus prediksi curah hujan harian pada Stasiun Perak 1 dan Stasiun Perak 2. Diagram alir proses pemodelan ditunjukkan oleh gambar 5.



Gambar 5. Perancangan proses Seleksi fitur, klasifikasi dan forecasting

3.4 Seleksi Fitur

Pseudocode seleksi fitur menggunakan mRMR dapat dilihat pada Gambar 6.

```

1.  START
2.  SET feature set  $F$ , class label  $c$ , the
    number of selected feature  $m$ 
3.  Rank all feature in  $F$  in descending order
    based on their relevance
4.  WHILE  $|S| < m$  do
5.      Search the top ranked feature score
6.      Move  $f_i$  from  $F$  to  $S$ 
7.  END WHILE
8.  END

```

Gambar 6. *Pseudocode* Seleksi Fitur

Proses seleksi fitur diawali dengan inisialisasi dataset dengan fitur F , variabel target atau faktor c dan jumlah subset fitur m . Fungsi yang digunakan untuk seleksi fitur pada fitur F adalah *mRMR.classic*. Skor dari *mRMR.classic* akan diurutkan dari yang terbesar ke yang terkecil. Untuk mendapatkan subset $|S|$, dilakukan perulangan sebanyak m dengan mencari nilai tertinggi pada skor mRMR. Fitur yang memiliki nilai skor tertinggi dimasukkan kedalam subset $|S|$.

3.5 Klasifikasi

Proses klasifikasi menggunakan berbagai variasi kernel yaitu kernel linier, polinomial dan radial. Sebelum dilakukan proses klasifikasi, variabel faktor pada data akan di diskritisasi menjadi 5 kelas yaitu tidak hujan, hujan ringan, hujan sedang, hujan lebat dan hujan sangat lebat dengan parameter yang ditunjukkan pada Tabel 2.

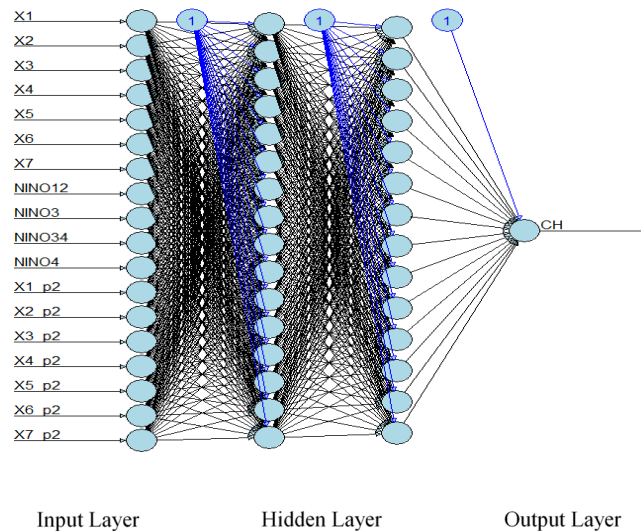
Tabel 1. Kategori hujan harian dan bulanan

No	Kategori	Parameter	
		Harian (mm/jam)	Bulanan (mm/bulan)
1	Tidak hujan	0	0
2	Hujan ringan	1 – 5	1 – 100
3	Hujan sedang	6 – 10	101 – 300
4	Hujan lebat	11 – 20	301 – 400
5	Hujan sangat lebat	> 20	> 400

Variabel curah hujan berfungsi sebagai variabel tujuan dari proses klasifikasi. Tiga nilai akurasi terbaik merupakan subset terbaik yang akan di uji coba pada proses *forecasting*.

3.6 Forecasting

Fitur yang diperoleh dari subset terbaik dinormalisasi sebelum proses *forecasting* menggunakan RNN. Arsitektur RNN terdiri dari satu *input layer*, dua *hidden layer* dan satu *output layer* sesuai Gambar 7.



Gambar 7. Arsitektur Jaringan RNN

Hidden layer yang digunakan terdiri dari dua neuron dengan jumlah 16 dan 14 node. Evaluasi terhadap hasil prediksi pada *forecasting* diukur menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan Koefisien Determinasi (R^2). Semakin kecil nilai RMSE dan semakin tinggi hasil koefisien determinasi maka semakin bagus hasil prediksi pada *forecasting*.

4. Hasil Uji dan Evaluasi

4.1 Hasil Uji Data Harian

Uji coba data harian Stasiun Perak 1 dan Stasiun Perak 2 dengan metode klasifikasi dengan berbagai kernel dan *forecast* menggunakan RNN dengan epoch 10.000 ditunjukkan pada Tabel 4.

Pada skenario data harian, dari metode klasifikasi SVM menggunakan kernel linear, polinomial dan radial, serta diprediksi menggunakan RNN, hasil terbaik pada data harian Stasiun Perak 1 adalah dengan nilai $R^2 = 92,1\%$ dengan kernel polinomial dan jumlah prediktor 2. Sedangkan hasil terbaik pada data harian Stasiun Perak 2 didapatkan nilai $R^2 = 94,1\%$ dengan kernel polinomial dan jumlah prediktor 3.

Tabel 4. Uji Coba Data Harian

Kernel	Stasiun Perak 1			Stasiun Perak 2		
	Prediktor	Rsquare		Prediktor	R ²	
		train	test		train	test
Linear	5	0,936	0,914	8	0,000	0,000
	2	0,939	0,920	29	0,946	0,935
	3	0,940	0,915	25	0,000	0,000
Polinomial	3	0,940	0,915	3	0,942	0,941
	4	0,941	0,914	9	0,940	0,938
	2	0,939	0,921	31	0,949	0,932
Radial	80	0,962	0,888	30	0,946	0,924
	84	0,004	0,010	34	0,943	0,930
	86	0,952	0,901	76	0,172	1,43E-01

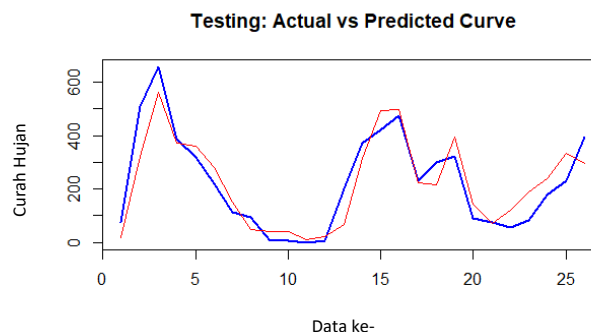
4.2 Hasil Uji Data Bulanan

Hasil uji coba menggunakan data bulanan Stasiun Perak 1 dan Stasiun Perak 2 dengan metode klasifikasi dengan berbagai kernel dan *forecasting* menggunakan RNN dengan *epoch* 10.000 dapat dilihat pada Tabel 4.

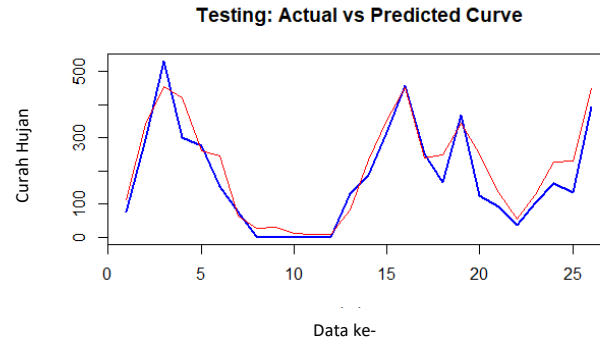
Tabel 5 Uji Coba Data Harian

Kernel	Stasiun Perak 1			Stasiun Perak 2		
	Prediktor	Rsquare		Prediktor	Rsquare	
		train	test		train	test
Linear	31	0,981	0,812	17	0,983	0,803
	4	0,939	0,899	98	0,993	0,562
	23	0,967	0,872	139	0,992	0,644
Poli-nomial	18	0,962	0,827	55	0,986	0,731
	80	0,988	0,780	115	0,995	0,460
	3	0,937	0,909	108	0,991	0,701
Radial	144	0,989	0,453	8	0,978	0,896
	13	0,935	0,900	32	0,988	0,807
	3	0,937	0,908	9	0,980	0,743

Pada data bulanan, dari metode klasifikasi SVM menggunakan kernel linear, polinomial dan radial, serta diprediksi menggunakan RNN, hasil terbaik pada data bulanan Perak 1 didapatkan nilai $R^2=90,9\%$ dengan kernel polinomial dan jumlah prediktor=3. Sedangkan hasil terbaik pada data bulanan Perak 2 didapatkan nilai $R^2=89,6\%$ dengan kernel radial dan jumlah prediktor=8.



Gambar 8. Plot aktual dan testing data bulanan Stasiun Perak 1



Gambar 9. Plot aktual dan testing data bulanan Stasiun Perak 2

4.3 Evaluasi

Dari hasil uji coba data harian dan data bulanan pada Stasiun Perak 1 dan Stasiun Perak 2, memberikan nilai R^2 yang tinggi. Jumlah prediktor yang mempertimbangkan faktor waktu dan lokasi serta fitur lokal/global menghasilkan 144 prediktor dan dapat direduksi dengan jumlah prediktor=2 pada data harian Stasiun Perak 1, jumlah prediktor=3 pada data harian Stasiun Perak 2, jumlah prediktor=3 pada data bulanan Stasiun Perak 1 dan jumlah prediktor=8 pada data bulanan Stasiun Perak 2.

Metode klasifikasi dengan berbagai kernel dan *forecasting* menggunakan RNN memberikan nilai R^2 yang tinggi dengan nilai 92,1% pada data harian Stasiun Perak 1, 94,1% pada data harian Stasiun Perak 2, 90,9% pada data bulanan Stasiun Perak 1 dan 89,6% pada data bulanan Stasiun Perak 2. Akurasi prediksi dari pengembangan metode pada penelitian ini lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya [8-11].

5. Kesimpulan

Dari hasil pengamatan selama proses perancangan, implementasi, dan pengujian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: (i) Metode seleksi fitur yang digunakan pada penelitian ini dapat mereduksi jumlah prediktor dengan jumlah prediktor awal 144 prediktor dengan mempertimbangkan faktor waktu dan lokasi serta fitur lokal/global dan hasil dari seleksi fitur didapatkan jumlah prediktor dengan rentan antara 2 hingga 8 prediktor. (ii) Penelitian ini dapat membangun model penduga curah hujan untuk wilayah surabaya pada Stasiun Perak 1 dan Stasiun Perak 2 baik harian maupun bulanan dengan nilai R^2 yang tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] Aldrian, E., & Budiman, M. K. (2011). Adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di Indonesia. Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara, Kedeputan Bidang Klimatologi, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- [2] Ettema, J., & Aldrian, E. (2012). Spatiotemporal Characteristics Of Extreme Rainfall Events Over Java Island, Indonesia. Indonesian Journal of Geography, 44(1), 62-86.
- [3] Humphrey, G. B., Galelli, S., Castelletti, A., Maier, H. R., Dandy, G. C., & Gibbs, M. S. (2014). A new evaluation framework for input variable selection algorithms used in environmental modelling.
- [4] Fernandes, M. V., Schmidt, A. M., & Migon, H. S. (2009). Modelling zero-inflated spatio-temporal processes. Statistical Modelling, 9(1), 3-25.

- [5] De Jay, N., Papillon-Cavanagh, S., Olsen, C., El-Hachem, N., Bontempi, G., & Haibe-Kains, B. (2013). mRMRe: an R package for parallelized mRMR ensemble feature selection. *Bioinformatics*, 29(18), 2365-2368.
- [6] Ortiz-García, E. G., Salcedo-Sanz, S., & Casanova-Mateo, C. (2014). Accurate precipitation prediction with support vector classifiers: A study including novel predictive variables and observational data. *Atmospheric Research*, 139, 128-136.
- [7] Madan, R., & SarathiMangipudi, P. (2018, August). Predicting Computer Network Traffic: A Time Series Forecasting Approach Using DWT, ARIMA and RNN. In 2018 Eleventh International Conference on Contemporary Computing (IC3) (pp. 1-5). IEEE.
- [8] Pratama, S. W., & Nhita, F. (2016, May). Implementation of local regression smoothing and fuzzy-grammatical evolution on rainfall forecasting for rice planting calendar. In 2016 4th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT) (pp. 1-5). IEEE.
- [9] Nhita, F., Saepudin, D., & Wisesty, U. N. (2015, December). Comparative Study of Moving Average on Rainfall Time Series Data for Rainfall Forecasting Based on Evolving Neural Network Classifier. In 2015 3rd International Symposium on Computational and Business Intelligence (ISCBI) (pp. 112-116). IEEE.
- [10] Nisak, S. C. (2016). Seemingly Unrelated Regression Approach for GSTARIMA Model to Forecast Rain Fall Data in Malang Southern Region Districts. *CAUCHY*, 4(2), 57-64.
- [11] Kanigoro, B., & Salman, A. G. (2016, August). Recurrent gradient descent adaptive learning rate and momentum neural network for rainfall forecasting. In 2016 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (ISemantic) (pp. 23-26). IEEE.
- [12] Vasimalla, K. (2014). A survey on time series data mining. *Intern. J. of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, 2, 170-179.
- [13] Putri, L. A. A. R. (2017). Seleksi Fitur Dalam Klasifikasi Genre Musik. *Jurnal Ilmu Komputer*, 10(1), 19-26.
- [14] Saputro, D. R. S. (2009). Memprediksi Curah Hujan (Data Spatio-Temporal) dengan Metode Bayesian Network. In *Proceeding of National Seminar on Research, Teaching, and Application of Mathematics and Science* (pp. 37-42).
- [15] Ding, C., & Peng, H. (2005). Minimum redundancy feature selection from microarray gene expression data. *Journal of bioinformatics and computational biology*, 3(02), 185-205.
- [16] Dong, D., Sheng, Z., & Yang, T. (2018, November). Wind Power Prediction Based on Recurrent Neural Network with Long Short-Term Memory Units. In 2018 International Conference on Renewable Energy and Power Engineering (REPE) (pp. 34-38). IEEE.

SCADA AS A SMARTHOME FOR LIGHT CONTROL, HOME FENCE DOOR CONTROL, AND CURTAIN CONTROL BASED ON SCHNEIDER PLC M221

Kevin Sanjaya¹⁾, Theresia Prima Ari Setiyani²⁾

Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, Indonesia

Email : ²sanajayapkpabcd@gmail.com

Abstract

Smarthome is made to help relieve human work in the field of automation in residential environments. The purpose of this system is to control the lamps, curtains, and fence doors, which are equipped with the HMI (Human Machine Interface) to display the process in real time. The system of this smarthome is made using Schneider TM221CE24R PLC as a controller. This smarthome controls the lamp with five different lighting brightness conditions by using a UV (Ultraviolet) sensor, controlling the open and close fence doors using the PIR (Passive Infrared) sensor, and controlling the curtains with three different conditions (open full, half closed, full lid) with the LDR sensor. The control of these Smarthome objects is displayed in an HMI (Human Machine Interface). The Operator can monitor the objects that are currently working through the HMI view. Through the testing stage of the tool, there is a conclusion that this smarthome can control objects well.

Keywords : Smarthome, PLC, HMI.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan ekonomi yang tinggi membuat permintaan rumah yang nyaman dan terotomasi kian meningkat [1]. Otomasi rumah modern atau dikenal dengan istilah *Smarthome* merupakan kebutuhan untuk mengatasi permasalahan yang ada di kehidupan sehari-hari salah satunya seperti lupa mematikan lampu yang berakibat borosnya pemakaian listrik, pengaturan buka tutup gerbang pintu garasi yang merepotkan kalau dikerjakan manual juga pengaturan cahaya melalui mekanisme buka tutup gorden.

SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) adalah sebuah **sistem** yang dirancang untuk sebuah pengendalian dan pengambilan data dalam pengawasan (Operator/Manusia), biasanya SCADA digunakan untuk pengendalian suatu proses pada industri. SCADA merupakan sistem yang terdiri dari banyak komponen penyusunnya yaitu HMI (*Human Machine Interface*), PLC (*Programmable Logic Controller*), MTU (*Master Terminal Unit*), RTU (*Remote Terminal Unit*), dan sistem komunikasi [2]. Sistem SCADA terdapat PLC (*Programmable Logic Controller*) sebagai pengendali utama, PLC biasanya digunakan pada sistem dalam industri untuk menggantikan sistem perkabelan (*wiring*). namun seiring perkembangan waktu PLC juga digunakan pada sistem sebuah *Smarthome*. PLC yang digunakan adalah Schneider M221, karena PLC ini memiliki *port Ethernet* yang memudahkan pemantauan jarak jauh.

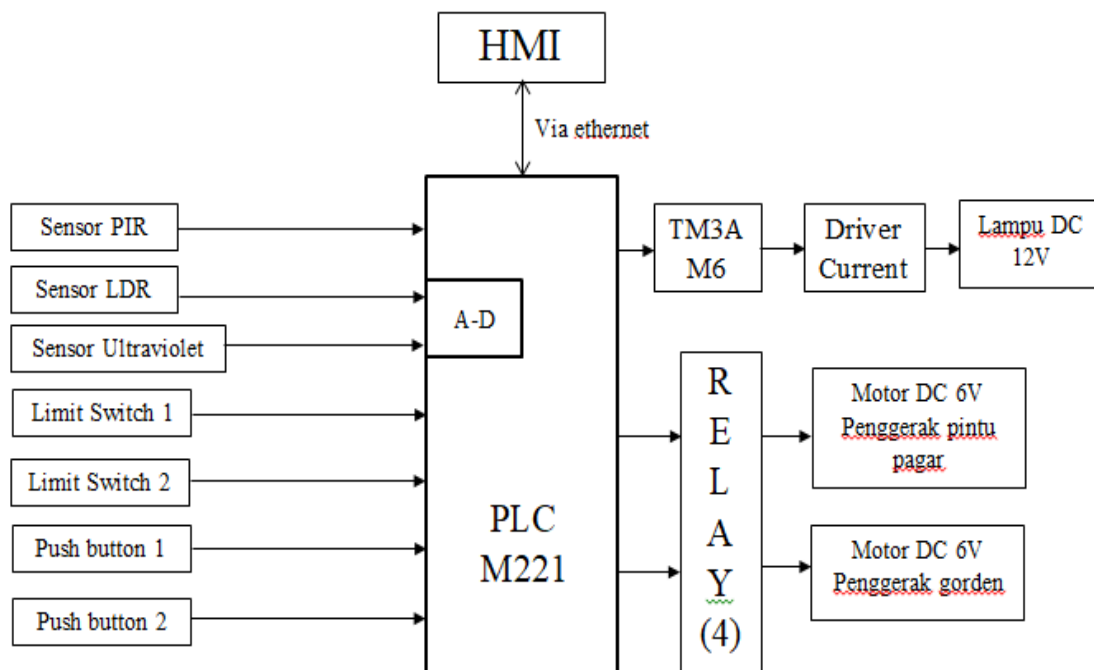
Dari penelitian Benekditus Tri Apriyanto dalam tugas akhir berjudul “Aplikasi PLC Modicon M221 Untuk *Smarthome* dengan HMI (*Human Machine Interface*) Berbasis Android” sistem mempunyai kemampuan pengendalian melalui HMI android via internet untuk lampu(ON/OFF), motor dc (buka/tutup pintu garasi dan pintu gerbang), serta pengaktifan indikator keamanan. Aplikasi dari *Smarthome* ini terdiri dari pengendali lampu, pengendali motor, dan pengendali keamanan.. Semua data dan peringatan akan ditampilkan pada HMI android (*SCADATOUCH*) [3].

Penelitian ini berusaha mengembangkan penelitian terdahulu tersebut namun dengan media penampil yang berbeda. “SCADA sebuah *Smarthome* untuk pengendali lampu, pengendali pintu pagar rumah, dan pengendali gorden berbasis PLC Schneider M221” merupakan sebuah sistem otomasi untuk pengendali 3 obyek. Obyek pertama adalah buka tutup pagar pintu rumah berdasarkan ada tidaknya mobil yang akan masuk atau keluar. Obyek yang kedua adalah buka tutup gorden sebuah jendela berdasarkan intensitas cahaya matahari yang disensing menggunakan sensor LDR, dan obyek yang ketiga adalah tingkat kecerahan nyala lampu berdasarkan intensitas cahaya matahari yang disensing menggunakan sensor Ultra Violet. Media penampil yang digunakan untuk monitoring adalah monitor PC atau laptop. Tampilan HMI dirancang menggunakan software *Wonderware Intouch* yang memiliki kelebihan yang lebih dalam menggambarkan animasi-animasi sistem secara real dan aktual.

Smarthome ini menggunakan PLC Schneider M221 berjenis TM221CE40R, PLC jenis ini memiliki port I/O berupa 24 digital input, 2 analog input, 16 digital output, 1 ethernet port, dan 1 serial line port sebagai kontroler. PLC ini didukung oleh software So Machine Basic yang mudah dalam pemrograman dan terintegrasi dengan HMI yang bertujuan untuk memonitor sistem *Smarthome* tersebut.

2. Metode Penelitian

Diagram blok yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperti gambar 1 berikut :



Gambar 1. Blok diagram SCADA untuk prototipe pengendali lampu, pengendali pintu pagar rumah, dan pengendali gorden.

Dengan demikian metode penelitian yang digunakan yaitu :

- a. Perancangan dan implementasi perangkat keras prototipe *smarthome*, yang meliputi sistem sensor, motor penggerak pintu pagar dan gorden, *limit switch*, dan *pushbutton*. Komponen elektronis yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Sensor LDR dan Sensor UV (Ultraviolet) merupakan sensor yang mengeluarkan data analog sehingga harus diinputkan ke modul analognya PLC. PLC M221 mempunyai 2 masukan analog yang akan mengubah data analog menjadi data digital.

- b. Perancangan dan implementasi perangkat lunak yang meliputi pemrograman ladder PLC untuk pengendali pintu pagar, pengendali lampu, dan pengendali gorden, serta HMI untuk animasi tiga pengendali dan proses login sebelum masuk ke layer animasi pengendali. Programing PLC menggunakan perangkat lunak Somachine Basic, sedangkan programing HMI menggunakan perangkat lunak Wonderware InTouch.

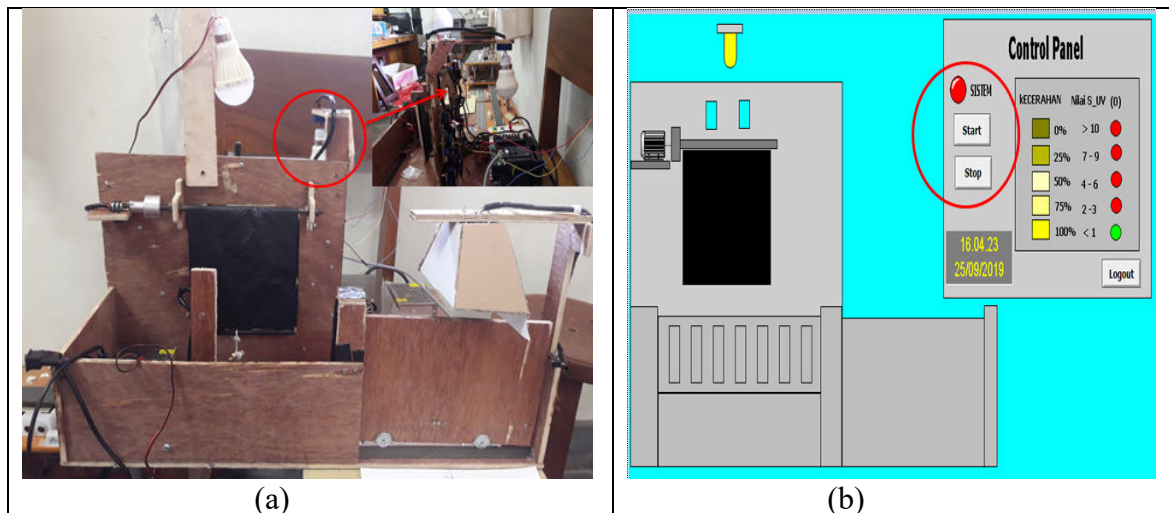
Tabel 1. Komponen elektronik pengendali pintu pagar, pengendali lampu, dan pengendali gorden.

NO	Keterangan	Fungsi
1	Lampu DC	Sebagai output pengendali lampu
2	Motor DC 1	Sebagai penggerak pintu pagar
3	Motor DC 2	Sebagai penggerak gorden
4	Sensor IR motion HC-SR501	Sebagai input pengendali pintu pagar
5	Sensor LDR	Sebagai input pengendali gorden
6	Sensor Ultraviolet	Sebagai input pengendali lampu
7	<i>Limit switch 1</i>	Sebagai pembatas pintu pagar saat tutup
8	<i>Limit switch 2</i>	Sebagai pembatas pintu pagar saat buka
9	Kain	Sebagai kain gorden
10	Penggulung kain gorden	Sebagai penggulung kain gorden
11	Pemberat kain gorden	Sebagai pemberat kain agar mudah dalam proses penggulangan
12	<i>Pushbutton</i>	Sebagai tombol start dan stop sistem

- c. Perancangan dan implementasi konfigurasi jaringan Ethernet menggunakan *Wonderware MODBUS Ethernet I/O Server* (MBENET). MBENET adalah program aplikasi Microsoft Windows yang memungkinkan akses data di PLC Modicon melalui jaringan Ethernet ke PC sehingga layar monitor – sebagai HMI - dapat menampilkan informasi sistem secara *real time*. Protokol komunikasi melalui Ethernet digunakan untuk menangani elemen data dalam percakapan yang menggunakan konvensi penamaan tiga bagian yang mencakup *application name*, *Topic Name*, dan *Item Name*.
- d. Uji coba dan pengambilan data untuk menguji prototipe dan HMI yang sudah dibuat sehingga dapat dilihat hasil kerjanya. Data yang diambil adalah data setiap sensor, data kondisi pengendali pintu pagar, data kondisi pengendali lampu, data kondisi pengendali gorden, data proses login, dan proses animasi HMI.
- e. Analisis dan penyimpulan hasil percobaan. Analisis data dilakukan dengan membandingkan keakuratan proses pada prototipe dengan animasi pada HMI sehingga dapat diambil kesimpulan tentang berhasil tidaknya sistem yang dibuat.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil implementasi perangkat keras *SCADA* untuk prototipe pengendali lampu, pengendali pintu pagar rumah, dan pengendali gorden dapat dilihat pada Gambar 2. (a), sedangkan hasil implementasi tampilan HMI dapat dilihat pada gambar 2. (b).



Gambar 2. (a). Hasil implementasi perangkat keras SCADA untuk prototipe pengendali lampu, pengendali pintu pagar rumah, dan pengendali gorden.
(b). Hasil implementasi tampilan HMI

Gambar 2.(b) menunjukkan kondisi awal sistem yang belum aktif, ditandai dengan lampu indikator yang masih berwarna merah. Sistem dapat diaktifkan oleh pengguna dengan cara menekan tombol Start di HMI – lampu indikator akan berubah menjadi hijau - dan mematikan sistem dengan cara menekan tombol Stop.

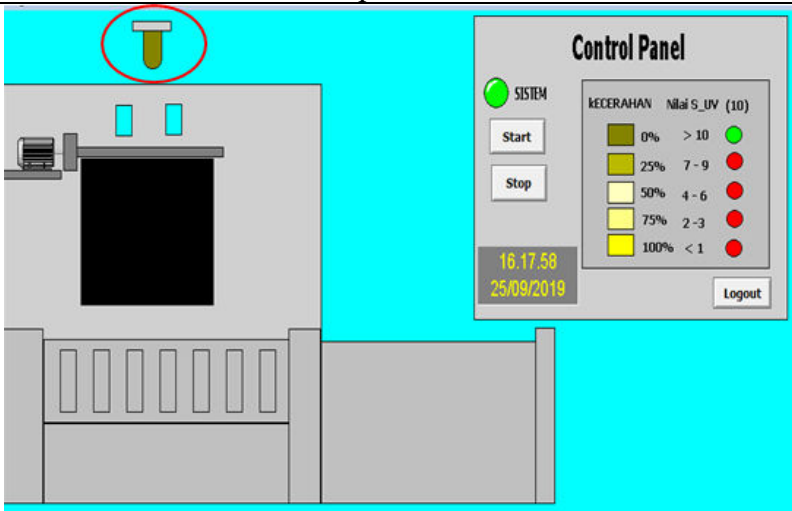
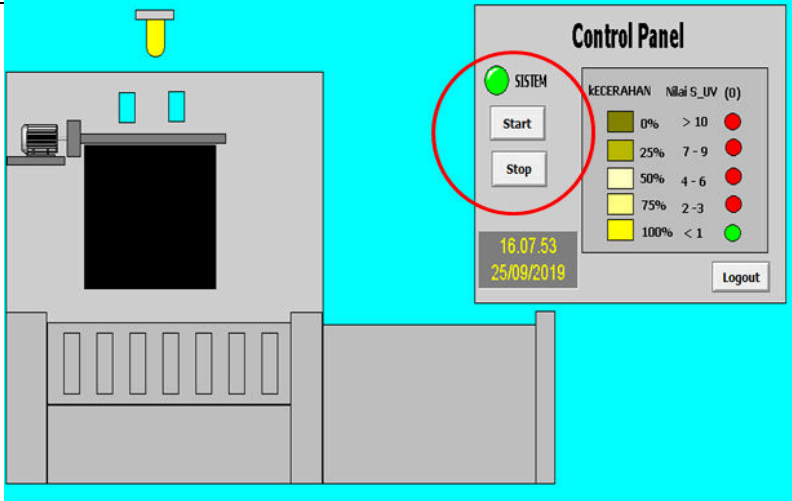
a. Data Proses Pengendali Lampu

Data diambil berdasarkan dari hasil percobaan prototype yang bisa dilihat di Tabel 2, serta contoh tampilan HMI untuk 2 kondisi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 3. Percobaan ini dilakukan dengan cara memberi masukan tingkat kecerahan yang berbeda-beda. Bila mana sensor mengeluarkan tegangan keluaran dibawah 10mV maka kecerahan lampu menyala pada kondisi 100%. Apabila keluaran sensor dari 20mV sampai 30mV maka kecerahan lampu menyala pada kondisi 75%. Apabila keluaran sensor dari 40mV sampai 60mV maka kecerahan lampu menyala pada kondisi 50%. Apabila keluaran sensor dari 70mV sampai 90mV maka kecerahan lampu menyala pada kondisi 25%. dan apabila keluaran sensor diatas 100mV maka kecerahan lampu menyala pada kondisi 0%.

Tabel 2. Data proses input pengendali lampu

No	Fluks cahaya LED UV (lux)	Tegangan keluaran sensor (mV)	Kondisi lampu	Warna Lampu di HMI
1	203	108,4	0%	
2	160	94,2	25%	
3	82	39,2	50%	
4	56	26,9	75%	
5	41	2,6	100%	

Tabel 3. Tampilan HMI proses pengendali lampu

No	Keterangan	Tampilan HMI
1	Kondisi kecerahan lampu > 10. Pada tampilan HMI ditandai dengan lampu hijau menyala dan pada Control Panel lampu indikator warna hijau tua ON (berwarna hijau) .	
2	Kondisi kecerahan lampu < 1. Pada tampilan HMI ditandai dengan lampu kuning menyala dan pada Control Panel lampu indikator warna kuning ON (berwarna hijau) .	

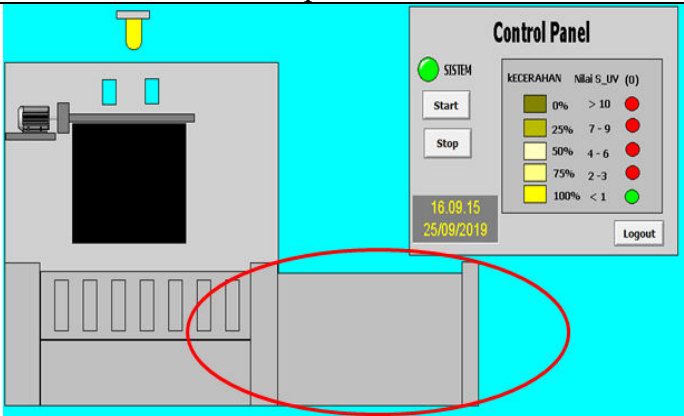
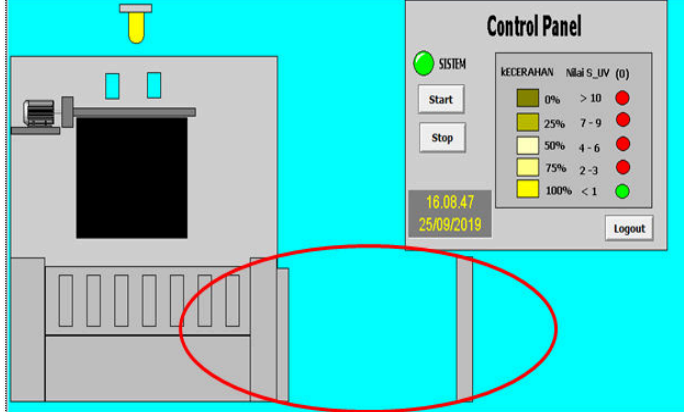
b. Data Proses Pengendali Pintu pagar

Data diambil berdasarkan dari hasil percobaan prototype yang bisa dilihat di Tabel 4, serta contoh tampilan HMI untuk 2 kondisi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 5. Percobaan ini dilakukan dengan memberi gerakan (1) pada area sensor sehingga kondisi pintu pagar membuka dan apabila pada area sensor tidak mendeteksi (0) adanya gerakan maka pintu pagar akan menutup. Waktu yang ditempuh pada saat pintu pagar membuka dan menutup sekitar 18,13 detik sampai menyentuh *limit switch* buka maupun tutup. Tampilan di HMI berupa animasi pada saat pintu pagar membuka dan menutup.

Tabel 4. Data proses input pengendali pintu pagar

No	Kondisi Sensor	Keluaran PIR (Volt)	Keluaran Switch (Volt)	Kondisi pintu pagar	KET
1	Mendeteksi (1)	3,84	4.80	Buka (CW)	Relay aktif
2	Tidak Mendeteksi (0)	0	0	Tutup (CCW)	Relay tidak aktif

Tabel 5. Tampilan HMI proses pengendali pintu pagar

No	Keterangan	Tampilan HMI
1	Kondisi Pintu pagar dalam keadaan tutup yang artinya sensor tidak mendeteksi ada gerakan.	
2	Kondisi Pintu pagar dalam keadaan buka yang artinya sensor mendeteksi ada gerakan.	

Bedasarkan dari hasil pengamatan pada saat percobaan proses pengendali pintu pagar. Proses pengendali pintu pagar dapat berjalan dengan baik dan tampilan animasi pintu pagar pada HMI bekerja sesuai dengan kondisi *realtime* pintu pagar.

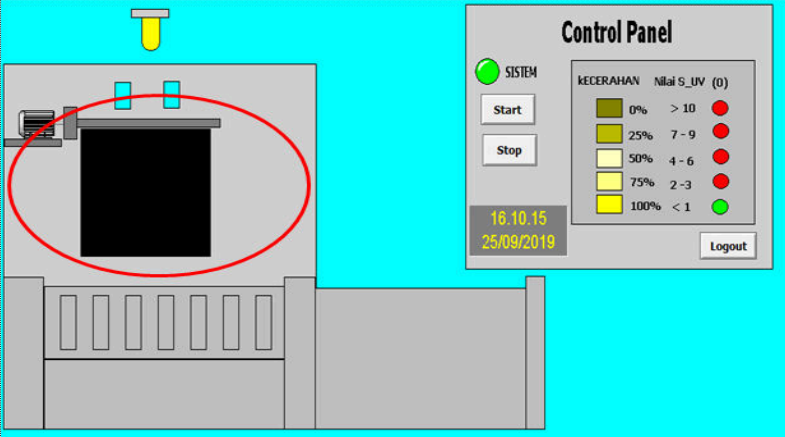
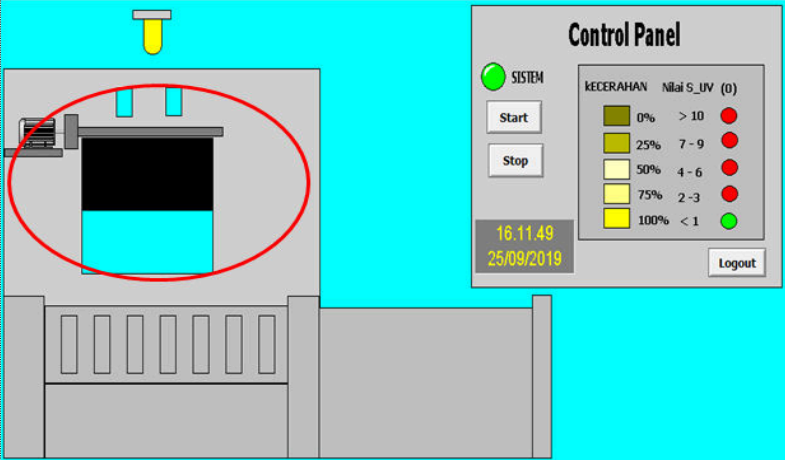
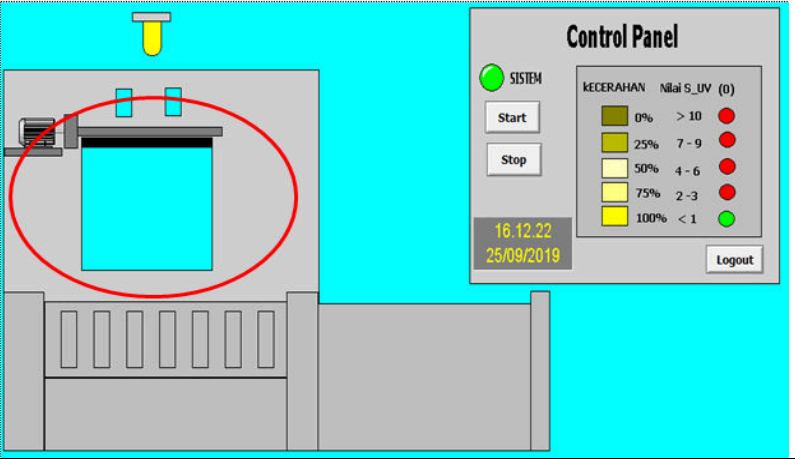
c. Data Proses Pengendali Gorden

Data diambil berdasarkan dari hasil percobaan prototype yang bisa dilihat di Tabel 6, serta contoh tampilan HMI untuk 3 kondisi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 7. Percobaan ini dilakukan dengan mencoba masing masing dari setiap kondisi, apabila range tegangan keluaran sensor dari 0V sampai 1,49V maka kondisi gorden pada kondisi tiga (tutup penuh), apabila range tegangan keluaran sensor dari 1,5V sampai 3V maka kondisi gorden pada kondisi dua (buka ½), dan apabila range tegangan keluaran sensor lebih dari 3V maka kondisi gorden pada kondisi satu (buka penuh).

Tabel 6. Data proses input pengendali gorden

NO	Kecerahan Lampu (lux)	Keluaran Sensor LDR (V)	Keterangan
1	113	0,660	K3 (Tutup Penuh)
2	189	1,659	K2 (Buka ½)
3	1,353	3,037	K1 (Buka penuh)
4	931	2,749	K2 (Buka ½)
5	89	0,499	K3 (Tutup Penuh)
6	1,992	3,317	K1 (Buka penuh)
7	94	0,518	K3 (Tutup Penuh)

Tabel 7. Tampilan HMI proses pengendali gorden

1	Kondisi gorden dalam kondisi 3 (Tutup penuh).	
2	Kondisi gorden dalam kondisi 2 (Buka 1/2).	
3	Kondisi gorden dalam kondisi 1 (Buka penuh).	

Bedasarkan dari hasil pengamatan pada saat percobaan proses pengendali gorden. Proses pengendali gorden dapat berjalan dengan baik dan tampilan animasi gorden pada HMI bekerja sesuai dengan kondisi *realtime* gorden.

4. Kesimpulan

Bedasarkan hasil penelitian yang dibuat dapat disimpulkan :

1. SCADA sebuah Smarthome untuk pengendali lampu, pengendali pintu pagar rumah, dan pengendali gorden berbasis PLC Schneider M221 bisa beroperasi dengan baik. Pengendali lampu sudah dapat bekerja dengan baik dengan presentase keberhasilan 100%, Pengendali pintu pagar sudah dapat bekerja dengan baik dengan presentase

keberhasilan 98%, dan Pengendali gorden sudah dapat bekerja dengan baik dengan presentase keberhasilan 100%.

2. Komunikasi antara PLC dengan HMI sudah berjalan dengan baik.
3. Tampilan pada HMI bekerja dengan baik, tapi terkadang tampilan HMI sedikit melenceng dari kondisi *realtime*.

Daftar Pustaka

- [1] Hakim, A. J. (2016, Agustus 10). *Prototype Smart Home Dengan Konsep Internet Of Thing (Iot) Menggunakan Arduino Berbasis Web*. Retrieved Maret 10, 2019, from IN Slideshare: https://www.slideshare.net/Uofa_Unsada/prototype-smart-home-dengan-konsep-internet-of-thing-iot-menggunakan-arduino-berbasis-web
- [2] Imanto, R. (n.d.).(Retrieved, 2019, Maret 10) *Telemetry-SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)*. from rifqi-on com: <http://www.rifqion.com/menulis/scada-dan-plc/>
- [3] Apriyanto, B. T. (2016, Juli 12). *Aplikasi Plc Modicon M221 Untuk Smarthome Dengan Hmi Berbasis Android*. Retrieved Desember 17, 2018, from Perpustakaan Universitas Sanata Dharma: https://repository.usd.ac.id/6713/2/125114028_full.pdf

SCADA FOR PROTOTYPE OF MULTI AREA PARKING SYSTEM BASED ON PLC M221

Agustinus VD Bruin Yudarmawan¹⁾, Theresia Prima Ari Setiyani²⁾

Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, Indonesia

Email : ¹agusbruin@gmail.com

Abstract

SCADA for the prototype M221 PLC-based multi-area car parking system is a system for managing several separate car parks on line via ethernet. The system is equipped with HMI as an interface to facilitate operators to monitor system conditions in real-time and the ability to display data on the number of vehicles entering and exiting, counting the number of vehicles parked for one day, and calculating revenue throughout the day. Loop sensor is used to detect vehicles that will enter or exit the parking door. Input from the sensor will be processed by the PLC to move the doorstop motor, indicator lights and update the display on the HMI. The results of a multi-area prototype test process for a car parking system for two parking areas have worked well. The system is able to control the opening and closing of the entrance and exit bars, controlling the indicator lights whether or not the parking area is full, showing the animation of the system process to the HMI in real time, calculating the number of vehicles and calculating the total cost of revenue in each parking area.

Keywords : SCADA, PLC M221, Loop Detector, HMI, Car Park

1. Pendahuluan

Sistem pengelolaan dan otomasi parkir mobil modern dengan kemampuan pengelolaan beberapa area sekaligus yang terpisah secara *on line* telah menjadi salah satu hal yang krusial dalam manajemen mall, terutama di daerah perkotaan. Sistem parkir modern mampu mendeteksi ada tidaknya mobil yang akan masuk melalui pintu masuk, atau mobil yang akan keluar melalui pintu keluar serta penuh tidaknya area parkir sehingga kontroling terhadap buka tutup gerbang pintu masuk dan lampu indikator penuh tidaknya area parkir akan sesuai dengan kondisi riil saat itu. Sistem parkir modern menuntut adanya kemampuan monitoring sehingga pihak manajemen bisa mendapatkan informasi riil terkait kondisi area parkir saat itu, jumlah mobil yang sedang parkir dan pendapatan yang diperoleh dalam sehari secara real time.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) adalah teknologi kendali otomatis berbasis komputer yang digunakan sebagai pemantauan sekaligus juga pengontrolan suatu sistem. *SCADA* digunakan untuk melakukan proses industri yang kompleks secara otomatis, menggantikan tenaga manusia (karena bisa dianggap berbahaya atau tidak praktis), dan biasanya merupakan proses-proses yang melibatkan lebih banyak faktor-faktor kontrol gerakan cepat yang lebih banyak, dan lain sebagainya, dimana pengontrolan oleh manusia menjadi tidak nyaman lagi [2].

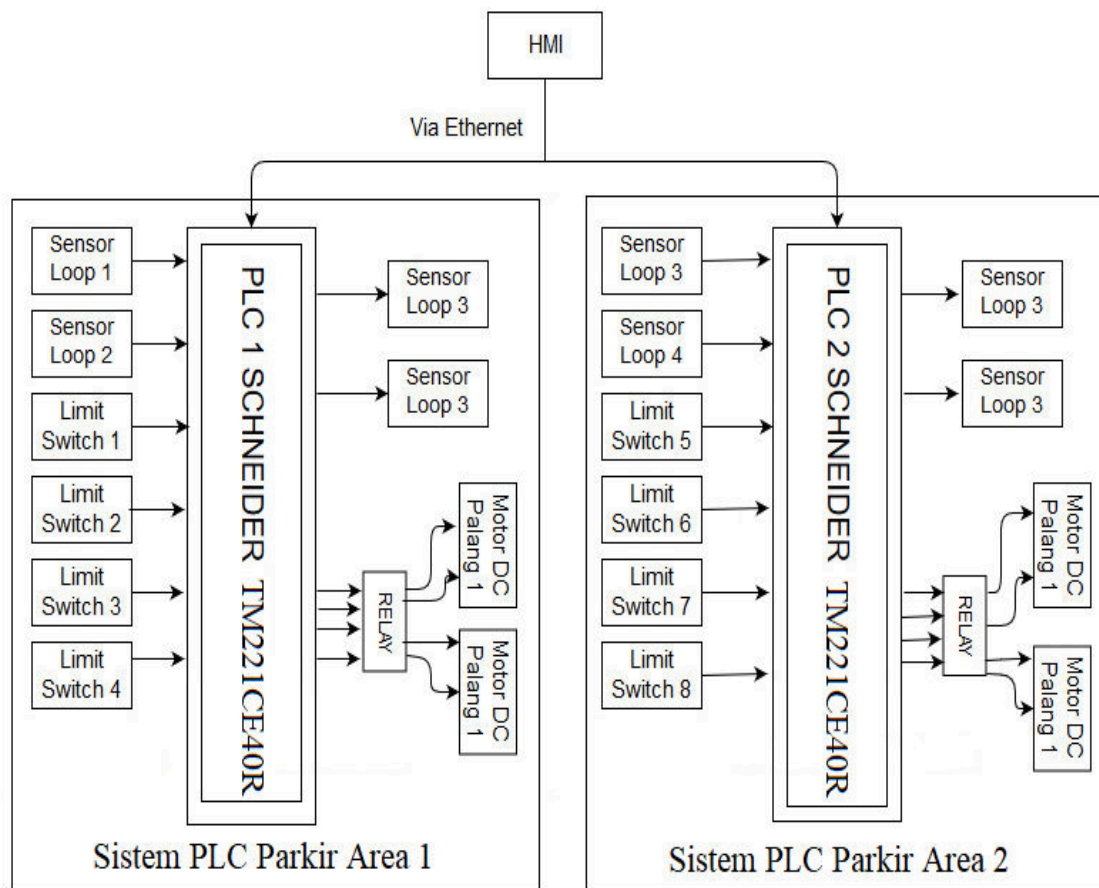
SCADA untuk sistem parkir multi area merupakan sebuah sistem untuk prototype parkir mobil 2 area menggunakan PLC Schneider M221 sebagai kontrol dan HMI sebagai *interface* antara operator dengan PLC. Adanya HMI akan mempermudah pihak manajemen untuk mengatur dan melihat kondisi sistem secara *real time*. Penggunaan PLC sebagai kontroler adalah karena PLC memiliki beberapa kelebihan dibanding sistem kontrol konvensional seperti sistem pengkabelan lebih sederhana, pemrograman ulang relatif cepat, adanya record data dan interface yang memudahkan pengguna serta kemudahan pengecekan kerusakan [3]. Penggunaan PLC Schneider seri M221 adalah karena PLC seri tersebut

memiliki port ethernet sehingga memungkinkan pemantauan dari jarak jauh melalui internet[4].

Saat mobil menuju ke dekat palang pintu masuk, mobil berhenti dan tepat di bawah mobil tersebut terdapat sebuah kumparan kawat yang terhubung ke sensor *loop*. Setelah sensor membaca bahwa ada data di atas kumparan kawat tersebut, lalu data tersebut dikirim ke PLC. Setelah PLC menerima data secara langsung dari sensor *loop*, maka PLC akan menggerakkan palang pintu dan menyalakan lampu *led*. Lampu *led* berwarna hijau akan menyala jika keadaan parkir masih belum penuh, dan palang pintu akan terbuka. Sebaliknya ketika lampu *led* berwarna merah maka keadaan parkir sudah *full*, palang pintu tidak terbuka. HMI yang menggunakan perangkat lunak *Wonderware in Touch* akan membaca data sensor yang tersimpan di memori PLC yang digunakan untuk pemantauan secara *real time*. Selain itu HMI di masing-masing area juga menampilkan jumlah mobil yang sedang parkir, jumlah mobil yang masuk selama sehari, dan perhitungan jumlah pendapatan.

2. Metodologi Penelitian

Diagram blok yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperti gambar 1 berikut : **Gambar**



1. Blok Diagram SCADA untuk sistem parkir 2 area berbasis PLC M221

Dengan demikian metode penelitian yang digunakan yaitu :

- Perancangan dan implementasi perangkat keras prototipe parkir mobil, yang meliputi sistem sensor, motor penggerak palang pintu parkir, dan lampu indikator. Komponen elektronis yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen elektronik prototipe palang pintu area parkir mobil multi area

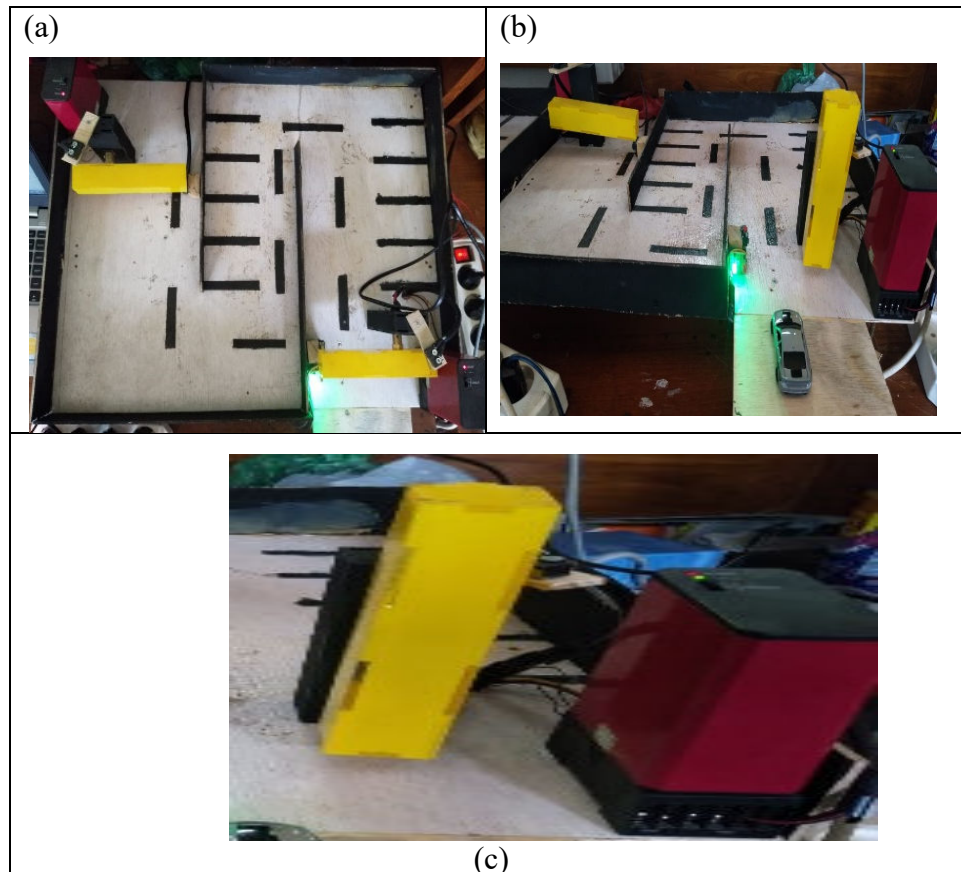
Piranti	Fungsi atau keterangan
Sensor LOOP 1	Mendeteksi mobil didepan palang pintu masuk area 1
Sensor LOOP 2	Mendeteksi mobil didepan palang pintu keluar area 1
Sensor LOOP 3	Mendeteksi mobil didepan palang pintu masuk area 2
Sensor LOOP 4	Mendeteksi mobil didepan palang pintu keluar area 2
Limit Switch Atas 1	Sebagai pembatas palang pintu 1 saat naik area 1
Limit Switch Bawah 2	Sebagai pembatas palang pintu 1 saat turun area 1
Limit Switch Atas 3	Sebagai pembatas palang pintu 2 saat naik area 1
Limit Switch Bawah 4	Sebagai pembatas palang pintu 2 saat turun area 1
Limit Switch Atas 5	Sebagai pembatas palang pintu 3 saat naik area 2
Limit Switch Bawah 6	Sebagai pembatas palang pintu 3 saat turun area 2
Limit Switch Atas 7	Sebagai pembatas palang pintu 4 saat naik area 2
Limit Switch Bawah 8	Sebagai pembatas palang pintu 4 saat turun area 2
Led Hijau dan Merah 1	Sebagai indikator keadaan parkir kosong dan penuh
Led Hijau dan Merah 2	Sebagai indikator keadaan parkir kosong dan penuh
Motor DC (Palang Pintu 1)	Sebagai Penggerak palang pintu 1
Motor DC (Palang Pintu 2)	Sebagai Penggerak palang pintu 2
Motor DC (Palang Pintu 3)	Sebagai Penggerak palang pintu 3
Motor DC (Palang Pintu 4)	Sebagai Penggerak palang pintu 4
Relay	1. Agar melindungi motor DC dari tegangan berlebih dan hubung singkat 2. Sebagai arah pembalik putaran motor

- b. Perancangan dan implementasi perangkat lunak yang meliputi pemrograman ladder PLC untuk kendali motor palang pintu area parkir mobil, dan lampu indikator, serta HMI untuk animasi palang pintu area parkir dan informasi status sensor, dan lampu indikator. Programing PLC menggunakan perangkat lunak SoMachine Basic, sedangkan Programing HMI menggunakan perangkat lunak Wonderware InTouch.
- c. Perancangan dan implementasi konfigurasi jaringan Ethernet menggunakan *Wonderware MODBUS Ethernet I/O Server* (MBENET). MBENET adalah program aplikasi Microsoft Windows yang memungkinkan akses data di PLC Modicon melalui jaringan Ethernet ke PC sehingga laya monitor – sebagai HMI – dapat menampilkan informasi sistem secara *real time*. Protokol komunikasi melalui Ethernet digunakan untuk menangani elemen data dalam percakapan yang menggunakan konvensi penamaan tiga bagian yang mencakup *Application Name*, *Topic Name*, dan *Item Name*.
Akan diatur juga komunikasi untuk 2 PLC dengan alamat IP yang berbeda. Pengaturan ini dilakukan untuk mengkomunikasikan antara PC dengan PLC. Pengaturan alamat IP dilakukan di masing- masing PC dan didalam jendela Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4) Propertise. PLC 1 memiliki alamat IP yaitu 192.168.1.11 dan PLC 2 memiliki alamat IP yaitu 192.168.1.13.
- d. Uji coba dan pengambilan data untuk menguji prototipe yang sudah dibuat untuk melihat hasil kerjanya. Dengan mengambil data berupa, mengambil data kesensivitasan dari suatu kumparan kawat yang tersambung oleh sensor, menghitung jumlah mobil yang masuk maupun mengurangi mobil yang keluar dari parkir, menghitung jumlah mobil yang masuk sehari, menghitung jumlah pendapatan

seharian. Kemudian membandingkan antara proses pada prototipe dengan animasi pada HMI.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil implementasi perangkat keras prototipe area parkir mobil, yang meliputi sistem sensor, motor penggerak palang pintu area parkir, dan lampu indikator, dapat dilihat pada gambar 2 berikut.

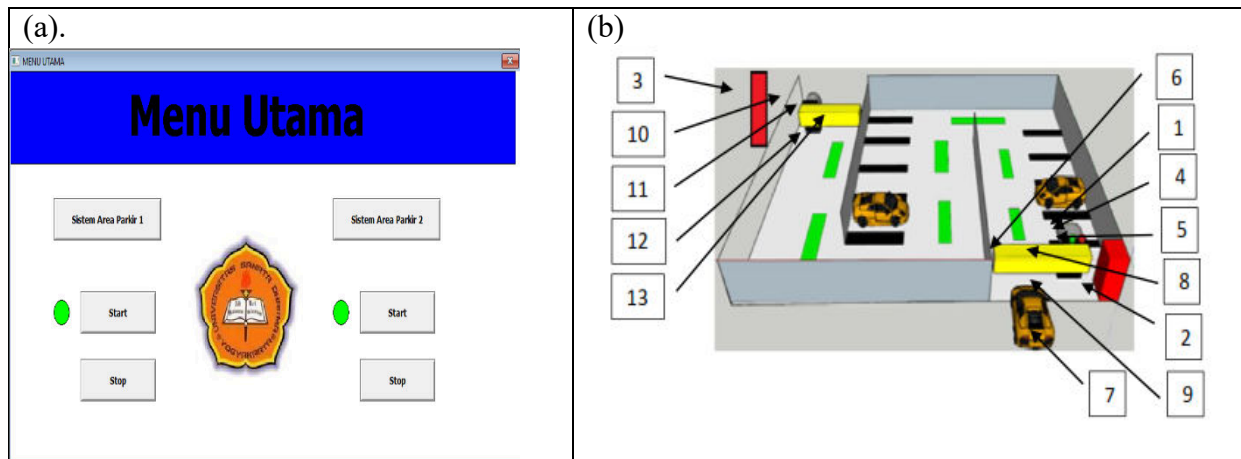


Gambar 2. (a). Hasil implementasi prototype sistem. (b). Kondisi saat sensor mendeteksi kendaraan. (c). Posisi pemasangan Sensor *loop*

Gambar 2.a. merupakan hasil implementasi prototype area parkir 1 yang didesain untuk menampung 10 buah mobil. Gambar menunjukkan kondisi saat area parkir masih kosong dan tidak ada mobil yang akan parkir maupun keluar sehingga palang pintu masuk dan keluar dalam kondisi tertutup dan lampu indikator hijau menyala yang mengindikasikan area parkir belum penuh. Selanjutnya pada Gambar 2.b tampak bahwa ada sebuah mobil di depan pintu masuk, sehingga palang pintu masuk membuka.

Area parkir yang kedua juga didesain untuk menampung 10 buah mobil, namun area parkir 2 mempunyai bentuk dan ukuran dan letak parkir yang sedikit berbeda dengan area parkir 1.

HMI ditampilkan melalui layar monitor. Melalui HMI dapat dimonitor kondisi sensor, lampu indikator, pergerakan palang pintu dan informasi lainnya. User dapat memilih menu untuk melihat tampilan area parkir 1 atau area parkir 2. Hasil tampilan HMI menu utama saat sudah diaktifkan (a) dan area parkir 1 (b) beserta keterangannya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan HMI (a) Menu Utama, (b) Area Parkir 1

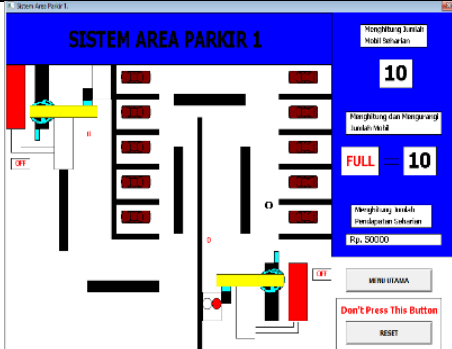
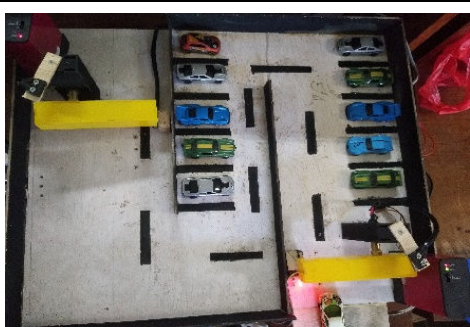
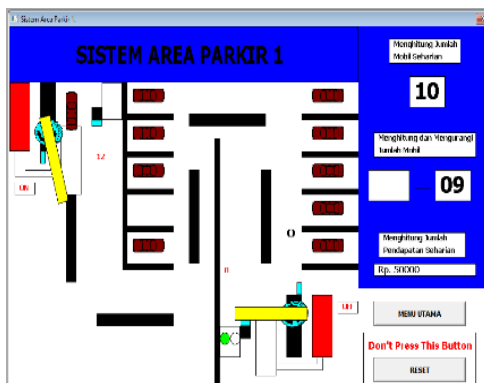

1. Motor DC Palang 1 (Palang Pintu Masuk Area 1)
2. Sensor *Loop* 1 (Palang Pintu Masuk Area 1)
3. Sensor *Loop* 2 (Palang Pintu Keluar Area 1)
4. Led Hijau (Palang Pintu Masuk Area 1)
5. Led Merah (Palang Pintu Masuk Area 1)
6. Palang Pintu 1 (Palang Pintu Masuk Area 1)
7. Car
8. *Limit Switch* 1 (Palang Pintu Masuk Area 1)
9. *Limit Switch* 2 (Palang Pintu Masuk Area 1)
10. Motor DC palang 2 (Palang Pintu Keluar Area 1)
11. *Limit Switch* 3 (Palang Pintu Keluar Area 1)
12. *Limit Switch* 4 (Palang Pintu Keluar Area 1)
13. Palang Pintu 2 (Palang Pintu Keluar Area 1)

Dari pengamatan saat uji coba dapat diamati bahwa pada saat pengelola telah menekan tombol Start maka sistem menjadi aktif. Kondisi awal diasumsikan tidak ada kendaraan yang berada di depan palang pintu masuk maupun keluar, sehingga palang pintu dalam kondisi tertutup, lampu indikator hijau menyala, dan lampu indikator merah mati. Pada saat sensor *loop* mendeteksi adanya kendaraan yang akan masuk ke area parkir, maka palang pintu akan membuka, lampu indikator hijau menyala, dan lampu indikator merah masih mati. Saat mobil telah masuk area parkir sensor *loop* menjadi tidak mendeteksi kendaraan sehingga palang pintu menutup, lampu indikator hijau masih menyala, dan lampu indikator merah mati. HMI akan menampilkan jumlah mobil yang sudah masuk beserta uang parkir yang akan diperoleh. Kondisi ini akan berulang tiap kali ada mobil terdeteksi ada di depan pintu masuk dan jumlah mobil yang berada di area parkir belum mencapai 10. Hal yang sama akan terjadi pada palang pintu keluar. Bedanya saat mobil sudah keluar informasi jumlah mobil yang ada dalam area parkir akan berkurang 1.

Lampu indikator merah akan menyala saat kondisi parkir *full* (berjumlah 10) dan palang pintu masuk tidak akan membuka meskipun sensor mendeteksi ada mobil di depan pintu masuk. Saat ada mobil mau keluar dari pintu keluar dan jumlah didalam area parkir memiliki 10 kendaraan, palang pintu keluar membuka, lampu indikator hijau kembali menyala, dan lampu indikator merah kembali mati. Demikian akan berlangsung secara terus menerus sampai pengelola menekan tombol Stop. Proses yang sama juga terjadi pada area parkir kedua.

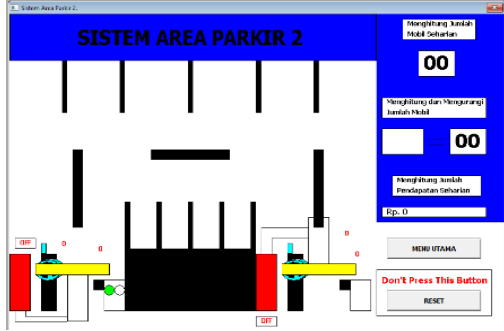
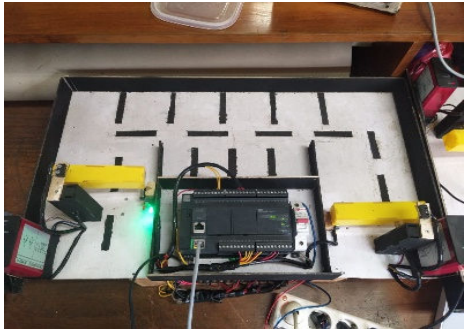
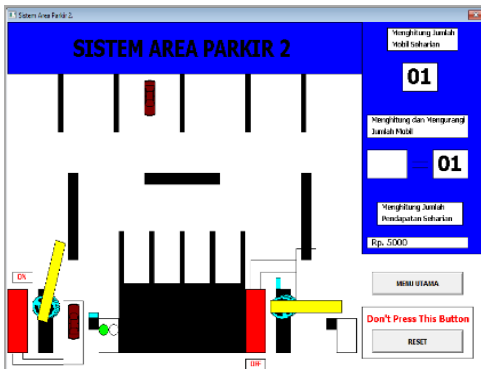
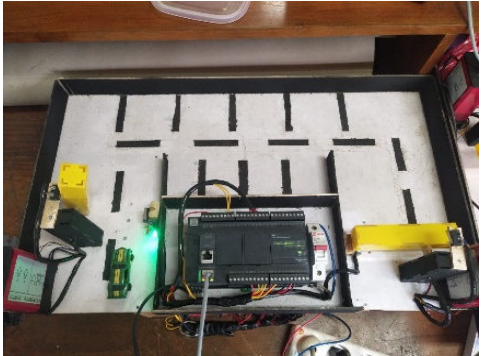
Beberapa hasil tampilan di area parkir dan HMI dapat dilihat pada pada Tabel 2 untuk area parkir 1 dan Tabel 3 untuk area parkir 2.

Tabel 2. Data Tampilan HMI dan Area Parkir 1

Kondisi	Tampilan HMI	Tampilan Area Parkir
Kondisi tidak adanya kendaraan didepan palang pintu masuk dan keadaan sudah <i>full</i> sehingga palang pintu tidak bisa terbuka	 <p>Tampilan palang menutup, baik di pintu masuk maupun keluar. Gambar mobil tertampil 10. Lampu indikator merah menyala. Jumlah mobil = 10, jumlah mobil yang telah parkir dalam sehari = 10 sehingga uang parkir = Rp 50.000 .</p>	 <p>Palang pintu dalam keadaan tertutup. Lampu merah menyala menandakan bahwa area parkir sudah penuh.</p>
Kondisi adanya kendaraan didepan palang pintu keluar.	 <p>Sensor <i>on</i> karena mendeteksi adanya kendaraan. Ada animasi pergerakan Palang Pintu membuka. Tampilan jumlah mobil yang masuk sehari tetap = 10, namun tampilan jumlah mobil yang sedang parkir berubah menjadi 9</p>	 <p>Palang Pintu keluar membuka. Lampu hijau kembali <i>on</i> menandakan area parkir belum penuh.</p>

Dari Tabel 2 dapat diamati bahwa jika kondisi area parkir 1 sudah penuh, maka Palang pintu masuk dalam keadaan tertutup dan tetap tertutup meskipun sensor loop mendeteksi ada mobil. Lampu merah menyala menandakan bahwa area parkir sudah penuh. Lampu hijau akan menyala saat telah ada mobil yang keluar.

Tabel 3. Data Tampilan HMI dan Area Parkir 2

Kondisi	Tampilan HMI	Tampilan Area Parkir
Kondisi awal, tidak ada mobil di palang pintu masuk	 <p>Tampilan palang menutup, baik di pintu masuk maupun keluar. Kondisi Sensor masih <i>off</i>. <i>Limitswitch</i> bawah <i>on</i> berkedip. Lampu indikator hijau menyala. Jumlah mobil = 00 dan biaya = 00 rupiah.</p>	 <p>Palang pintu dalam keadaan tertutup. Lampu hijau menyala menandakan bahwa area parkir belum penuh.</p>
Kondisi ada mobil didepan palang pintu masuk	 <p>Sensor <i>on</i> karena mendeteksi adanya kendaraan. Ada animasi pergerakan Palang Pintu membuka. Ditampilkan jumlah mobil yang masuk sehari-hari maupun yang sedang parkir serta uang parkir, misalnya sekali parkir sebesar Rp.5.000.</p>	 <p>Palang Pintu membuka. Lampu hijau masih keadaan <i>on</i> menandakan area parkir belum <i>full</i>.</p>

Tabel 3 menampilkan kondisi awal. Sensor dipalang pintu masuk tidak mendeteksi kendaraan sehingga sensor dan motor Dc masih *off*, kondisi led merah masih *off*, led hijau *on*, untuk menghitung jumlah sehari-hari, jumlah mobil di area parkir dan biaya pendapatan masih bernilai 0. Ketika sensor mendeteksi kendaraan, maka sensor berkeadain *on* kemudian menggerakkan motor Dc untuk membuka palang pintu, led merah masih kondisi *off*, led hijau kondisi *on*, kemudian untuk menghitung jumlah sehari-hari, jumlah mobil di area parkir bernilai 1, dan biaya pendapatan sekarang menjadi Rp 5.000. Ketika didalam parkir terdapat 10 kendaraan maka dinyatakan keadaan sudah *full* yang dimana terjadi perubahan terhadap led merah kondisi *on* dan led hijau kondisi *off*. Berdasarkan hasil pengamatan yang sudah dilakukan saat percobaan, hubungan antara tampilan HMI dengan *plant* di sistem area parkir

sudah berjalan dengan baik karena kondisi komponen I/O keduanya sama dengan tingkat keberhasilan 100%.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian alat prototipe sistem parkir mobil multi area berbasis PLC yang dapat di monitor melalui HMI dapat diambil kesimpulan :

1. Komunikasi yang terjadi antara PLC 1 dan PLC 2 dengan HMI sudah berjalan dengan baik, dan komunikasi antara PLC 1 dengan PLC 2 menggunakan kabel LAN melalui *switch* hub yang seterusnya diatur dengan MBENET sudah berjalan dengan baik.
2. Tampilan HMI berjalan dengan baik karena sesuai dengan prototipe yang sudah dirancang.
3. Sensor *loop* bekerja dengan baik dalam mendeteksi mobil yang akan masuk maupun keluar dari area parkir.
4. SCADA untuk prototipe sistem parkir mobil multi area berbasis PLC M221 dapat dipantau secara *real time* dan ada *record* data di dalam SCADA berupa perhitungan jumlah kendaraan yang masuk maupun keluar, menghitung jumlah mobil yang masuk sehari-hari dan menghitung jumlah pendapatan sudah berjalan dengan baik.

Ucapan Terima Kasih

“Penulis Th. Prima Ari dan Agustinus VD Bruin Yudarmawan. Mengucapkan terima kasih kepada LPPM USD yang telah memberikan dukungan finansial melalui Hibah Penelitian Internal tahun 2019”.

Daftar Pustaka

- [1] Electric, S. (n.d.). Schneider Electric. Retrieved Oktober 25, 2018, from <https://www.se.com/ww/en/product/TM221CE24R/controller-m221-24-io-relay-ethernet/>
- [2] IEBHE. (2017). *Ndoware*. Retrieved September 14, 2009, from <https://ndoware.com/kelebihan-plc.html>
- [3] Ulin, C. (2017, Oktober 29). *SCRIBD*. Retrieved from <https://www.scribd.com/document/362935493/Apa-Manfaat-SCADA-Bagi-Anda>
- [4] Utama, A. D. (2010). *Perancangan Sistem Perparkiran Kendaraan Roda Empat Menggunakan Teknologi RFID*. Surakarta. Retrieved Januari 5, 2010, from <https://core.ac.uk/download/pdf/12351861.pdf>

THESIS COMPLETION ANALYSIS USING OPTIMISTIC BIAS POSSIBILITY

Bagus Wahyu Utomo

Departemen Teknik Industri

Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto

Jalan Janti Komplek Lanud Adisutjipto, Blok R, Yogyakarta

Email : baguswahyu@stta.ac.id

Abstract

Thesis is a condition that must be fulfilled by prospective graduates to be able to get a bachelor's degree. This study uses optimistic bias because in general humans experience overestimation (optimistic bias) on things that are considered as positive events, but underestimate (pessimistic biases) on negative events. This study uses the completion time of the Final Project Report as a case study. The results of this study are that there are systematic errors / biases in the accuracy data at the estimated time of completion of the final project. Accuracy time occurs Optimistic bias because the estimated value tends to be smaller when compared with the actual time value. Statistically it can be concluded that there is no difference in the accuracy of the estimated data completion of final assignments between male and female students.

Keyword: Project Time Estimation, Optimistic bias, Thesis

1. Pendahuluan

Secara umum, seorang mahasiswa/i yang berada pada tingkat akhir diharuskan untuk mengaplikasikan seluruh ilmu yang telah dipelajarinya, sebagai bahan uji kemampuan apakah dia kelak sanggup untuk menghadapi dunia kerja yang berat [1].

Skripsi menjadi satu syarat yang harus dipenuhi oleh calon sarjana untuk bisa mendapatkan gelar sarjana. Oleh karena itu, mahasiswa harus menyusun target-target tertentu untuk bisa mempertanggungjawabkan tugas akhirnya tersebut di hadapan dosen pembimbing dan dosen penguji [2].

Skripsi memiliki waktu mulai dan akhir, maka skripsi dapat dikategorikan sebagai proyek berskala kecil. Proyek memiliki risiko yang dapat membuat realisasi proyek tidak sesuai dengan waktu, kualitas, dan biaya yang telah di tentukan dalam perencanaan sebelumnya. Salah satu pemicu munculnya risiko adalah minimnya data historis proyek. Karenanya, untuk mengestimasi waktu proyek digunakan pendekatan *subjective expert judgment / expert opinion* yang merupakan salah satu aspek kognitif dalam pengambilan keputusan / estimasi. Estimator berpengalaman pada proyek cenderung untuk *underestimate* atau mengalami *pesimistic bias* ketika menilai kapan proyek akan selesai atau berapa banyak biaya yang dikeluarkan untuk proyek tersebut. Jika estimasi lebih baik dari aktual dinamakan *optimistic bias*, jika aktual lebih baik dari estimasi maka dinamakan *pesimistic bias* [3].

Penelitian ini menggunakan *optimistic bias* karena secara umum manusia mengalami *overestimate (optimistic bias)* pada hal-hal yang dianggap sebagai *positive event*, namun mengalami *underestimate (pesimistic bias)* pada *negative event*.

Penelitian ini menggunakan waktu penyelesaian Laporan Tugas Akhir sebagai studi kasus. Pembuatan Tugas Akhir merupakan salah satu kegiatan yang masuk kategori proyek karena memiliki durasi tertentu, bersifat unik, dan dikerjakan oleh lebih dari satu disiplin

ilmu. Salah satu pemicu munculnya risiko kesalahan estimasi waktu penyelesaian skripsi adalah karena mahasiswa kewalahan saat membuat skripsi. Kewalahan tersebut bisa muncul karena berbagai alasan. Bisa karena mahasiswa tidak memahami apa yang ditulis dan dibahasnya dalam skripsi tersebut, bisa juga mahasiswa tersebut kewalahan karena sulit membahasakan apa yang ada di dalam pikirannya ke dalam sebuah tulisan.

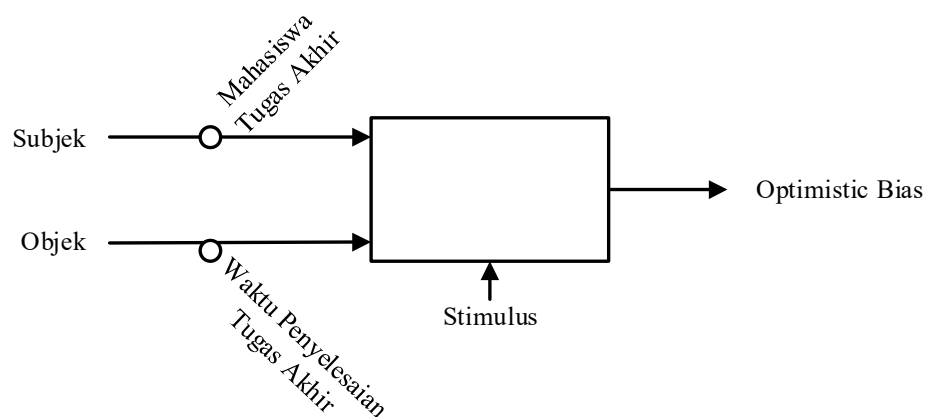
Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi ada atau tidaknya pengaruh *optimistic biases* terhadap estimasi penyelesaian Tugas Akhir.

2. Metodologi Penelitian

Sebuah proyek adalah usaha sementara untuk membuat produk, jasa, dan hasil yang unik [4]. Proyek-proyek penelitian biasanya memiliki waktu jangka panjang di mana kualitas diutamakan dari waktu ke waktu[5]. Ini adalah proses intelektual dimana scope mungkin tidak didefinisikan sama sekali diawal. *Judgment* adalah kemampuan manusia untuk mengambil kesimpulan, mengestimasi, dan memprediksi karakter dari kejadian yang tidak diketahui [6]. Semua judgment dibuat dengan pengetahuan yang tidak sempurna, dengan demikian tidak ada estimasi yang benar-benar akurat dan prediksi yang sempurna. Hal ini disebabkan karena ketidakpastian akan kejadian dimasa yang akan datang dan juga adanya pengaruh dari internal dan eksternal yang dialami oleh seorang expert ketika akan memberikan judgment pada sebuah prediksi. Kesalahan pada keputusan oleh expert saat memberikan judgment dan dibandingkan dengan hasil yang diperoleh adalah judgmental biases [7].

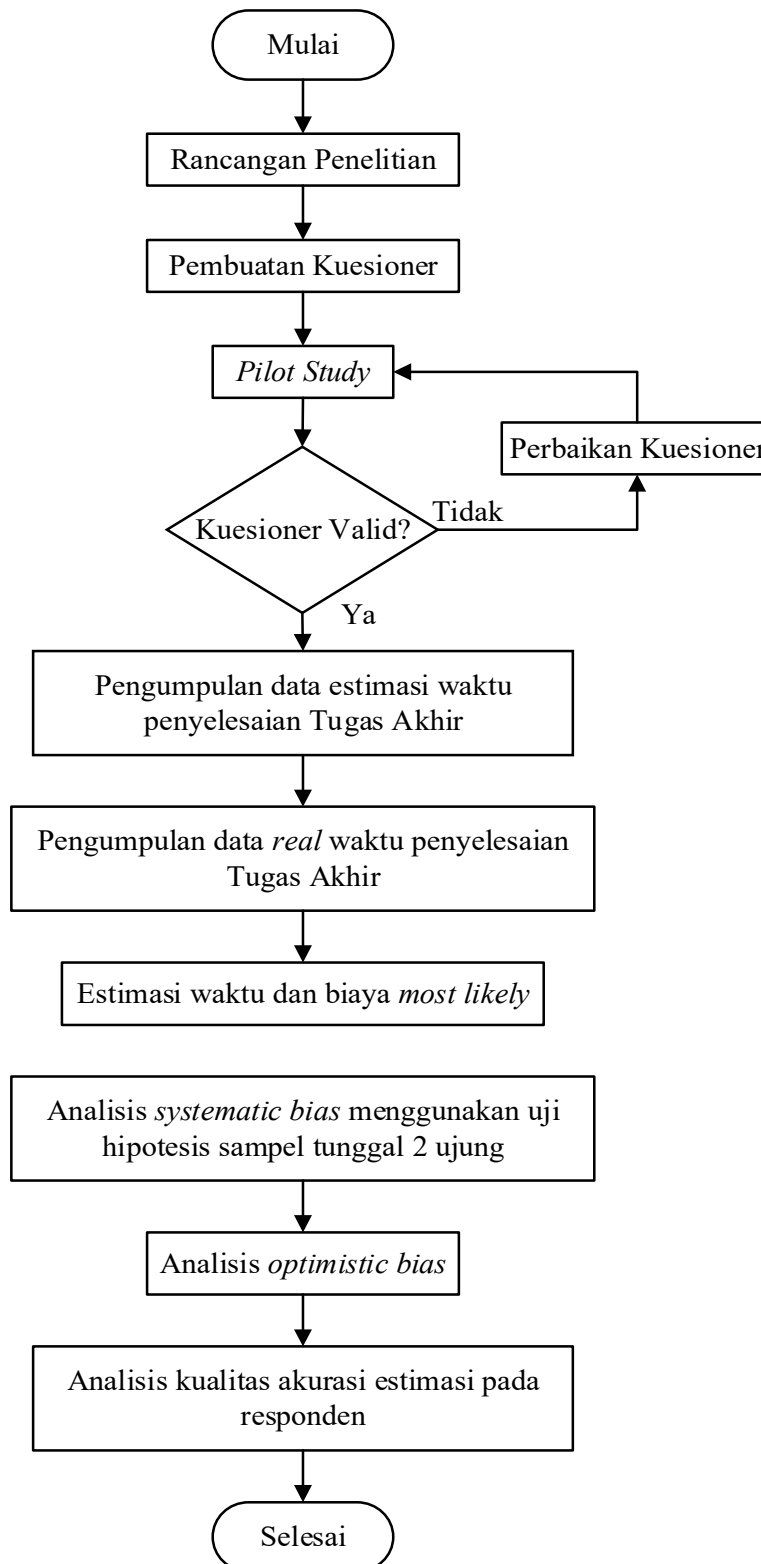
Penelitian ini melibatkan responden yang berasal dari mahasiswa salah satu perguruan tinggi di Yogyakarta. Responden yang dipilih adalah mahasiswa yang akan membuat dan menyelesaikan Tugas Akhir dengan target responden sekitar 30 orang. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Software Microsoft Excel, Laptop/ computer, Worksheet dan alat tulis, dan Software SPSS. Penelitian ini dilakukan di salah satu perguruan tinggi di Yogyakarta.

Variabel bebas (*independent variable*) pada penelitian ini adalah responden mahasiswa dan estimasi waktu penyelesaian Tugas Akhir, variabel terikat (*dependent variable*) adalah Optimistic bias. Pola hubungan variabel bebas dengan variabel terikat di tunjukan pada Gambar 1



Gambar 1. Pola Hubungan Variabel Bebas dan Variabel Terikat

Urutan pengerjaan penelitian ini ditunjukan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan untuk mendapatkan estimasi responden dalam menentukan estimasi waktu penyelesaian tugas akhir mahasiswa. Objek penelitian yang menjadi kasus adalah Tugas Akhir yang di kerjakan oleh mahasiswa salah satu perguruan tinggi di Yogyakarta. Responden penelitian adalah mahasiswa tingkat akhir yang akan dan sedang melaksanakan Tugas Akhir.

Kuesioner digunakan sebagai *task* kepada responden dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan (*item*) yang terkait dengan estimasi waktu pengerjaan Tugas Akhir. *Pilot study* dilakukan untuk mengevaluasi apakah kuesioner sebagai instrumen penelitian sudah sesuai dengan tujuan penelitian. *Pilot study* dilakukan kepada lima orang *expert* proyek Tugas Akhir yang tidak termasuk dalam responden penelitian. Evaluasi kuesioner menggunakan *content validity* dan *face validity*. *Content validity* digunakan untuk mengevaluasi apakah *item-item* pertanyaan pada kuesioner sudah dapat mengukur semua aspek yang dibutuhkan dalam penelitian ini. *Face validity* digunakan untuk mengevaluasi apakah instruksi dan *item-item* pertanyaan sudah jelas, tidak ambigu, dan benar secara logika.

Pengumpulan data realisasi proyek diambil dari perguruan tinggi yang terdiri dari Data waktu riil penyelesaian tugas akhir pada tahun ajaran 2018/2019, data mahasiswa yang akan dan sedang menyelesaikan tugas akhir, data bidang minat yang dipilih untuk tema tugas akhir.

Pengumpulan data kuesioner untuk faktor *Optimistic Bias* adalah sebagai berikut data riil aktual durasi pengerjaan tugas akhir disimpan oleh peneliti, data estimasi waktu *most likely* setiap responden diambil dari nilai tengah antara durasi waktu *optimistic* dan durasi waktu *pessimistic*. Data estimasi biaya *most likely* setiap responden diambil dari nilai tengah antara biaya *optimistic* dan biaya *pessimistic*, hasil estimasi waktu *most likely* dan biaya *most likely* tugas akhir oleh responden dibandingkan dengan waktu dan biaya realisasi aktual penyelesaian tugas akhir.

Untuk menganalisis kemungkinan *optimistic bias* yang terjadi, masing-masing set data estimasi waktu dan biaya *most likely* tersebut dikurangi dengan data waktu dan biaya aktual pengerjaan Tugas Akhir, sehingga menghasilkan akurasi dari Tugas Akhir. Rata-rata akurasi bernilai positif atau negatif merupakan petunjuk apakah estimasi yang dihasilkan mengalami *optimistic bias* atau tidak.

3. Hasil dan Pembahasan

Responden pada penelitian ini adalah mahasiswa di beberapa perguruan tinggi di provinsi D.I. Yogyakarta yang sedang menyelesaikan tugas akhir nya. Responden terdiri atas 17 orang mahasiswa putra dan 13 orang mahasiswa putri. Mahasiswa tersebut berasal dari berbagai jurusan atau program studi.



Gambar 3. Perbandingan Responden

Berdasarkan gambar 3 ditunjukkan perbandingan responden pada penelitian ini yaitu 43% untuk mahasiswa putri dan 57% untuk mahasiswa putra.

3.1 Analisis Optimistic Bias

Analisis *optimistic bias* dilakukan untuk melihat apakah terjadi kesalahan yang sistematis (*bias*) pada pengambilan keputusan pada estimasi waktu pengerjaan tugas akhir.

Untuk menganalisis kemungkinan *optimistic bias* yang terjadi, data estimasi waktu tersebut dikurangi dengan data waktu aktual pengerjaan tugas akhir, sehingga menghasilkan tingkat akurasi dari estimasi penyelesaian tugas akhir. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Akurasi } (\Delta) \text{ estimasi waktu} = \text{waktu estimasi} - \text{waktu aktual}$$

Analisis dilakukan dengan menguji secara statistik data tersebut dengan uji hipotesis *mean* sampel tunggal kemudian dilanjutkan dengan uji *z* saling bebas untuk mengetahui kemungkinan adanya *systematic bias* dalam melakukan estimasi penyelesaian tugas akhir. Banyak jenis pengambilan keputusan dari masalah, tes, atau eksperimen dalam dunia engineering yang dapat dirumuskan sebagai masalah pada uji hipotesis [8].

Akan dilakukan uji normalitas terhadap data akurasi estimasi waktu yang diperoleh menggunakan metode Shapiro Wilk.

Tabel 1. Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Hasil	0.161	30	0.047	0.931	030	0.053

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh nilai shapiro-wilk sig sebesar $0,053 > 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa data akurasi waktu estimasi penyelesaian tugas akhir berdistribusi normal. Dengan demikian asumsi normalitas dalam uji hipotesis mean sample tunggal sudah terpenuhi.

Uji hipotesis *mean* sampel tunggal untuk analisis *optimistic bias* pada estimasi penyelesaian tugas akhir yaitu:

$H_0: \mu = 0$, menunjukkan tidak terdapat bias/kesalahan yang sistematis

$H_1: \mu \neq 0$, menunjukkan terdapat bias/kesalahan yang sistematis

$$\alpha = 0,05_{\text{two tailed}}$$

Tabel 2. Uji Hipotesis Mean Sampel Tunggal Akurasi Estimasi Waktu

n	t-hitung	t-tabel	p-value	Kesimpulan	Interpretasi
30	-3,38	2.0452	0,002	$H_1: \mu \neq 0 \rightarrow$ Terdapat bias	$t\text{-hitung} < t\text{-tabel} \rightarrow \text{Optimistic Bias}$

Berdasarkan Tabel 2 data akurasi waktu memberikan nilai t-hitung estimasi waktu berada pada *rejection area* dari t-tabel dan nilai *p-value* $< \alpha(0,05_{\text{two tailed}})$, sehingga dapat menolak H_0 . Secara statistik dapat disimpulkan bahwa terdapat kesalahan sistematis / bias pada data akurasi pada estimasi waktu penyelesaian tugas akhir.

Seorang estimator berpengalaman kemungkinan memiliki pemahaman terhadap setiap proses dan hubungannya, namun hal tersebut tidak menjamin bahwa proses nya dilakukan secara rasional, menggunakan tinjauan ilmiah, dan menggunakan informasi yang valid [9]

Akurasi waktu terjadi *Optimistic bias* karena nilai estimasi tersebut cenderung lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai waktu aktualnya.

3.2 Uji Beda Akurasi Estimasi Responden

Analisis selanjutnya adalah analisis uji hipotesis sampel ganda menggunakan uji t saling bebas karena data sampel berukuran kecil. Uji t dilakukan untuk melihat ada atau tidaknya perbedaan akurasi mahasiswa putra maupun mahasiswa putri saat melakukan estimasi waktu penyelesaian tugas akhir. Uji hipotesis mean sampel ganda adalah pengujian hipotesis dengan menggunakan mean sebagai acuan dan menggunakan dua set data. Salah satu metode uji hipotesis mean sampel ganda adalah uji t-berpasangan untuk dua set data populasi atau sampel yang saling tergantung / dependent [10]. Hipotesis yang digunakan dalam uji t independen yaitu:

$H_0: \mu_{expert} = \mu_{novice} \rightarrow$ tidak terdapat perbedaan akurasi antara kedua kelompok data

$H_1: \mu_{expert} \neq \mu_{novice} \rightarrow$ ada perbedaan akurasi antara kedua kelompok data

$\alpha = 0,05_{two\ tailed}$

Tabel 3. Rangkuman Hasil Perhitungan Uji Hipotesis Sampel Ganda Pada Akurasi Estimasi Waktu Penyelesaian Tugas Akhir

Variabel	t-hitung	t-tabel	Sig. (p-value)	Kesimpulan
Putra vs Putri	0,67	± 2.09	$0,5 > \alpha$	$H_1: \mu_{expert} \neq \mu_{novice} \rightarrow$ tidak ada perbedaan antara kedua kelompok data

Tabel 4. Rangkuman Hasil Perhitungan Akurasi Estimasi Waktu Penyelesaian Tugas Akhir

Variabel	Responden	N	Selisih Rata-rata	Kesimpulan	Interpretasi
Waktu	Mhs. Putra	17	-2,11	$ \mu_{waktu\ putra} > \mu_{waktu\ putri} $	Estimasi waktu putri lebih akurat dari putra
	Mhs. Putri	13	-1,38		

Berdasarkan Hasil perhitungan Tabel 3, nilai t-hitung pada variabel akurasi waktu dan akurasi biaya berada pada *rejection area* dan nilai sig. (p-value) $> \alpha$, sehingga menerima H_0 . Secara statistik dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan data akurasi estimasi penyelesaian tugas akhir antara mahasiswa putra dan putri.

Berdasarkan Tabel 4, pada kolom kesimpulan tanda mutlak menunjukkan jarak *mean* selisih terhadap nilai 0. Nilai *mean* selisih waktu dari kelompok mahasiswa putri lebih rendah dari kelompok mahasiswa putra. Sehingga dapat dinyatakan estimasi waktu proyek kelompok mahasiswa putri lebih akurat dari kelompok mahasiswa putra.

4. Kesimpulan

Berdasarkan Analisa dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan terdapat kesalahan sistematis / bias pada data akurasi pada estimasi waktu penyelesaian tugas akhir. Akurasi waktu terjadi Optimistic bias karena nilai estimasi tersebut cenderung lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai waktu aktualnya. Secara statistik dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan data akurasi estimasi penyelesaian tugas akhir antara mahasiswa putra dan putri. Estimasi waktu proyek kelompok mahasiswa putri lebih akurat dari kelompok mahasiswa putra.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu kelancaran dan keberhasilan untuk penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Constantianus, F., & Suteja, B. R. (2005). Analisa dan Desain Sistem Bimbingan Tugas Akhir Berbasis Web dengan Studi Kasus Fakultas Teknologi Informasi. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 1(2).
- [2] Machmud, M. (2016). Tuntunan Penulisan Tugas Akhir Berdasarkan Prinsip Dasar Penelitian Ilmiah. *Research Report*.
- [3] Sharot, T. (2011). The optimism bias. *Current biology*, 21(23), R941-R945.
- [4] PMI, A. (2013). guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide). In *Project Management Institute* (Vol. 5).
- [5] Youker, R. (2013). The Difference Between Different Types of Projects, *Project Perspective*, Vol. 35, 12-15.
- [6] Hastie, R., & Dawes, R. M. (2010). *Rational choice in an uncertain world: The psychology of judgment and decision making*. Sage.
- [7] Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *science*, 185(4157), 1124-1131.
- [8] Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2007). *Applied statistics and probability for engineers, (With CD)*. John Wiley & Sons.
- [9] Cleaves, D. A. (1994). Assessing uncertainty in expert judgments about natural resources. *Gen. Tech. Rep. SO-110*. New Orleans, LA: US Dept of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 17 p., 110.
- [10] Blank, L. (1980). *Statistical procedures for engineering, management, and science*. McGraw-Hill, Inc.

ANALYSIS OF WORK POSTURE BASED ON QUICK EXPOSURE CHECK & MANUAL TASK RISK ASSESSMENT METHOD

Stefani Prima Dias K¹⁾, Fransisca Tania²⁾

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya
Jl. Raya Cisauk-Lapan, Sampora, Cisauk, Tangerang, Banten
Email: ¹stefani.kristiana90@gmail.com, ²siscatania16@gmail.com

Abstract

Manual material handling (MMH) is one of the most vulnerable forms of activity with the emergence of risk of injury to the body, for example musculoskeletal disorders (MSDs). This study aims to analyze the work posture carried out by workers at PT. Multitech Advanced Printing Indonesia on the work of moving raw materials. The work includes a series of activities, namely lifting, carrying, and lowering. Of the three activities, lowering was chosen as the most potentially dangerous for workers. This study uses the Quick Exposure Check (QEC) method and Manual Task Risk Assessment (ManTRA) to assess the risk of work injury. Based on the results of the QEC method, the value obtained is 59.88% while the ManTRA method gives the highest value of 2 points from the three conditions for the improvement work posture. Both methods assess work posture as dangerous because of the bending position of the back.

Keywords: *Biomechanics, Manual Material Handling, Musculoskeletal Disorders, Quick Exposure Check, Work Posture*

1. Pendahuluan

Pada era globalisasi, manusia dituntut untuk terus beradaptasi dan mengikuti perkembangan zaman. Hal ini menyebabkan adanya kebutuhan manusia yang semakin beragam, sehingga banyak perusahaan yang bergerak dalam bidang manufaktur maupun jasa, berlomba-lomba memenangkan pasar dengan produk yang ditawarkan. Baik atau buruknya suatu perusahaan ditentukan oleh banyak faktor, salah satunya adalah faktor manusia atau sumber daya manusia (SDM). Sumber daya manusia merupakan aset perusahaan yang sangat penting untuk dijaga, karena sumber daya inilah yang menunjang kelangsungan hidup perusahaan. Tanpa adanya sumber daya manusia yang berkualitas, maka akan sulit bagi sebuah perusahaan untuk terus bertahan dalam persaingan dunia industri yang ketat.

Dengan adanya perkembangan teknologi, banyak pekerjaan manusia yang dapat dilakukan dengan bantuan mesin. Namun, pekerjaan tersebut masih tidak dapat lepas dari bantuan operator dan pekerjaan manual lainnya yang tetap dilakukan karena keterbatasan biaya. Sama seperti proses permesinan, pekerjaan manual juga membutuhkan perhatian dari pihak perusahaan sehingga tercipta suatu kegiatan manual yang ergonomis dan tetap mengutamakan kesehatan dan kesejahteraan pekerjaannya. Akan tetapi, masih banyak perusahaan yang tidak memperhatikan pekerjaan manual yang dilakukan dan seluruh perhatian diberikan hanya kepada kegiatan permesinan. Banyak perusahaan masih belum mendukung pekerjaan manual yang dilakukan dengan fasilitas yang memadai dan tidak adanya standarisasi metode kerja sehingga mengakibatkan kesehatan dan kesejahteraan pekerja menjadi berkurang. Pekerjaan penanganan material secara manual (*Manual Material Handling*) terdiri dari mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik dan membawa merupakan sumber utama keluhan karyawan di industri [1]. Aktivitas *manual material*

handling (MMH) yang tidak tepat dapat menimbulkan kerugian bahkan kecelakaan pada karyawan. Akibat yang ditimbulkan dari aktivitas MMH yang tidak benar salah satunya adalah keluhan muskuloskeletal, yang biasanya disebut sebagai *musculoskeletal disorder* (MSDs) atau cedera pada sistem muskuloskeletal [2]. Menurut *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) dan *World Health Organization*, MSDs merupakan gangguan yang disebabkan ketika seseorang melakukan aktivitas kerja dan kondisi pekerjaan yang signifikan sehingga mempengaruhi adanya fungsi normal jaringan halus pada sistem muskuloskeletal yang mencakup saraf, tendon, dan otot. MSDs umumnya terjadi tidak secara langsung melainkan penumpukan cedera benturan kecil dan besar yang terakumulasi secara terus menerus dalam waktu yang cukup lama, yang diakibatkan oleh pengangkatan beban saat bekerja, sehingga menimbulkan cedera dimulai dari rasa sakit, nyeri, dan pegal pada anggota tubuh.

PT Multitech Advanced Printing Indonesia merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang percetakan dan produksi plastik. Pada PT MAPI, salah satu contoh pekerjaan yang masih dilakukan secara manual adalah proses *unloading* bahan baku dari truk ke gudang. Pada proses ini, bahan baku yang dibungkus dalam plastik atau sak dipindahkan secara manual dari truk ke palet kayu yang kemudian dibawa menggunakan *forklift* ke gudang bahan baku. Pekerjaan yang dilakukan ini termasuk dalam aktivitas *manual material handling*, yang terdiri atas proses *lifting* (mengangkat karung), *carrying* (membawa dan memindahkan karung), dan *lowering* (meletakkan karung).

Menurut observasi yang telah dilakukan, belum ada standarisasi pekerjaan seperti postur kerja, yang dibuat oleh pihak perusahaan untuk menjadi acuan proses manual ini. Saat pekerja melakukan *lifting*, posisi karung terletak pada mulut truk yang tingginya menyamai perut pekerja, sehingga pekerja dapat langsung mengangkat dengan posisi tubuh yang benar (tidak membungkuk atau *twisting*). Kemudian saat melakukan *carrying*, pekerja memindahkan karung dari truk ke palet kayu yang hanya berjarak kira-kira 5 langkah dan pekerja membawa karung dengan posisi yang benar, sehingga pekerjaan ini tidak membutuhkan tekanan terlalu besar pada tulang belakang dan masih aman untuk dilakukan. Namun saat melakukan *lowering*, postur tubuh pekerja yang *awkward* dan tulang belakang yang mengalami *bending* akan memicu timbulnya sakit pada tubuh pekerja. Hal ini juga disebabkan oleh beban karung yang harus ditanggung pekerja hingga sesaat sebelum karung diletakkan di palet kayu.



Gambar 1. *Unloading* Bahan Baku PT MAPI
(sumber: PT. MAPI)

Berdasarkan pemaparan tersebut, bukanlah tidak mungkin akan muncul suatu risiko cedera kerja pada pekerjaan *unloading* barang di gudang bahan baku pada PT MAPI, terutama saat proses *lowering*. Cedera yang dialami tersebut kemudian akan terakumulasi menjadi efek samping yang berjangka panjang. Oleh karena itu, dibutuhkanlah peranan ergonomi dalam bidang biomekanika yang dapat menganalisis postur serta beban kerja dan memberikan usulan postur kerja yang baik bagi pekerja sehingga dapat digunakan oleh perusahaan sebagai suatu standar yang tepat untuk pekerjaan manual yang dilakukan.

2. Metodologi Penelitian

a. Studi Lapangan

Pada penelitian ini, studi lapangan dilakukan dengan cara observasi. Observasi dilakukan pada pekerjaan pengangkutan bahan baku yang berbentuk sak atau plastik besar dari truk ke palet kayu (proses *unloading* truk). Selain itu, dilakukan juga tanya jawab atau wawancara singkat dengan pekerja yang bersangkutan mengenai penjabaran pekerjaan pengangkutan bahan baku tersebut. Pengukuran langsung juga dilakukan untuk mendapatkan data yang lebih tepat dan akurat.

b. Studi Pustaka

Pada penelitian ini, studi pustaka dilakukan dengan mencari data yang diambil dari buku, internet, dan sumber-sumber lain yang masih berkaitan dengan subjek penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini kebanyakan adalah berupa teori-teori dasar yang menjadi landasan penelitian. Selain itu, jurnal, modul, dan penelitian sejenis juga menjadi referensi dalam melakukan penelitian ini. Beberapa teori yang dibutuhkan dalam penelitian adalah mengenai aktivitas MMH, *musculoskeletal disorders*, metode QEC, dan metode ManTRA.

c. Pengumpulan Data

- **Data Primer**

Pada penelitian ini, data primer didapatkan dari observasi mengenai pekerjaan pengangkutan bahan baku yang dilakukan dan dokumentasi postur kerja. Selain itu, wawancara singkat dengan pekerja juga dilakukan untuk mendapatkan data yang berhubungan dengan pekerja, seperti data antropometrik pekerja dan frekuensi pekerjaan. Pengukuran langsung dilakukan untuk mendapatkan data dimensi bahan baku yang diangkat, seperti panjang, lebar, tinggi, dan berat sak, serta waktu siklus dan durasi pekerjaan yang dibutuhkan.

- **Data Sekunder**

Dalam hal ini, data sekunder didapat dari kepustakaan dan internet. Yang termasuk dalam data sekunder pada penelitian ini adalah teori-teori yang mendukung dan jurnal atau penelitian terdahulu yang serupa yang menjadi referensi untuk penelitian yang dilakukan.

d. Pengolahan Data

Setelah semua data yang diperlukan telah didapatkan, dilakukan pengolahan data dengan menggunakan beberapa metode yaitu metode QEC dan metode ManTRA. Kedua metode ini sama-sama merupakan metode *risk assessment*, dimana metode ini digunakan untuk memberikan penilaian terhadap postur kerja saat ini. Metode QEC digunakan untuk menilai beban postur kerja yang berhubungan dengan gangguan otot di tempat kerja, sedangkan metode ManTRA menunjukkan penilaian postur tubuh bagian bawah, belakang, leher/bahu dan lengan berdasarkan karakteristik penilaian waktu total, risiko berulang, pengerahan tenaga, postur tubuh dan getaran.

Quick Exposure Checklist (QEC) dikembangkan untuk memungkinkan praktisi kesehatan dan keselamatan kerja untuk melakukan penilaian faktor risiko *musculoskeletal* [3]. QEC berfokus pada penilaian dan perubahan eksposur sehingga memungkinkan

penerapan intervensi di tempat kerja dengan segera. Berdasarkan masukan dari praktisi kesehatan dan keselamatan serta ahli ergonomi, dilakukan modifikasi dan pengembangan lebih lanjut untuk kegunaan dan validitas QEC menggunakan pendekatan partisipatif pada simulasi maupun pekerja sungguhan. QEC memiliki tingkat sensitivitas dan reliabilitas yang diterima secara luas. Kajian lapangan membuktikan bahwa QEC dapat digunakan pada cakupan tugas (*task*) yang luas. Empat aspek kegunaan yang didapatkan meliputi sikap, pembelajaran, fleksibilitas, dan efektivitas. Prosedur penilaian QEC terdiri dari empat tahapan penilaian:

1. *Observer's Assessment*
2. *Worker's Assessment*
3. Perhitungan Nilai Paparan
4. Penentuan tindakan perbaikan/intervensi

ManTRA (*Manual Task Risk Assessment*) tool merupakan alat penilaian postur kerja yang dirancang oleh Burgess-Limerick et al, pada tahun 2000 [4]. Metode ini secara konseptual digunakan untuk menilai postur tubuh saat bekerja berdasarkan indeks anggota tubuh bagian atas. Peneliti menggunakan alat ini sebagai bagian dari objek permasalahan yang dibutuhkan untuk mengumpulkan informasi mengenai total waktu untuk suatu tugas yang sedang dilakukan dan menentukan penilaian menggunakan 5 skala poin dari lima karakteristik suatu pekerjaan yakni waktu siklus (pengulangan), gaya yang dibutuhkan, kecepatan, kekakuan postur, dan getaran. Aplikasi ManTRA mampu mengevaluasi risiko cedera (baik yang bersifat mendadak maupun kumulatif) yang dialami oleh pekerja saat melakukan pekerjaannya. Kesimpulan dari penilaian ini hanya dapat diterapkan pada individu yang diteliti, bukan pada populasinya. Penerapan metode ManTRA dilakukan dengan mengikuti prosedur:

1. Pengukuran Total Waktu
2. Pengukuran Risiko Waktu Siklus Berulang
3. Pengukuran Risiko Akibat Pengerahan Tenaga
4. Pengukuran Risiko Kekakuan
5. Pengukuran Risiko Getaran

Setelah mendapatkan semua penilaian untuk setiap karakteristik penilaian selanjutnya dilakukan interpretasi nilai. Untuk setiap bagian tubuh, skor untuk total waktu, pengulangan, pengerahan tenaga, kekakuan dan getaran dijumlahkan. Jumlah dari skor untuk setiap bagian tubuh disebut risiko kumulatif, dan memiliki rentang antara 5-25. Tindakan lebih lanjut perlu dilakukan bila salah satu bagian tubuh memiliki:

1. Nilai faktor risiko untuk pengerahan tenaga sebesar 5
2. Jumlah dari nilai pengerahan tenaga dan kekakuan sebesar 8 atau lebih
3. Nilai kumulatif risiko dari keseluruhan tubuh sebesar 15 atau lebih

e. Analisis dan Evaluasi

Setelah mendapatkan hasil dari pengolahan data, pada tahap selanjutnya ini peneliti akan melakukan analisa dari hasil pengolahan data mengenai tingkat bahaya atau risiko cedera pada pekerjaan *unloading* truk. Selain itu, akan dilakukan juga evaluasi dari hasil usulan perbaikan postur kerja sehingga diketahui apakah usulan dari perbaikan dapat diterima atau tidak, serta penjelasan dan kelebihan usulan perbaikan tersebut dibandingkan kondisi saat ini.

3. Hasil dan Pembahasan

Proses *unloading* yang diteliti adalah untuk bahan baku biji plastik. Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara langsung dengan *supervisor* gudang, bahan baku biji plastik ini datang setiap hari sekitar pk 08.00 hingga pk 11.00 (jam pengiriman tidak menentu, bergantung pada *supplier*). Kapasitas untuk 1 kali pengiriman (1 truk) adalah 5ton biji plastik yang dibungkus dalam karung/sak yang beratnya adalah 25 kg per karung. Proses *unloading* dari truk ke palet kayu dilakukan sebanyak 5 kali setiap harinya, dimana berat yang dapat ditanggung oleh palet kayu untuk sekali jalan adalah 1ton atau 40 karung biji plastik. Proses ini dilakukan oleh 4 orang pekerja yang memindahkan karung dari truk ke palet. Pekerja yang memindahkan karung diasumsikan mengangkut jumlah karung yang sama untuk setiap orangnya sehingga setiap pekerja mengangkut 10 karung untuk setiap palet dan total 50 karung secara keseluruhan per harinya.

a. Penilaian Postur Kerja dengan Metode *Quick Exposure Check* (QEC)

Berdasarkan gambar 2 yang menunjukkan hasil *exposure score* untuk metode QEC dapat dilihat bahwa potensi bahaya terbesar akan muncul di bagian punggung yang ditunjukkan dengan nilai *exposure level* yang mencapai *very high* dan pundak/lengan dengan nilai *exposure level* yang mencapai *high*.

	Exposure level			
Score	Low	Moderate	High	Very High
Back (static)	8-15	16-22	23-29	29-40
Back (moving)	10-20	21-30	31-40	41-56
Shoulder/arm	10-20	21-30	31-40	41-56
Wrist/hand	10-20	21-30	31-40	41-46
Neck	4-6	8-10	12-14	16-18

	Exposure level			
Score	Low	Moderate	High	Very High
Driving	1	4	9	-
Vibration	1	4	9	-
Work pace	1	4	9	-
Stress	1	4	9	16

Gambar 2. Hasil Exposure Level Metode QEC

Untuk faktor yang lain, kondisi *stress* pekerja memiliki *exposure level* yang sedang, sehingga tidak terlalu berbahaya bagi pekerja. Setelah itu, harus dihitung kembali angka *exposure level* dalam persen supaya diketahui tindakan yang harus dilakukan selanjutnya. Karena pekerjaan statis (*lowering*), maka nilai maksimum *exposure level* adalah 162. Di bawah ini adalah penjabaran perhitungannya:

$$E (\%) = \frac{x}{x_{\max}} \times 100\%$$

$$E (\%) = \frac{30 + 32 + 22 + 6 + 1 + 1 + 1 + 4}{162} \times 100\%$$

$$E (\%) = \frac{97}{162} \times 100\% = 59,88\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan persentase *exposure level* di atas, hasil yang didapatkan adalah 59,88%. Angka ini termasuk ke dalam pengelompokkan ketiga yaitu 50-69% seperti yang terlihat pada gambar 3. sehingga tindakan yang harus dilakukan adalah menginvestigasi lebih lanjut mengenai paparan bahaya yang dapat ditimbulkan oleh pekerjaan dan segera melakukan perbaikan.

QEC score (Percentage Total)	Action	Equivalent RULA score
< 40%	Acceptable	1 - 2
40 - 49%	Investigate further	3 - 4
50 - 69%	Investigate further and change soon	5 - 6
≥ 70%	Investigate and change immediately	≥ 7

Gambar 3. QEC Action Levels
(Sumber: <http://www.geocities.ws>)

b. Penilaian Postur Kerja dengan Metode *Manual Task Risk Assessment* (ManTRA)

Perhitungan untuk metode ManTRA dapat dilihat di tabel 1. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, bagian punggung menduduki posisi pertama dengan mendapatkan 2 poin dari ketiga syarat yang ada. Poin pertama dan kedua memenuhi syarat untuk diadakannya sebuah tindakan atau perbaikan postur kerja, di mana pada poin pertama nilai *exertion* mencapai 5 dan pada poin kedua jumlah *exertion* dan *awkwardness* mencapai 9 atau lebih dari 8. Skor dan simpulan ini sama dengan yang telah didapatkan pada metode sebelumnya, yaitu metode QEC, dimana pada metode QEC juga diharapkan untuk segera melakukan perubahan yang dapat memperbaiki kondisi pekerjaan, karena adanya bahaya yang dapat ditimbulkan terutama pada bagian punggung pekerja.

Tabel 1. Rekapitulasi Skor ManTRA untuk Semua Bagian Tubuh

Faktor Risiko	Bagian Tubuh			
	Lengan Bawah	Punggung	Leher/Bahu	Pergelangan Tangan
Total waktu	1	1	1	1
Durasi	2	2	2	2
Waktu siklus	4	4	4	4
Repetisi	3	3	3	3
Kekuatan	5	5	3	3
Kecepatan	4	4	3	4
<i>Exertion</i>	5	5	4	4
Kekakuan	2	4	4	2
Getaran	1	1	1	1
Kumulatif Risiko	12	14	13	11

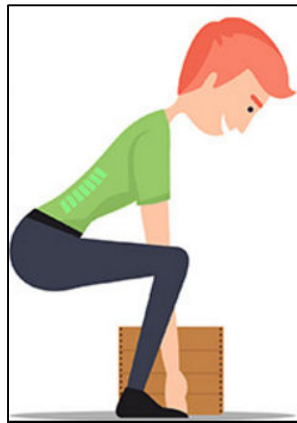
Hasil yang didapatkan dari perhitungan adalah untuk mengetahui skor yang dihasilkan dari postur kerja berdasarkan metode ManTRA untuk bagian punggung. Skor ini kemudian diolah kembali menjadi 3 macam penilaian, yaitu skor akhir untuk *exertion*, jumlah *exertion* dan *awkwardness*, dan total risiko kumulatif. Berikut ini adalah penjabaran perhitungannya:

- *Exertion risk factor* = 5
- *Sum of exertion and awkwardness* = 5 + 4 = 9
- Total Risiko Kumulatif = *Total Time* + *Repetition* + *Exertion* + *Awkwardness* + *Vibration*
= 1 + 3 + 5 + 4 + 1 = 14

Hasil pengolahan data menggunakan metode QEC dan ManTRA menunjukkan adanya bahaya yang ditimbulkan dari pekerjaan pemindahan karung biji plastik dari truk ke palet

kayu di PT Multitech Advanced Printing Indonesia. Bahaya tersebut tergolong cukup mendesak untuk diperbaiki sehingga harus segera dibuat usulan perbaikannya. Berdasarkan metode QEC dan ManTRA, risiko cedera paling besar terdapat pada bagian punggung. Oleh sebab itu, haruslah dibuat suatu usulan perbaikan postur kerja yang dapat meminimalisir kemungkinan risiko cedera punggung.

Postur kerja yang dilakukan saat ini tergolong bahaya karena posisi punggung yang sangat membungkuk atau *bending*. Meskipun tidak melakukan *lifting*, posisi ini tetap dapat membahayakan pekerja karena pekerja masih harus mengangkat beban seberat 25 kg hingga beberapa saat sebelum meletakkan beban tersebut di atas palet kayu. Posisi bungkuk ini juga mengakibatkan titik berat beban menjadi lebih jauh dari titik berat tubuh sehingga gaya/tekanan yang diterima pada tulang punggung semakin besar. Pekerjaan ini kemudian akan memberikan tekanan yang besar kepada bagian tubuh L5/S1 pada tulang belakang, dimana bagian ini merupakan bagian yang rentan terhadap rasa sakit akibat pekerjaan yang dilakukan dengan posisi tubuh yang kaku atau *awkward*. Dengan membungkuk, massa tubuh pekerja juga ditimpakan ke bagian L5/S1 saat melakukan pekerjaan sehingga akan menambah beban yang harus ditanggung selain karung biji plastik yang akan diletakkan. Kejadian ini akan mengakibatkan *low back pain* yang termasuk di dalam salah satu MSDs, atau rasa sakit/ngilu pada bagian punggung bawah (L5/S1).



Gambar 4. Usulan Perbaikan Postur Kerja
(Sumber: www.healthwisetraining.co.uk)

Gambar 4 menunjukkan ilustrasi usulan perbaikan postur kerja yang dapat diimplementasikan oleh pekerja saat melakukan proses *lowering* atau peletakan bahan baku di palet kayu. Pada postur kerja usulan ini, posisi punggung lurus dengan kaki yang ditebuk namun tidak sampai ke posisi berjongkok. Kaki dibuka kira-kira selebar bahu dan posisi tangan berada dalam rentangan kaki tersebut ketika meletakkan karung. Posisi kaki yang ditebuk ini dapat menjadi tumpuan yang kuat ketika meletakkan karung, yang dapat digunakan untuk mengurangi tekanan pada lutut dan punggung. Tumpuan pada kaki menjadi hal yang penting untuk diperhatikan karena karung yang diletakkan sangat berat (25 kg) dan bentuknya yang *bulky* (tidak beraturan). Postur kerja usulan ini memungkinkan adanya minimalisasi cedera kerja pada bagian L5/S1 karena tidak adanya beban tambahan yang harus ditanggung oleh L5/S1 akibat punggung yang membungkuk atau *awkward*. Untuk posisi bagian tubuh lainnya seperti lengan, bahu, leher, dan pergelangan tangan, berada pada posisi netral sehingga tidak akan menyebabkan risiko cedera pada pekerja.

Untuk mendukung postur kerja usulan supaya dapat menjadi lebih efektif, PT MAPI sebaiknya membuat poster yang ditempelkan pada dinding gudang, sehingga para pekerja dapat mempraktekkan postur kerja usulan tersebut secara langsung dan lebih cepat menjadi terbiasa. Salah satu desain poster yang efektif seperti yang terlihat pada Gambar 5. Dengan

poster yang telah dibuat, perusahaan dapat lebih mudah di dalam menerapkan postur kerja usulan tersebut. Perusahaan harus menempelkan poster dalam jumlah yang cukup pada dinding-dinding gudang atau jika memungkinkan di seluruh bagian pabrik, sehingga pekerja dapat dengan mudah mempelajari postur kerja tersebut dan lebih cepat terbiasa untuk melakukannya. Poster juga dilengkapi dengan langkah-langkah pengerjaan supaya para pekerja dapat memahami postur kerja dengan lebih mudah.



Gambar 5. Desain Poster

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di PT Multitech Advanced Printing Indonesia, dapat disimpulkan bahwa:

1. Postur kerja yang dilakukan saat ini untuk proses *lowering* pada pekerjaan *unloading* bahan baku dari truk ke palet kayu dapat dikatakan memiliki risiko cedera yang dapat membahayakan tubuh pekerja dengan potensi bahaya terbesar terletak pada bagian punggung. Hal ini didapatkan dari hasil metode QEC dan metode ManTRA yang sama-sama menunjukkan bahwa postur kerja sekarang harus segera diinvestigasi lebih lanjut dan diperbaiki.
2. Postur kerja yang baik untuk proses *lowering* sehingga dapat mengurangi risiko cedera kerja dan *musculoskeletal disorders* adalah dengan mempertahankan posisi punggung yang tetap lurus dan kaki yang agak ditekuk. Dengan begitu, punggung tidak membungkuk dan beban yang harus ditanggung oleh bagian L5/S1 menjadi tidak terlalu besar.

Daftar Pustaka

- [1] Ayoub, M. M., & Dempsey, P. G. (1999). The psychophysical approach to manual materials handling task design. *Ergonomics*, 42(1), 17-31.
- [2] Chaffin, D.B. dan Andersson, G.B.J. (1987). *Occupational Biomechanics* (Edisi ke-2). New York: John Wiley & Sin, Inc.
- [3] Stanton, N. A., Salmon, P. M., Rafferty, L. A., Walker, G. H., Baber, C., & Jenkins, D. P. (2017). *Human factors methods: a practical guide for engineering and design*. CRC Press.
- [4] Drillis, R. dan Contini, R. (1996). *Body Segment Parameters*. New York: Office of Vocational Rehabilitation.

ANALYSIS OF A BUSINESS FEASIBILITY STUDY USING A BUSINESS MODEL CANVAS FOR THE ESTABLISHMENT OF A SUBSIDIARY IN THE TRAINING PROVIDER FIELD

Ahmad Mukhibbin¹⁾, Marni Astuti²⁾, Eko Poerwanto³⁾

Program Studi Teknik Industri Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta
Jl. Janti Blok-R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
Email : ¹ahmadmukhibbin501@gmail.com

Abstract

PT. XYZ is a company engaged in aircraft MRO (Maintenance, Repair and Repair) services by providing integrated solutions for all of its customers. Unit Learning Services at PT. XYZ has the task of organizing education and training. In accordance with the plan of PT. XYZ, Learning Services Unit is focused on preparing to spin off to become a subsidiary engaged in the Provider of Training. This study aims to determine what kind of subsidiary business model will be created using the canvas business model and conduct a business feasibility study, whether it is feasible or not. The results of this study are based on the canvas business model which has the following proposition values: (1) Highly qualified instructors with years of experience in aircraft maintenance; (2) Aircraft access for training; (3) Spacious classrooms including ACT instructors for Airbus qualified training classes; (4) Adjustable training for customer needs; and based on aspects that are processed for the establishment of a subsidiary is declared feasible.

Keywords: *Training Provider, Business Model Canvas, Business Feasibility Study*

1. Pendahuluan

Secara harfiah, anak perusahaan adalah perusahaan yang dikuasai oleh pihak lain, baik secara langsung maupun tidak langsung melalui satu atau lebih badan lainnya. Dilihat dari kepemilikan saham, anak perusahaan atau *subsidiary corporation* merupakan perusahaan dimana mayoritas sahamnya, umumnya lebih dari 50% dimiliki oleh induk perusahaan. Dengan jumlah saham ini induk perusahaan berhak mengendalikan operasi dan manajemen anak perusahaan. (Sumber : Presisi April 2019;hlm.24&25).

Pembentukan anak usaha dapat dilakukan dengan beberapa prosedur antara lain prosedur residu, prosedur penuh dan terprogram. Anak perusahaan yang terbentuk dari prosedur residu berasal dari pemecahan induk perusahaan sesuai sektor usaha. Prosedur penuh cocok dilakukan bagi perusahaan yang belum pernah terjadi pemecahan sebelumnya. Sedangkan untuk terprogram biasanya strategi bisnis yang dimulai dengan pembentukan holding company yang dilanjutkan dengan pembentukan anak perusahaan melalui akusisi, joint venture dan lain-lain. (Sumber : Presisi April 2019;hlm.25).

Pembentukan grup perusahaan tentunya berdampak positif bagi anggotanya. Keuntungan pertama adanya kemandirian risiko bagi induk maupun anak perusahaan. Keuntungan berikutnya adalah kontrol yang lebih mudah dan efektif bagi induk perusahaan. Anak perusahaan pun bisa saling bekerja sama dan berkoordinasi dalam operasionalnya sehari-hari sehingga tercipta efisiensi operasional perusahaan dan memastikan anak perusahaan tidak overlapping. Dengan melihat berbagai keuntungan

ini, PT. XYZ dalam mengembangkan usahanya sudah tepat. Pada tahun 2019, PT. XYZ akan membentuk 6-7 anak perusahaan dengan harapan bisnis PT. XYZ semakin berkembang dan mampu mencapai visinya. (Sumber : Presisi April 2019;hlm.25)

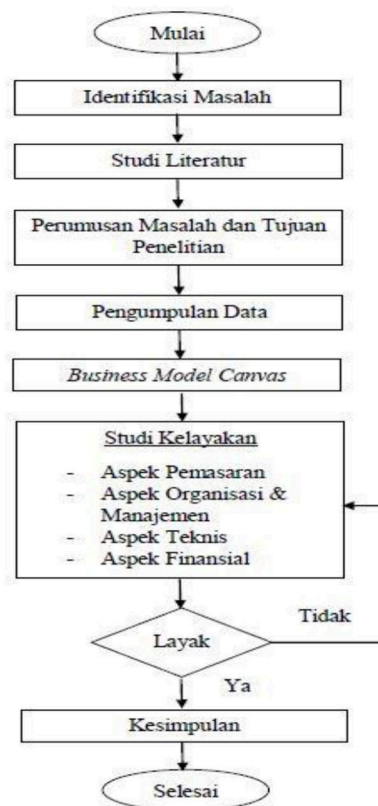
PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang jasa MRO (*Maintenance, Repair, and Overhaul*) pesawat terbang. PT. XYZ saat ini merupakan perusahaan jasa MRO terbaik di Indonesia dengan menyediakan solusi terintegrasi bagi seluruh customernya. Tak hanya itu PT. XYZ saat ini juga sudah memiliki klien dari 60 negara yang tersebar di 6 benua. Pada perusahaan PT. XYZ terdapat Unit Learning Services yang memiliki tugas menyelenggarakan pendidikan dan pelatihan. Sesuai dengan rencana PT. XYZ pada saat ini Unit Learning Services tersebut fokus pada persiapan melakukan pelepasan (*spin off*) untuk menjadi anak perusahaan yang bergerak dibidang *Training Provider*.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- Bagaimana model bisnisnya berdasarkan *business model canvas* ?
- Dan Apakah pendirian anak perusahaan PT. XYZ di bidang *training provider* layak atau tidak untuk dijalankan ?

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian kualitatif analisis dan kuantitatif. Dimana pengolahan data pada penelitian ini dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Dalam melakukan penelitian ini, gambar 1 berikut merupakan gambaran metodologi penelitian yang dilakukan.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Agar dapat memberikan gambaran dari permasalahan yang akan dipecahkan untuk mencapai tujuan penelitian secara umum, maka penjelasan dari diagram alir di atas adalah sebagai berikut :

- a. Identifikasi Masalah
Melakukan observasi di Unit *Learning Services* PT. XYZ untuk mengidentifikasi masalah sebagai bahan penelitian.
- b. Studi Literatur
Melakukan kajian pustaka, yaitu mempelajari buku-buku referensi dan hasil penelitian sejenis sebelumnya yang pernah dilakukan oleh orang lain.
- c. Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian
Melakukan perumusan masalah agar permasalahan bisa terfokuskan dan menentukan tujuan yang didapatkan dalam penelitian.
- d. Pengumpulan Data
Mengumpulkan data-data yang dibutuhkan, kemudian diolah sebagai bahan untuk dianalisa.
- e. Business Model Canvas
Menentukan gambaran bisnis model dengan mengisi komponen-komponen business model canvas.
- f. Studi Kelayakan
Melakukan pengolahan data dan pembahasan untuk dapat memperoleh solusi, dengan menggunakan aspek pemasaran, aspek organisasi & manajemen, aspek teknis, dan aspek finansial.
- g. Layak/Tidak
Memustuskan hasil pengolahan data dan pembahasan dinyatakan layak atau tidak.
- h. Kesimpulan
Pernyataan singkat dan jelas tentang hasil penelitian yang diperoleh, serta memuat usulan atau pendapat yang diberikan peneliti.

Pada penelitian ini peneliti mengumpulkan data dari objek penelitian dengan menggunakan jenis data primer. Data primer dapat didefinisikan sebagai data yang dikumpulkan dari sumber-sumber asli untuk tujuan tertentu (Kuncoro, 2009; Prabowo, 2014). Pengumpulan data primer pada penelitian ini dilakukan dengan cara sebagai berikut :

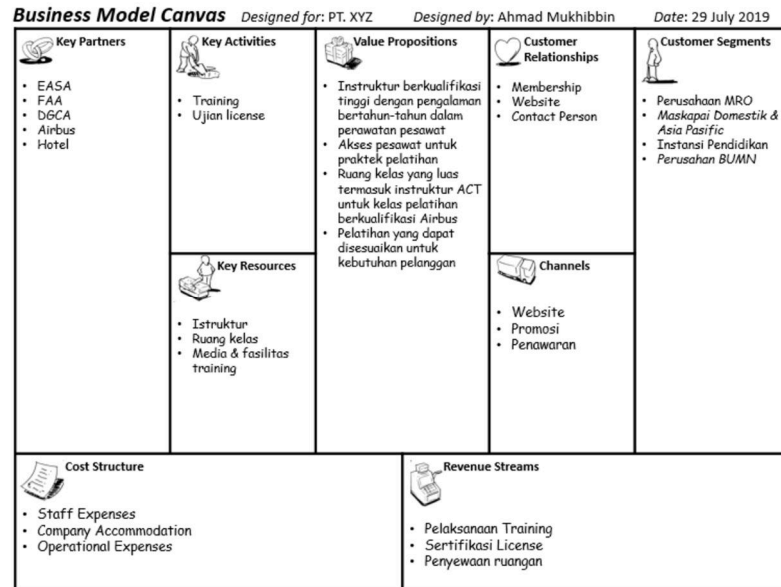
- a. Wawancara, dilakukan dengan menyampaikan pertanyaan secara lisan kepada mentor, karyawan, dan instuktur mengenai hal-hal yang berkaitan dengan proses pendirian anak perusahaan.
- b. Observasi, data-data yang diperoleh dengan melakukan pengamatan dan pencatatan untuk menyakinkan serta melengkapi data-data yang sebelumnya telah ada.

Selain menggunakan data primer, penelitian ini juga menggunakan data sekunder yaitu dengan mencari data dari *website* perusahaan, dan *websitewebsite* lainnya yang dapat mendukung data primer.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 *Business Model Canvas*

Berdasarkan pengumpulan data di atas, maka bisnis model anak perusahaan di bidang *training provider* yang akan didirikan dapat digambarkan dengan *business model canvas* sebagai berikut :



Gambar 2. Tampilan *Business Model Canvas*

1. *Customer Segments*

Dari segmen konsumen yang terdapat dalam *Business Model Canvas* di atas, terdapat empat segmen konsumen, yaitu :

a. Perusahaan MRO yaitu PT. XYZ, BAT, MMF, dan IAS.

Untuk PT. XYZ semua kebutuhan *training* pastinya akan dipenuhi oleh anak perusahaan di bidang *training provider* ini, karena PT. XYZ merupakan induk perusahaan dari anak perusahaan ini. Sedangkan untuk kebutuhan *training* akan dipenuhi oleh anak perusahaan di bidang *training provider* ini, karena pada tanggal 12 november tahun 2016 PT. XYZ dan MMF sudah menjalin kerjasama untuk melakukan *joint operation* untuk mendapatkan pangsa pasar perawatan pesawat yang lebih besar. Begitu pula dengan kebutuhan *training* IAS nantinya juga akan dipenuhi oleh anak perusahaan di bidang *training provider* ini, karena pada tanggal 9 januari 2019 sudah menjalin kerjasama strategis perawatan pesawat terbang dan *industrial services*, pemanfaatan bersama fasilitas, termasuk untuk penyediaan fasilitas baru serta pertukaran ketrampilan dan kemampuan antara kedua perusahaan.

b. Maskapai domestik dan asia pasific. Maskapai domestik teridiri dari dua belas maskapai AOC 121 dan tiga maskapai AOC 135. Dari keduabelas maskapai AOC 121 yang bisa diserap untuk melakukan training di anak perusahaan yang bergerak di bidang *training provider* ini antara lain adalah Garuda Indonesia, Citilink, Sriwijaya Air, dan NAM Air. Garuda Indonesia dan Cilitink tentunya akan memenuhi kebutuhan training personilnya dengan melakukan *training* di anak perusahaan di bidang *training provider* ini, karena kedua maskapai ini merupakan satu grup perusahaan dengan anak perusahaan di bidang *training provider* ini.

c. Instansi Pendidikan yaitu perguruan tinggi urusan amto yang ada di indonesia. Perguruan tinggi jurusan amto sendiri di Indonesia berjumlah 10 instansi, tetapi yang menjalin kerjasama khusus dengan PT. XYZ sejumlah 6 perguruan tinggi, antara lain STTA (AP & EA), Politeknik

Medan (AP), Unsurya (AP & EA), Politeknik Sriwijaya (AP & EA), Politeknik Batam (PPU), Politeknik Malang (AP). Skema kerja sama antara PT. XYZ dengan enam lembaga pendidikan itu berlangsung dengan cara PT. XYZ memberikan tempat magang dan pelatihan lapangan kepada para siswa lembaga pendidikan tersebut.

- d. Perusahaan BUMN yaitu yang bergerak di sektor transportasi dan jasa. Dari sektor transportasi dan jasa tersebut terdapat duapuluh tiga perusahaan BUMN. Beberapa perusahaan bumn 58 dari sektor transportasi yang dapat diserap antara lain : PT Angkasa Pura I (Persero), PT Angkasa Pura II (Persero), PT Garuda Indonesia (Persero) Tbk, PT Jasa Marga (Persero) Tbk, PT Kereta Api Indonesia (Persero), PT Merpati Nusantara Airlines (Persero), PT Pelabuhan Indonesia I, II, III, dan IV. Sedangkan dari perusahaan yang lainnya belum bisa langsung diserap.

2. *Value Proposition*

Untuk menjawab kebutuhan dari *customer segment*, segi *capabilities* perusahaan sudah bisa terpenuhi. Dengan demikian perusahaan menawarkan *value proposition* sebagai berikut :

- a. Instruktur berkualifikasi tinggi dengan pengalaman bertahun-tahun dalam perawatan pesawat. Yang dimaksud dengan berkualifikasi tinggi adalah orang yang sudah memenuhi elemen-elemen kompetensi yang harus dimiliki oleh seorang instruktur dan telah memiliki kemampuan yang mumpuni. Instruktur dibedakan menjadi dua, *instructor* dan *senior*.
- b. Akses pesawat untuk pelatihan. Dengan didirikannya anak perusahaan di bidang training provider ini berasal dari induk perusahaan yang bergerak di bidang MRO pesawat udara, tentunya fasilitas pesawat udara sudah pasti ada di lini produksinya. Sehingga untuk para peserta training bisa langsung berhadapan langsung dengan objek perawatan 59 pesawat udara. Di perusahaan induknya terdapat dua jenis pesawat komersil, yaitu *Wide Body* (berkapasitas di atas 200 penumpang) dan *Narrow Body* (berkapasitas maksimal 200 penumpang).
- c. Ruang kelas yang luas termasuk instruktur ACT untuk kelas pelatihan berkualifikasi Airbus. Hal itu ditandai pada hari Selasa, 3 Juli 2018 PT. XYZ menandatangani perjanjian dengan Airbus. Kerjasama yang dilakukan tersebut adalah untuk Airbus Training Center selama 5 tahun. Kerjasama terkait Airbus Training Center ini menjadikan PT. XYZ sebagai pusat pelatihan perawatan pesawat milik Airbus untuk tipe Airbus A320 CEO dan A320 NEO serta A330. PT. XYZ dan Airbus juga sepakat untuk menambahkan cakupan pelatihan untuk *Engine Ground Run Up* Airbus A320 dan A330 serta *Extended-range Twin-engine Operational Performance Standards* (ETOPS) Training.
- d. Pelatihan yang dapat disesuaikan untuk kebutuhan pelanggan atau bisa disebut fleksibel. Misalnya untuk kebutuhan training dari 47 *outstations* PT. XYZ dan *Customer* yang dari Luar Negeri. Secara tidak langsung anak perusahaan di bidang *training provider* ini tentunya mengirimkan instruktur ke *outstation*.

3. *Channels*

Fungsi dari *channels* ada tiga, antara lain :

- a. Saluran komunikasi yaitu untuk mengkomunikasikan produk yang akan dijual dalam bentuk produk atau jasa. Cara yang akan dilaksanakan untuk memenuhi fungsi komunikasi ini adalah melalui *website*. Dalam *website* tersebut nantinya akan memuat gambaran singkat dan informasi-informasi penting dari anak perusahaan di *bidang provider* ini.
- b. Saluran pemasaran yaitu untuk memasarkan jasa yang akan dijual oleh anak perusahaan di *bidang training provider* ini. Cara yang akan dilaksanakan untuk melakukan saluran pemasaran yaitu dengan promosi di brosur yang di cantumkan di *website* maupun di *print out* dan melakukan penawaran menggunakan proposal bisa dikirim via email atau dalam bentuk fisik.
- c. Saluran distribusi yaitu untuk menyalurkan jasa *training* dari perusahaan ke *customer*. Cara yang dilakukan ada dua yaitu dengan melakukan *training* di perusahaan atau di hotel untuk mendukung *training* yang di luar daerah ataupun luar negeri.

4. *Customer Relationships*

Fungsi dari *Customer Relationship* yaitu :

- a. *Customer aquistion* atau menarik pelanggan yaitu dengan memanfaatkan website yang berisikan artikel yang berkaitan dengan *training* dan melakukan kerjasama strategis dengan calon pelanggan;
- b. *Customer retention* atau mempertahankan pelanggan yaitu dengan membuat *membership* dan memberikan kuisisioner kepada peserta *training* untuk memberikan penilaian selama pelaksanaan *training* sebagai bahan evaluasi bagi perusahaan untuk memperbaiki atau menambah kekurangan *training* yang disajikan agar *training* kedepannya tidak ada kekurangan lagi dan menjadi lebih baik dari *training* sebelumnya.
- c. *Boosting sales* atau meningkatkan penjualan yaitu dengan memanfaatkan *contact person* whatsapp atau line untuk pelanggan agar menjadi pelanggan yang loyal.

5. *Revenue Streams*

Sumber arus pendapatan bagi perusahaan *training provider* ini berasal dari tiga sumber yaitu :

- a. Pelaksanaan *training*. baik *training* yang dilaksanakan di perusahaan maupun yang dilaksanakan di *outstation* luar daerah dan luar negeri.
- b. Sertifikasi *lisence* yaitu dengan melaksanakan examination untuk memperoleh sertifikat atau *lisence* berkaitan dengan kompetensi *training* tertentu.
- c. Penyewaan ruangan atau alat yaitu dengan menyewakan ruang kelas ataupun ruang *meeting* untuk kepentingan di luar dari operasional *training*.

6. *Key Resources*

Sumber daya utama yang harus dimiliki perusahaan *training provider* ini adalah

- a. Instruktur; Tentunya instruktur yang dimiliki telah terbukti dan teruji atas pengetahuan dan kemampuan dalam melakukan perawatan pesawat udara.

- b. Ruang kelas yang terdiri dari 30 ruang beserta isinya dan ruang *meeting* yang berjumlah 5 ruang *meeting* beserta isinya.
- c. Media dan fasilitas *training* diantaranya pesawat, komputer, *software*, dll.

7. *Key Activities*

Aktivitas kunci pada perusahaan *training provider* ini adalah dengan melaksanakan *training* dan examination untuk memperoleh sertifikat ataupun *licence* berkaitan dengan kompetensi training tertentu.

8. *Key Partnerships*

Mitra-mitra utama yang harus dimiliki perusahaan *training provider* ini di dalam menjalankan bisnisnya yaitu EASA, DGCA, Airbus, dan hotel. EASA, FAA, DGCA, Airbus dibutuhkan approval training, kurikulum/*syllabus* yang akan diajarkan pada saat pelaksanaan training dan hotel dibutuhkan untuk melaksanakan *training* yang diselenggarakan di luar daerah maupun di luar negeri.

9. *Cost Structure*

Struktur biaya yang harus dikeluarkan untuk perusahaan training provider ini yaitu : *Staff Expenses* (Gaji SDM, dll); *Company Accommodation* (akomodasi instruktur seperti makan, transportasi, penyewaan hotel, dll jika *training* di luar daerah); *Operational Expenses* (seperti tagihan listrik, air, internet, dll).

3.2 Aspek Pemasaran

Berdasarkan *customer segments* pada business model canvas di atas, yang terdiri dari perusahaan MRO, maskapai domestik & asia pasific, instansi pendidikan (perguruan tinggi jurusan AMTO), perusahaan BUMN (transportasi & pergudangan).

Dari empat perusahaan MRO yang ada yaitu tiga diantaranya dapat diserap oleh perusahaan *training provider* ini dengan kata lain sebesar 75% dari training perusahaan MRO. Maskapai domestik yang terdiri dari 12 maskapai AOC 121 dan 3 maskapai AOC 135 dapat diserap yang pasti ada Garuda Indonesia, Citilink, Sriwijaya Air, dan Nam Air. Namun untuk maskapai yang lain bukan tidak mungkin untuk bisa diserap oleh perusahaan *training provider* ini dengan kata lain sebesar 30% dari maskapai domestik. Untuk maskapai Asia Pasific hanya sebagian kecil yang bisa diserap. Instansi pendidikan yang pasti diserap sebanyak 6 dari 10 perguruan tinggi jurusan AMTO, dengan kata lain sebesar 60%. Yang 4 perguruan tinggi lainnya bisa saja diserap walaupun tidak melakukan kerjasama khusus yang dilakukan 6 perguruan tinggi antara lain antara lain STTA (AP & EA), Politeknik Medan (AP), Unsurya (AP & EA), Politeknik Sriwijaya (AP & EA), Politeknik Batam (PPU), Politeknik Malang (AP).

3.3 Aspek Organisasi dan Manajemen

a. Organisasi

Dengan sumber daya manusia yang dimiliki *unit learning services* saat ini yaitu 59 orang, nantinya semua sumber daya manusia ini akan dipindah tugaskan ke perusahaan *training provider* yang baru. Maka dari itu perusahaan *training provider* ini tidak akan merekrut SDM lagi untuk pendirian anak

perusahaan ini. Hanya saja dari 59 orang sumber daya manusia yang tersedia ini ditempatkan dengan skema organisasi dan manajemen yang baru. (Sumber : Data dari Mentor).

b. Manajemen

Pada tahapan studi kelayakan, pelaksana yang melakukan studi adalah *SDM unit learning services* itu sendiri yang sudah diberikan tugas oleh PT. XYZ untuk mempersiapkan proses pelepasan (*spin off*) dari PT. XYZ), tentunya dengan melaksanakan meeting untuk membahas tentang progres dari studi kelayakan itu sendiri. Jadwal penyelesaian pendirian anak perusahaan ini ditargetkan pada kuartal ke-4 / akhir tahun 2019 sudah selesai. Tentunya target ini bisa tercapai karena dalam persiapan pendirian anak perusahaan ini tidak melakukan pembangunan, melainkan dengan cara/metode *inbreng* yaitu melakukan penyerahan aset dari PT. XYZ ke anak perusahaan yang nantinya akan didirikan.

3.4 Aspek Teknis

a. Bentuk Badan Usaha

Anak perusahaan ini nantinya akan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) yang menjalankan usahanya dengan memiliki modal yang terdiri dari saham-saham dan pemiliknya mempunyai bagian sebanyak saham yang dimilikinya. Saham dari anak perusahaan ini pastinya mayoritas dimiliki oleh induk perusahaan yaitu PT. XYZ.

b. Penentuan Lokasi

Lokasi anak perusahaan ini berada di satu tempat dengan perusahaan induk yaitu di kota Tangerang kawasan bandara Soekarno-Hatta. Alasan anak perusahaan ini berada di sana adalah dekat dengan para konsumen dan *stackholder* yang berhubungan dengan keberlangsungan operasional perusahaan.

c. Jenis Usaha

Jenis usaha anak perusahaan ini berupa *training provider* yaitu penyedia jasa training di bidang MRO training. tentunya produksi dari anak 67 perusahaan ini berupa pelaksanaan training maupun *examination certificate* atau *licence*.

d. Sarana dan Prasarana

Sarana yang digunakan antara lain : ruang kelas sebanyak 30 ruang, ruang meeting sebanyak 5 ruang, dan 1 *office*. Prasarana yang dibutuhkan adalah akses jalan, listrik, dan air. Dari penentuan lokasi di atas untuk kebutuhan yang digunakan oleh sarana dan prasarana sudah terpenuhi.

e. Mesin dan Alat Yang Digunakan

Mesin-mesin yang digunakan untuk kebutuhan training misalnya pesawat udara, komponen pesawat udara, dll. Alat yang digunakan adalah benda untuk menunjang kegiatan training misalnya komputer, *software*, dll.

3.5 Aspek Finansial

a. Total Investasi

Tabel 1. Total Investasi

Sofeware		\$ 71.428,57
<i>E-Learning</i>	\$ 15.190,37	
<i>Self Development Aplication (SDA)</i>	\$ 11.038,20	
<i>IT-MRO (SWIFT)</i>	\$ 45.200,00	
Building		\$ 464.285,71
30 Ruang Kelas	\$ 257.142,86	
5 Ruang Meeting	\$ 142.856,14	
1 Office	\$ 64.286,71	
Furniture		\$ 35.714,28
750 Meja	\$ 21.428,57	
750 Kursi	\$ 14.285,71	
Tools & Equipments		\$ 500.000,00
125 Komputer	\$ 142.857,14	
Komponen-Komponen Pesawat	\$ 357.142,86	
Working Capital		\$ 357.142,86
Persiapan Pendirian Perusahaan	\$ 71.428,57	
Kebutuhan Perusahaan Jangka Pendek	\$ 285.714,29	
Total		\$ 1.428.571,42

b. Total Biaya

Tabel 2. Total Biaya

Staff Expenses		\$ 2.025.843,64
17 Instructor	\$ 123.857,14	
10 Senior Instructor	\$ 85.714,29	
SDM lainnya	\$ 1.816.272,21	
Company Accommodation		\$ 180.839,87
17 Instructor	\$ 109.211,30	
10 Senior Instructor	\$ 71.628,57	
Operational Expenses		\$ 216.473,06
Biaya Listrik	\$ 42.857,14	
Biaya Air	\$ 17.857,14	
Biaya Internet	\$ 10.714,29	
Biaya Operasional Training	\$ 145.044,49	
Total		\$ 2.423.156,57

c. Total Pendapatan

Tabel 3. Total Pendapatan

Perusahaan MRO		\$ 13.749.821,43
XYZ	\$ 13.571.428,57	
MMF	\$ 6.428.571,43	
IAS	\$ 92.142,86	
Maskapai Domestik		\$ 3.285.000,00
Garuda Indonesia	\$ 2.678.571,43	
Citilink	\$ 429.642,86	
Sriwijaya Air	\$ 136.607,14	
NAM Air	\$ 40.178,57	
Instansi Pendidikan		\$ 308.571,43
STTA (AP & EA)	\$ 68.571,43	
Politeknik Medan (AP)	\$ 34.285,71	
Unsurja (AP & EA)	\$ 68.571,43	
Politeknik Sriwijaya (AP & EA)	\$ 68.571,43	
Politeknik Batam (PPU)	\$ 34.285,71	
Politeknik Malang (AP)	\$ 34.285,71	
Total		\$ 17.343.392,86

d. Laba Rugi Sebelum Pajak dan Sesudah Pajak

Tabel 4. Laba Rugi Sebelum Pajak

Tahun	Total Pendapatan	Total Biaya	EBT	Tax 2% (dari bruto)	EAT
2020	\$ 17.343.392,86	\$ 2.423.156,57	\$ 14.920.236,29	\$ 346.867,86	\$ 14.573.368,43
2021	\$ 17.343.392,86	\$ 2.423.156,57	\$ 14.920.236,29	\$ 346.867,86	\$ 14.573.368,43
2022	\$ 17.343.392,86	\$ 2.423.156,57	\$ 14.920.236,29	\$ 346.867,86	\$ 14.573.368,43
2023	\$ 17.343.392,86	\$ 2.423.156,57	\$ 14.920.236,29	\$ 346.867,86	\$ 14.573.368,43
2024	\$ 17.343.392,86	\$ 2.423.156,57	\$ 14.920.236,29	\$ 346.867,86	\$ 14.573.368,43
Total					\$ 72.866.842,16

e. Aliran Kas Bersih

Tabel 5. Aliran Kas

Tahun	EAT = AKB
2020	\$ 14.573.368,43
2021	\$ 14.573.368,43
2022	\$ 14.573.368,43
2023	\$ 14.573.368,43
2024	\$ 14.573.368,43
Total	\$ 72.866.842,16

f. Total PV Aliran Kas Bersih

Tabel 6. Total PV Aliran Kas

Tahun	Aliran Kas Bersih	Discount Factor 20%	PV AKB
2020	\$ 14.573.368,43	0,833	\$ 12.139.615,90
2021	\$ 14.573.368,43	0,694	\$ 10.172.211,16
2022	\$ 14.573.368,43	0,579	\$ 8.437.980,32
2023	\$ 14.573.368,43	0,482	\$ 7.024.363,58
2024	\$ 14.573.368,43	0,402	\$ 5.858.494,11
Total PV Aliran Kas Bersih			\$ 43.632.665,08

g. Perhitungan Alat Investasi

$$\begin{aligned}
 - \text{Payback Period} &= (\text{Investasi Awal} / \text{Aliran Kas Bersih}) \times 1 \text{ Tahun} \\
 &= (\$ 1.428.571,42 / \$ 14.573.368,43) \times 1 \text{ Tahun} \\
 &= 0,098 \text{ Tahun} \Rightarrow 1,2 \text{ Bulan}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian berdasarkan perhitungan *Payback Period*, maka dinyatakan layak. Karena hasil *Payback Period*nya 1,2 bulan < 5 tahun.

$$\begin{aligned}
 - \text{Net Present Value} &= \text{Total PV Aliran Kas Bersih} - \text{Total PV Investasi} \\
 &= \$ 43.632.665,08 - \$ 1.428.571,42 \\
 &= \$ 42.204.093,66
 \end{aligned}$$

Dengan demikian berdasarkan perhitungan *Net Present Value*, maka dinyatakan layak. Karena hasil *Net Present Value*nya \$ 42.204.093,66 > 0

$$\begin{aligned}
 - \text{Profitability Index} &= \text{Total PV Aliran Kas Bersih} / \text{Total Investasi} \\
 &= \$ 43.632.665,08 / \$ 1.428.571,42 \\
 &= 30,54286574
 \end{aligned}$$

Dengan demikian berdasarkan perhitungan *Profitabilty Index*, maka dinyatakan layak. Karena hasil *Profitabilty Index*nya $30,54286574 > 1$.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Total Pendapatan} - \text{Total Investasi}}{\text{Total Investasi}} \times 100\% \\
 &= \frac{\$ 17.343.392,86 - \$ 1.428.571,42}{\$ 1.428.571,42} \times 100\% \\
 - \text{Return Of Invesment} &= 1.114,037507\%
 \end{aligned}$$

Dengan demikian berdasarkan perhitungan *Return Of Invesment*, maka dinyatakan layak. Karena hasil *Return Of Invesment* $1.114,037507\%$.

4 Kesimpulan

1. Berdasarkan *business model canvas*, gambaran model bisnis yang tepat untuk pendirian anak perusahaan ini adalah sebagai berikut :

a. *Customer Segment*

Custumer segment terdiri dari Perusahaan MRO, maskapai domestik dan asia pasific, Instansi Pendidikan (perguruan tinggi jurusan amto) dan perusahaan BUMN sektor transportasi.

b. *Value Proposition*

Value proposition berupa instruktur berkualifikasi tinggi dengan pengalaman bertahun-tahun dalam perawatan pesawat, askes pesawat untuk praktek pelatihan, ruang kelas yang luas termasuk instruktur ACT untuk kelas pelatihan berkualifikasi airbus, dan pelatihan yang dapat disesuaikan untuk kebutuhan pelanggan.

c. *Channels*

Channels terdiri dari *website*, promosi, dan penawaran.

d. *Customer Relationship*

Customer relationship berupa *membership*, *website*, dan *contact person* (WA atau Line)

e. *Revenue Streams*

Revenue streams diperoleh dari pelaksanaan *training*, sertifikasi *lisen*ce, dan penyewaan ruangan.

f. *Key Resources*

Key resources yang harus dimiliki adalah instruktur, ruang kelas, media & fasilitas training.

g. *Key Activities*

Key activities yang dilakukan adalah *training* dan ujian *lisen*ce

h. *Key Patnership*

Key patnership yang harus diajak kerjasama untuk berlangsungnya bisnis adalah EASA, FAA, DGCA, Airbus, dan Hotel.

i. *Cost Structure*

Cost structure yang harus dibayar untuk kegiatan bisnis ini terdiri dari *staff expenses*, *company accommodation*, dan *operation expenses*.

2. Berdasarkan aspek pemasaran pendirian anak perusahaan *training provider* ini layak dilaksanakan. Dilihat dari pangsa pasar yang menjanjikan dan memiliki prospek baik kedepannya.
3. Berdasarkan aspek organisasi dan manajemen pendirian anak perusahaan ini layak dilaksanakan. Dilihat dari sumber daya manusia yang berkompeten di bidangnya dan pengelolaan manajemen perusahaan yang jelas.
4. Berdasarkan aspek teknis pendirian anak perusahaan di bidang *training provider* ini layak dilaksanakan. Dilihat dari kebutuhan teknis/operasi perusahaan yang telah terpenuhi.
5. Berdasarkan aspek finansial pendirian anak perusahaan *training provider* ini layak dilaksanakan. Dilihat dari hasil beberapa metode perhitungan finansial sebagai berikut :
 - a. Nilai *Payback Periodnya* 1,2 bulan < 5 tahun.
 - b. Nilai *Net Present Valuenya* \$ 42.204.093,66 > 0 .
 - c. Nilai *Profitabilty Indexnya* 30,54286574 > 1 .
 - d. Nilai *Return Of Invesment* 1.114,037507%.

Daftar Pustaka

- [1] Abdullah, M. R. (2017). Studi Kelayakan Bisnis..
- [2] Amin, A. M., Baga, L. M., & Tinaprilla, N. (2018). Strategi Perencanaan Model Bisnis Perusahaan Jasa Konsultan Arsitektur dan Jasa Kontraktor PT Architectaria Media Cipta. *MANAJEMEN IKM: Jurnal Manajemen Pengembangan Industri Kecil Menengah*, 13(1), 55-65.
- [3] Ardiana, A. (2014). *Innovation Business Canvas Model Pada Produk Dholpine Yang Ramah Lingkungan* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- [4] Hardjana, A. M. (2001). *Training SDM yang efektif*. Kanisius.
- [5] Kurniasari, R., & Kartikasari, D. (2018). Penerapan Model Bisnis Kanvas Terhadap Bisnis Jasa Angkut Penumpang Pada PT Internasional Golden Shipping. *Journal of Applied Managerial Accounting*, 2(1), 6-14.
- [6] Nirmala, P. A. (2018). Analisis Strategi Pengembangan Usaha Pirez Laundry Samarinda. *Universitas Mulawarman. Samarinda*.
- [7] Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*. John Wiley & Sons.
- [8] Rainaldo, M., Wibawa, B. M., & Rahmawati, Y. (2017). Analisis Business Model Canvas Pada Operator Jasa Online Ride-Sharing (Studi Kasus Uber di Indonesia). *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(2), D232-D236.

APPLICATION OF DISCRETE-EVENT SIMULATION IN HEALTH CARE : A PRELIMINARY STUDIES

Intan Berlianty¹⁾, Yuli Dwi Astanti^{*2)}, Irwan Soejanto³⁾

Jurusan Teknik Industri

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

Jl. Babarsari No 2 Tambakbayan Yogyakarta

Email : ²yulidwi.assistanti@upnyk.ac.id

Abstract

Simulation is one of the tools to solve the problems in a system, including hospital systems. The hospital has objectives and entities that are different from other systems, namely service to patients (humans) primarily, so making some decisions requires consideration due to the complexity of the variables within them. This preliminary study will discuss what problems might occur in the hospital and how the application of the simulation in solving the problem. Based on observations and interviews conducted, it is known that there are four issues: 1.) hospital services 2.) labor allocation (nurses) 3.) capacity and number of rooms/beds 4.) drug supply. Based on the literature search results, it is known that the simulation has the ability to solve these problems. The results of this literature review will then be used as a basis for developing simulation models in hospitals which are the object of research.

Keywords : *hospital, simulation, discrete-event*

1. Pendahuluan

Rumah sakit merupakan sebuah sistem yang membutuhkan tingkat efisiensi dan efektifitas yang tinggi. Hal ini dikarenakan entitas (elemen utama) didalam sistem bukanlah produk buatan manusia, melainkan manusia itu sendiri (pasien). Rumah sakit dituntut untuk selalu memberikan pelayanan prima yaitu efektif dan efisien kepada pasien, bahkan dimulai dari sebelum pasien datang ke rumah sakit, saat di rumah sakit sampai saat pasien kembali ke rumah (rawat jalan). Efisiensi dan efektifitas pelayanan rumah sakit sering sekali mengalami kendala dikarenakan tingginya tingkat kompleksitas sistem rumah sakit. Kompleksitas sistem rumah sakit ini dipengaruhi oleh banyaknya variabel probabilistik (tidak pasti) yang bersifat random. Sebagai contoh, rumah sakit tidak bisa memprediksi berapa jumlah pasien yang akan datang, jenis perawatan yang akan diambil, sistem pembayaran yang digunakan, apakah akan rawat inap atau rawat jalan, kapan pasien akan sembuh atau bahkan meninggal. Contoh permasalahan ketidakpastian tersebut akan mempengaruhi keputusan yang harus diambil didalam sistem rumah sakit, seperti kapasitas ruang inap, persediaan obat dan peralatan kesehatan, jumlah sumber daya manusia (dokter, perawat, dan tenaga lainnya), energi, sampai area rumah sakit dan hal lainnya.

Kesalahan dalam pengambilan keputusan dan kebijakan akan mempengaruhi keadaan pasien dan mempengaruhi citra rumah sakit dalam memberikan pelayanan kepada pasien. Rumah sakit yang tidak tepat dalam menentukan berapa jumlah *server* (dokter, perawat, resepsionis, kasir dan lain lain) akan menimbulkan panjangnya antrian pasien yang seharusnya cepat mendapat penanganan. Dalam hal penyediaan layanan rawat inap, rumah sakit juga sering kali tidak dapat memenuhi permintaan pasien dikarenakan keterbatasan ruangan. Permasalahan lain juga terjadi pada bagian farmasi yang kehabisan persediaan obat atau peralatan dan bahan habis pakai untuk pasien.

Agar sistem rumah sakit berjalan dengan baik untuk mencapai tujuan maka perlu

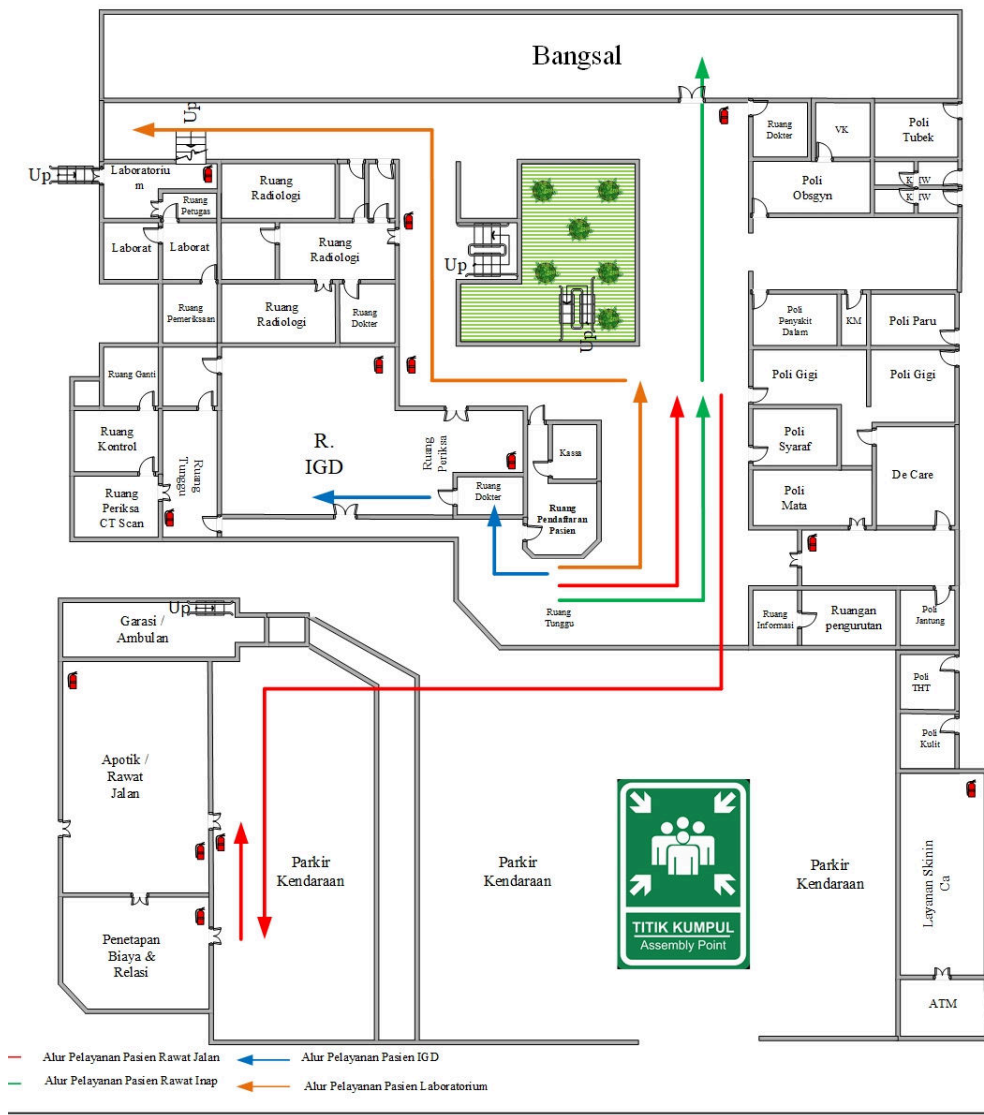
dilakukan analisis pada berbagai aspek permasalahan dengan variabel probabilistik tersebut. Rumah sakit harus memiliki sebuah sistem pendukung keputusan yang dapat mengakomodir berbagai macam *trade off* yang muncul dari keputusan yang diambil. Sistem pendukung keputusan ini juga haruslah sebuah alat yang dapat dengan mudah diimplementasikan, dibaca dan peka terhadap perubahan asumsi. Tidak dipungkiri bahwa semakin hari semakin bervariasi perubahan pada variabel didalam rumah sakit, seperti keluhan pasien, kebijakan pemerintah, perkembangan teknologi, ilmu pengobatan dan semakin banyaknya pusat pelayanan kesehatan lain.

Salah satu alat yang dapat dikembangkan sebagai sebuah sistem pendukung keputusan yang mudah diimplentasikan, dibaca dan peka terhadap perubahan asumsi adalah simulasi. Simulasi merupakan alat penyelesaian masalah didalam sistem dengan cara membuat tiruan atau imitasi dari sistem dan melakukan perbaikan pada model simulasi tanpa mengganggu sistem nyatanya. Dengan menggunakan simulasi, permasalahan tidak hanya dipandang pada satu sisi atau parsial saja namun lebih luas karena melibatkan berbagai komponen didalam sistem. Penelitian ini akan mencoba menyusun sebuah studi pendahuluan tentang aplikasi simulasi sebagai alat pendukung keputusan pada permasalahan di rumah sakit atau sistem pelayanan kesehatan lainnya.

2. Sistem Rumah Sakit

Proses pengumpulan data tentang aplikasi simulasi di rumah sakit dilakukan dengan dua metode yaitu observasi langsung pada salah satu rumah sakit yang ada di Yogyakarta dan studi literatur pada penelitian terdahulu. Observasi dilakukan melalui pengamatan secara langsung, wawancara pada pihak rumah sakit dan pengambilan data sekunder jika diperlukan. Observasi dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi didalam sistem. Permasalahan yang terjadi kemudian akan dilakukan konfirmasi pada literatur yang sesuai dengan permasalahan yang dihadapi pada sistem nyata. Observasi dilakukan pada masing-masing bagian rumah sakit. Layout rumah sakit yang digunakan sebagai objek penelitian sesuai pada Gambar 1. Layout dibuat untuk memudahkan dalam memetakan permasalahan di rumah sakit. Dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa rumah sakit yang menjadi objek penelitian memiliki bagian-bagian selayaknya rumah sakit pada umumnya.

Aktifitas yang terjadi didalam rumah sakit antara lain adalah kedatangan dan kepulangan pasien, pendaftaran, pemeriksaan, pembayaran, pengambilan obat, pasien rawat inap, pemeriksaan laboratorium dsb. Berdasarkan hasil observasi secara langsung terdapat beberapa kendala yang terjadi antara lain banyaknya pasien yang menunggu atau mengantri, terjadi *bottleneck* pada beberapa aktifitas, adanya alur pelayanan yang tidak teratur, ruang instalasi gawat darurat yang penuh, ruang tunggu yang tidak cukup menampung pasien sehingga harus ada yang berdiri, dan tata letak kursi tunggu yang tidak terpusat namun di lorong sehingga mengganggu jalannya transportasi rumah sakit. Selain observasi, hasil wawancara dan pengambilan data sekunder mendapatkan hasil bahwa terdapat beberapa permasalahan di rumah sakit yang sering terjadi diantaranya adalah terjadi kekurangan kapasitas pada bagian IGD dan ICU, kamar rawat inap yang penuh sehingga tidak dapat menampung pasien sehingga terjadi antrian pasien untuk mendapatkan kamar, persediaan obat yang tidak sesuai, serta pengalokasian jumlah tenaga kerja yang belum optimal sehingga sering terjadi komplain pelayanan oleh pasien.



Gambar 1. Layout rumah sakit yang menjadi objek penelitian

Berdasarkan pada uraian diatas maka permasalahan rumah sakit dapat dikelompokkan menjadi beberapa bagian yaitu 1.) pelayanan rumah sakit 2.) alokasi tenaga kerja (perawat) 3.) kapasitas dan jumlah ruang/kamar dan 4.) persediaan obat.

3. Simulasi Sistem Diskret

Simulasi didefinisikan sebagai aplikasi untuk menirukan atau merepresentasikan perilaku dari suatu sistem nyata, yang biasanya dilakukan pada komputer dengan menggunakan perangkat lunak tertentu [1]. Simulasi kejadian diskrit atau yang dikenal dengan singkatan DES (*Discrete Event Simulation*) merupakan suatu pendekatan simulasi dimana perubahan status pada model simulasi terjadi pada titik-titik diskrit tertentu pada suatu waktu yang dipicu oleh suatu kejadian tertentu [2]. Pengembangan model DES umumnya menggunakan bantuan *software*. Namun, pengembangan model lebih dari sekedar mengetahui bagaimana menggunakan *software* simulasi. Kunci pengembangan model dalam simulasi terdiri dari 4 (empat) aspek yaitu problem dalam dunia nyata yang dijadikan obyek, model konseptual, model komputer (simulasi), dan solusi atau pemahaman yang dihasilkan [2]. Suryani [3] menjelaskan bahwa dalam melakukan simulasi terdapat beberapa langkah yang perlu dilakukan diantaranya sebagai berikut; 1.) Pendefinisian system, 2.) Formulasi

model, 3.) Pengambilan data, 4.) Pembuatan model, 5.) Verifikasi model, 6.) Validasi model, 7.) Skenarioisasi, dan 8.) Interpretasi model.

DES merupakan salah satu metodologi dan model dari penelitian operasi yang memungkinkan para pengambil keputusan untuk mengevaluasi efisiensi dari sebuah sistem dengan menjawab pertanyaan “bagaimana jika?”. Misalnya, pada permasalahan di rumah sakit, DES dapat digunakan untuk memprediksi atau meramalkan dampak dari perubahan alur pelayanan, penentuan alokasi aset (baik manusia maupun barang), juga untuk menginvestigasi dan menganalisis kompleksitas antar variabel [4]. Gaba [5] mengatakan bahwa simulasi adalah sebuah teknik untuk memperkuat pengalaman yang nyata yang dapat mereplikasi aspek substansial dari sistem nyata dengan cukup interaktif. Simulasi di rumah sakit atau pelayanan kesehatan tergantung dari komitmen dari pengambil keputusan untuk menjadikan hasil simulasi diimplementasikan di sistem.

4. DES di Rumah Sakit

Berdasarkan pada uraian sebelumnya, bahwa berdasarkan hasil observasi dan wawancara diketahui bahwa permasalahan yang terjadi di rumah sakit terbagi menjadi beberapa bagian yaitu 1.) pelayanan rumah sakit 2.) alokasi sumber daya manusia 3.) kapasitas dan jumlah ruang/kamar dan 4.) persediaan obat. Pada bagian ini akan dilakukan pembahasan tentang aplikasi DES pada permasalahan tersebut di rumah sakit.

1.) Pelayanan di rumah sakit

Permasalahan pelayanan di rumah sakit yang menjadi objek penelitian bermacam-macam. Dalam hubungannya dengan efektifitas dan efisiensi pelayanan rumah sakit adalah banyak sekali ditemukan pasien yang mengantri cukup lama. Antrian yang mengular ini juga mengakibatkan penggunaan ruang tunggu yang melebihi kapasitas. Selain itu, tidak adanya ruang mengantri yang khusus bagi masing-masing pelayanan, menyebabkan lorong-lorong rumah sakit menjadi penuh dan mengganggu lalu lintas di rumah sakit. Permasalahan lain adalah alur pelayanan yang kurang teratur dan area yang sempit sehingga membuat pasien harus kembali lagi ke proses sebelumnya. Pramita [6] melakukan sebuah penelitian di rumah sakit yang mempunyai permasalahan panjangnya antrian di sebuah poliklinik penyakit dalam. Simulasi dilakukan untuk mengetahui apakah sistem pendaftaran yang baru saja diterapkan oleh rumah sakit mempunyai pengaruh yang signifikan dalam mengurangi antrian. Berdasarkan simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan software ProModel 4.0 dapat diketahui bahwa sistem pendaftaran yang baru dapat mengurangi antrian secara signifikan. Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Febianti [7]. Dengan menggunakan bantuan software yang sama yaitu ProModel, Febianti mensimulasikan sistem pelayanan rumah sakit pada beberapa bagian poliklinik. Dengan membangkitkan beberapa alternatif, diperoleh alternatif penambahan loket, eliminasi aktifitas tidak penting dan penambahan papan penunjuk jalan untuk memudahkan pasien terbukti dapat mengurangi antrian pasien. Serupa dengan penelitian sebelumnya, Kharismawati [8] berusaha menghilangkan antrian pada pasien khusus BPJS yang selama ini dikenal mempunyai birokrasi yang cukup rumit. Simulasi yang dilakukan adalah untuk membuktikan hasil implementasi konsep lean pada rumah sakit tersebut, dengan menggunakan bantuan software ProModel. Berbeda dengan penelitian tentang pelayanan sebelumnya, Widiatama [9] mensimulasikan alur pelayanan di rumah sakit. Dikarenakan banyaknya aktifitas pasien di rumah sakit, dimulai dari pendaftaran sampai pembayaran, membuat alur pelayanan menjadi rumit jika tidak diatur sedemikian rupa. Penelitian Widiatama mengusulkan beberapa

alternatif perbaikan alur untuk mempermudah pasien dan membuat sistem lebih efisien.

2.) Alokasi Tenaga Kerja (Perawat)

Permasalahan lain yang ada di rumah sakit yang menjadi objek penelitian adalah pembagian jumlah tenaga kerja, dalam hal ini perawat. Selayaknya rumah sakit pada umumnya, setiap bangsal rumah sakit pasti memiliki perawat dengan aturan shift setiap harinya. Masing-masing jenis bangsal memiliki karakteristik sendiri-sendiri. Tugas perawat yang tidak hanya merawat pasien namun juga permasalahan administrasi bangsal membuat alokasi perawat dimasing-masing bangsal harus optimal untuk menghindari keluhan pasien dan kelancaran jalannya perawatan pasien. Sarno dan Nenni [10] melakukan penelitian untuk merencanakan jumlah perawat harian pada bangsal di rumah sakit. Penelitian yang dilakukan dengan bantuan *software* simulasi fleksim ini mengusulkan bahwa akan lebih baik jika rumah sakit mempunyai manajemen alokasi perawat yang fleksibel. Dimana jumlah perawat disesuaikan dengan keadaan pasien yang masing-masing memiliki kebutuhan dan alur yang berbeda. Dengan menggunakan model simulasi yang telah dibangun, dapat dilakukan percobaan kebutuhan perawat pada beberapa kondisi yang berbeda.

3.) Kapasitas dan jumlah ruang/kamar

Berdasarkan hasil wawancara dan pengecekan data sekunder, diketahui bahwa beberapa kali rumah sakit terpaksa menolak atau memindahkan kelas rawat inap bagi pasien dikarenakan kamar/ruang yang penuh. Selain kapasitas kamar untuk rawat inap, permasalahan lain adalah kapasitas ruang ICU dan IGD di rumah sakit yang beberapa kali penuh sehingga tidak dapat menampung pasien. Pengembangan model simulasi untuk kapasitas ruang ICU pernah dilakukan oleh Hasibuan dan Bintang [11]. Penelitian tersebut memperhatikan pola kedatangan pasien didalam ruang ICU, ada yang berasal dari IGD, bangsal, Poli dan ruang bedah atau operasi. Penelitian ini mengasumsikan bahwa *bed* sebagai *server* yang akan mengolah masukan yaitu pasien. Dengan juga mempertimbangan biaya yang dikeluarkan, simulasi dengan bantuan *software* Arena ini memberikan usulan jumlah *bed* yang optimal berdasarkan alternatif yang ditawarkan. Daniels [12] menggunakan simulasi sebagai alat untuk memprediksi ketersediaan *bed* di rumah sakit sampai 2 (dua) hari kedepan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa simulasi dapat digunakan untuk memprediksi ketersediaan *bed* untuk jangka pendek, dengan catatan data dari pihak rumah sakit tersedia dan akurat.

4.) Persediaan Obat

Pada dasarnya permasalahan persediaan di rumah sakit tidak hanya tentang persediaan obat, namun obat menjadi sebuah entitas vital bagi pasien di rumah sakit. Sehingga, fokus permasalahan persediaan adalah pada obat. Hal ini juga terjadi di rumah sakit yang menjadi objek penelitian. Sering kali rumah sakit mengalami kekurangan persediaan obat sehingga pasien harus membeli diluar rumah sakit. Wirdiyanto [13] menggunakan simulasi untuk membandingkan beberapa sistem persediaan yang diusulkan untuk diimplementasikan. Masing-masing usulan sistem persediaan dipilih berdasarkan pada tingkat service level yang tinggi dan biaya yang dibutuhkan.

5. Kesimpulan

Simulasi mempunyai beberapa fungsi diantaranya sebagai alat untuk merancang, mengevaluasi, memprediksi, serta mencari jawaban terbaik dari beberapa alternatif. Pada permasalahan di sistem rumah sakit dapat diketahui bahwa simulasi dapat diaplikasikan untuk menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan peningkatan performansi rumah sakit agar efektif dan efisien. Penelitian selanjutnya akan mengusulkan untuk membangun sebuah model simulasi sistem di rumah sakit yang menjadi objek penelitian yang tidak hanya menyelesaikan permasalahan secara parsial namun secara menyeluruh sehingga dapat dicapai sistem rumah sakit yang efektif dan efisien.

Daftar Pustaka

- [1] Law, A. M., Kelton, W. D., & Kelton, W. D. (2000). Simulation modeling and analysis (Vol. 3). New York: McGraw-Hill.
- [2] N. Siswanto., E. Latiffianti., & E. Wiranto, Stefanus. (2017). Simulasi Sistem Diskrit. Its Tekno Sains. Surabaya
- [3] Suryani, E. (2006). Pemodelan & Simulasi. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [4] Jun, J. B., Jacobson, S. H., & Swisher, J. R. (1999). Application of discrete-event simulation in health care clinics: A survey. *Journal of the operational research society*, 50(2), 109-123.
- [5] Gaba, D. M. (2004). The future vision of simulation in health care. *BMJ Quality & Safety*, 13(suppl 1), i2-i10.
- [6] Sari, D. P., & Asih, A. M. S. (2017). Simulasi Antrian Untuk Appointment Scheduling Pada Sistem Pelayanankesehatan (Studi Kasus Poliklinik Penyakit Dalam). *Jurnal Teknosains*, 5(1), 49-60.
- [7] Febianti, E., Muharni, Y., & Mustikawati, E. A. (2018). Pendekatan Lean Healthcare Dan Simulasi Untuk Meminimasi Waktu Pelayanan Rawat Jalan Di RSUD X. *Jurnal Industrial Servicess*, 4(1).
- [8] Kharismawati, A., & Herliansyah, M. K. (2016). Implementasi lean healthcare pada pasien bpjs rawat jalan di rumah sakit bethesda yogyakarta. In *Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gajah Mada* (pp. 408-417).
- [9] Widiatama, Y. (2018). Simulasi Perbaikan Alur Pelayanan Pasien Rawat Jalan Dengan Pendekatan Lean Hospital Pada Rumah Sakit Umum (RSU) Kabupaten Tangerang. *JITMI (Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri)*, 1(1), 37-49.
- [10] Sarno, D., & Nenni, M. E. (2016). Daily nurse requirements planning based on simulation of patient flows. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 28(3), 526-549.
- [11] Hasibuan, A., & Bintang, M. (2005). Pengembangan Model Simulasi Untuk Perencanaan Kapasitas Unit Perawatan Intensif (ICU).
- [12] Daniels, M. J. (2004). Forecasting hospital bed availability using computer simulation and neural networks.
- [13] Wirdianto, E., Syaflinda, M., & Milana, M. (2019). Evaluasi Model Perencanaan Persediaan Obat dengan Pendekatan Simulasi. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, 19(1), 53-66.

MECHANICAL PROPERTIES OF TENSILE AND BENDING STRENGTH ANALYSIS IN BIOCOMPOSITE [SAGOO/PMMA] MATERIAL

Ibnu Abdul Rosid¹⁾, Ikbal Rizki Putra²⁾, Alva Edy Tontowi³⁾

Jurusan Teknik Industri, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik,
Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No. 2, Yogyakarta 55281, Indonesia
Email : ¹⁾Ibnu.abdul.r@mail.ugm.ac.id

Abstract

Biocomposite material is a common material used in biomedical application. One of medical problems related to bone restoration which caused by accidents and injuries resulted in fracture bone parts. Biocomposite (Sagoo/PMMA) is being developed as a solution to solve that particular problem. In current research, tensile and flexural strength of sagoo/PMMA is tested and examined. There are correlation between value of tensile strength, value of bending strength, and curing time, with maximum tensile strength and bending strength were achieved by curing the specimen for 12 hours, with the maximum value of tensile strength is 3,337 MPa, and the maximum flexural is 2,653 MPa. The minimum tensile strength was achieved by curing the specimen for 6 hours with minimum value of tensile strength is 1,502 MPa, while the minimum flexural was acquired at curing time for 24 hours with minimum of bending strength is 0,536 MPa.

Keywords: *biocomposite, tensile strength, bending strength, curing time*

1. Pendahuluan

Salah satu tantangan dalam bidang medis adalah berkaitan dengan restorasi tulang manusia yang disebabkan karena trauma atau keadaan lain yang mengakibatkan hilangnya sebagian atau keseluruhan tulang ^[1], untuk menangani permasalahan tersebut dikembangkan berbagai solusi dalam ilmu rekayasa jaringan (*tissue engineering*), sebagai salah satu dalam bidang kajian rekayasa jaringan ^[2]. Komposit tersusun dari matriks dan penguat unsur utama, matriks digunakan sebagai penguat serta pelindung serat dalam komposit, matriks diperlukan untuk meneruskan beban eksternal dalam serat ^[3]. Material biokomposit [Sagu/PMMA] dikembangkan untuk sebagai alternatif dalam menangani permasalahan tersebut. Material biokomposit [Sagu/PMMA] menggunakan campuran perbandingan Sagu dan *polymethyl methacrylate* (PMMA) 1:1 dengan tambahan *methyl methacrylate* sebesar 50% dari massa PMMA yang digunakan. Adapun pada material tersebut ^[2] belum dilakukan uji properti mekanik, sehingga pada penelitian ini membahas mengenai uji properti mekanik material biokomposit sagu dan PMMA berupa pengujian tarik dan pengujian *bending* untuk mendapatkan informasi mengenai properti mekanik material biokomposit [Sagu/PMMA].

2. Metodologi Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Bioceramic Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Penelitian berbasiskan analisis properti mekanik material biokomposit [Sagu/PMMA] dilakukan agar mendapatkan sifat-sifat mekanik dari material atau spesimen tersebut, hal tersebut dilakukan untuk mengetahui bagaimana kemampuan mekanik dari material biokomposit [Sagu/PMMA] sehingga proyeksi penggunaan material

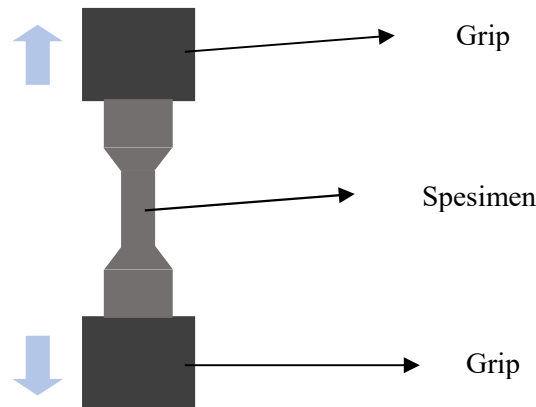
dapat diperhitungkan agar perbaikan dapat dilakukan terkait properti mekanik pada material tersebut.

Proses pembuatan material biokomposit dilakukan dengan cara mencampurkan material sagu dengan PMMA sebesar 1:1, kemudian ditambahkan aquades sebesar 25% dari berat PMMA, air cuka sebesar 25% dari berat PMMA, dan gliserin 25% dari berat PMMA, kemudian diaduk dengan menggunakan *stirrer* selama 30 menit dalam suhu ruang, kemudian suhu dinaikkan sampai 50°C hingga campuran mengental. Setelah campuran mengental, kemudian dicampurkan MMA sebesar 50% dari berat PMMA, lalu campuran diaduk hingga tercampur merata. Spesimen uji tarik dan bending dibuat dengan menggunakan cetakan yang sesuai dengan ASTM. Pada uji tarik menggunakan standard ASTM D628, sedangkan uji *bending* menggunakan ASTM D790. Spesimen kemudian berikan *treatmen* berupa pemanasan (*curing*) dalam beberapa variabel pengujian, yaitu dalam durasi 6 jam, 12 jam, dan 24 jam yang dilakukan di dalam inkubator. Kemudian dilakukan proses pengujian tarik dan *bending* menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) HT-2402 2000 kN yang dimiliki oleh Laboratorium Bioceramic Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada.



Gambar 1. Universal Testing Machine (UTM)

Proses uji kekuatan tarik dilakukan dengan cara memberikan gaya tarik pada spesimen yang dilakukan secara perlahan, hingga spesimen tersebut putus, pada pengujian tarik akan dilakukan pengukuran mengenai perpanjangan, batas mulur, kekuatan tarik, dan lain sebagainya^[4]. Skema uji tarik dijelaskan pada gambar 2.



Gambar 2. Skema pengujian tarik

Kekuatan tarik diperlukan untuk melengkapi informasi yang diperlukan dari spesimen atau material yang diuji. Berikut adalah persamaan untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik ^[5]

$$\sigma = P/A_0$$

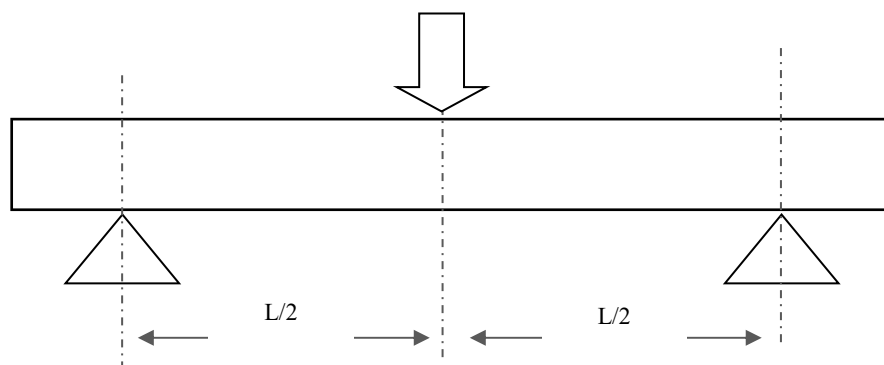
Keterangan :

σ = Tegangan tarik

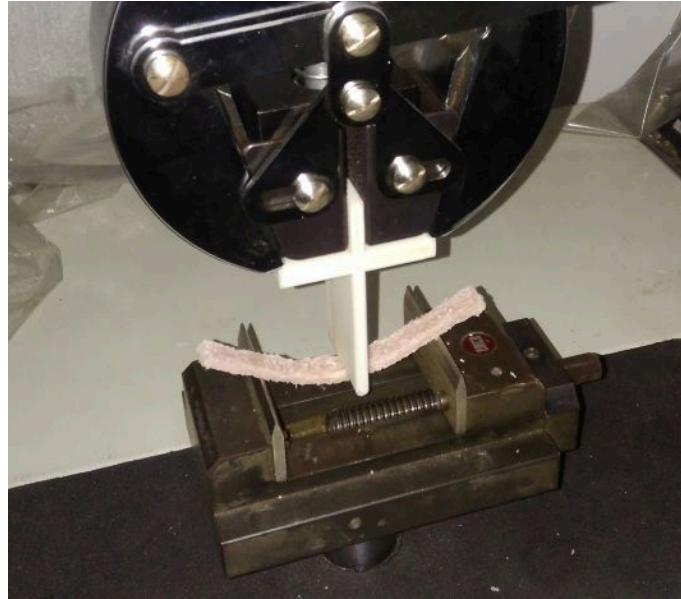
P = Beban yang diberikan

A_0 = Luas penampang spesimen

Proses uji *bending* digambarkan pada gambar 3. Proses *bending* dilakukan pada spesimen dengan memberikan gaya pada titik tengah spesimen. Kekuatan *bending* maksimal pada metode *three points bending* ^[3]. Pada gambar 3 skema uji *bending* menggunakan metode *three points bending*, gaya diberikan pada sumbu tengah spesimen, dengan memberikan dua dukungan untuk menahan gaya tekan utama. Sehingga terjadi gaya tekan pada titik tengah spesimen.

Gambar 3. Skema pengujian *bending* (Saduk & Niron, 2017)

Proses uji bending digambarkan pada gambar 4, dimana proses uji tekan spesimen dilakukan dengan menggunakan mesin UTM dengan menggunakan metode *three points bending*.



Gambar 4. Proses uji *bending* menggunakan mesin UTM

3. Pembahasan

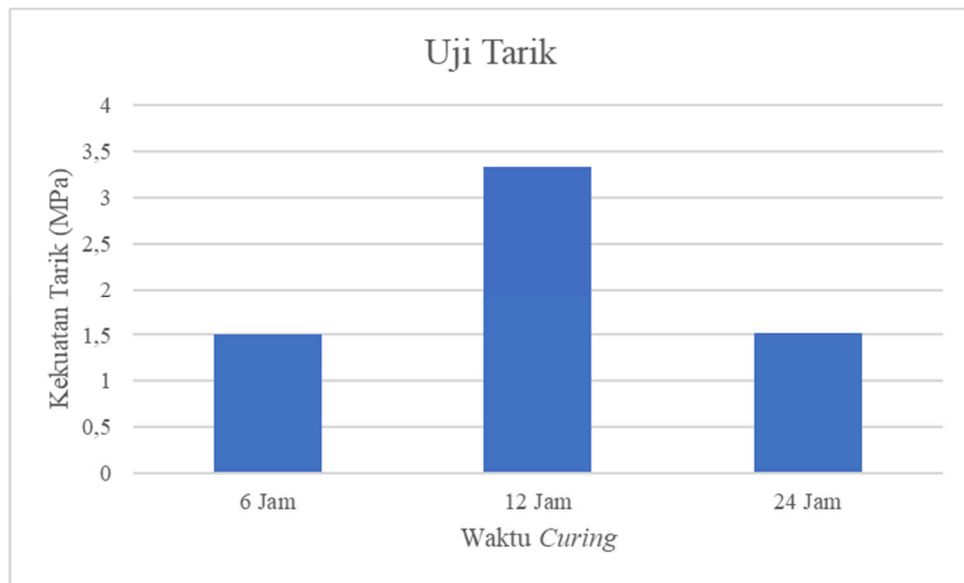
3.1. Uji Tarik

Hasil pengujian kekuatan tarik material biokomposit [Sagu/PMMA] dengan perbandingan Sagu dan PMMA sebesar 1:1 dilakukan dengan menggunakan variabel waktu *curing* selama 6 jam, 12 jam, dan 24 jam. Hasil dari pengujian yang dilakukan didapatkan hasil kekuatan tarik seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji tarik

Waktu <i>Curing</i>	Kekuatan Tarik (MPa)
6 Jam	1,502
12 Jam	3,337
24 Jam	1,520

Pada tabel 1 didapatkan nilai kekuatan tarik dengan waktu *curing* selama 6 jam, 12 jam, dan 24 jam. Pada tabel tersebut didapatkan nilai kuat tarik terbesar pada perlakuan lama waktu *curing* spesimen selama 12 jam, sedangkan nilai kekuatan tarik terkecil pada waktu *curing* selama 6 jam. Pada gambar 4 didapatkan grafik hasil uji tarik, pada grafik tersebut didapatkan kenaikan kekuatan tarik antara waktu *curing* 6 jam hingga 12 jam, sedangkan perlakuan waktu *curing* selama 24 jam mengalami penurunan kekuatan tarik spesimen.



Gambar 4. Grafik hasil uji tarik

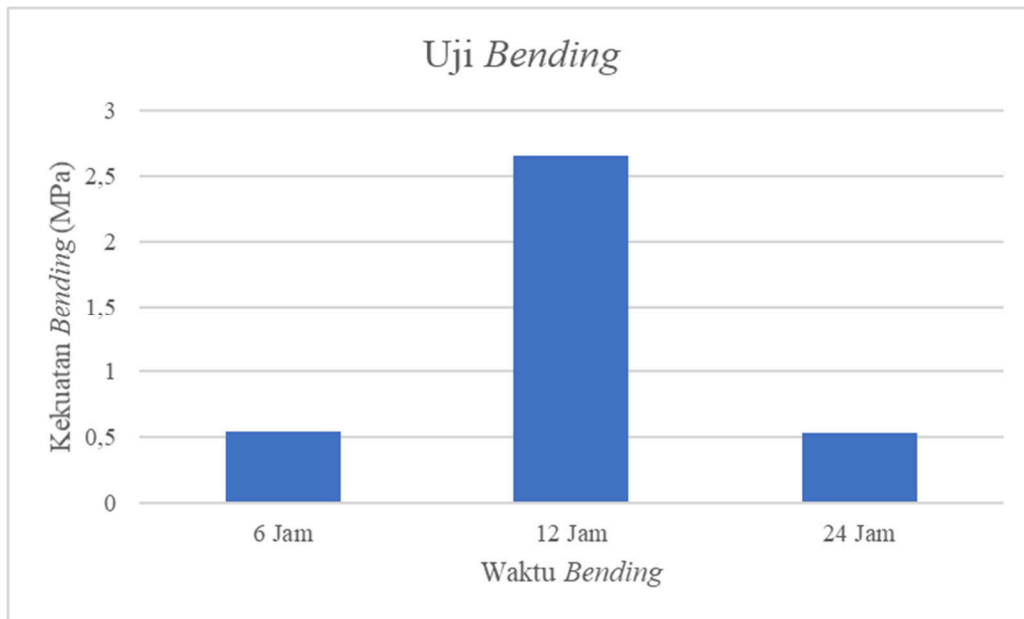
3.2. Uji Bending

Hasil pengujian *bending* material biokomposit [Sagu/PMMA] dengan perbandingan komposisi Sagu dengan PMMA sebesar 1:1 menggunakan lama waktu *curing* atau pemanasan selama 6 jam, 12 jam, dan 24 jam dijelaskan pada tabel 2, dimana didapatkan hasil kekuatan *bending* yang bervariasi.

Tabel 2 Hasil uji *bending*

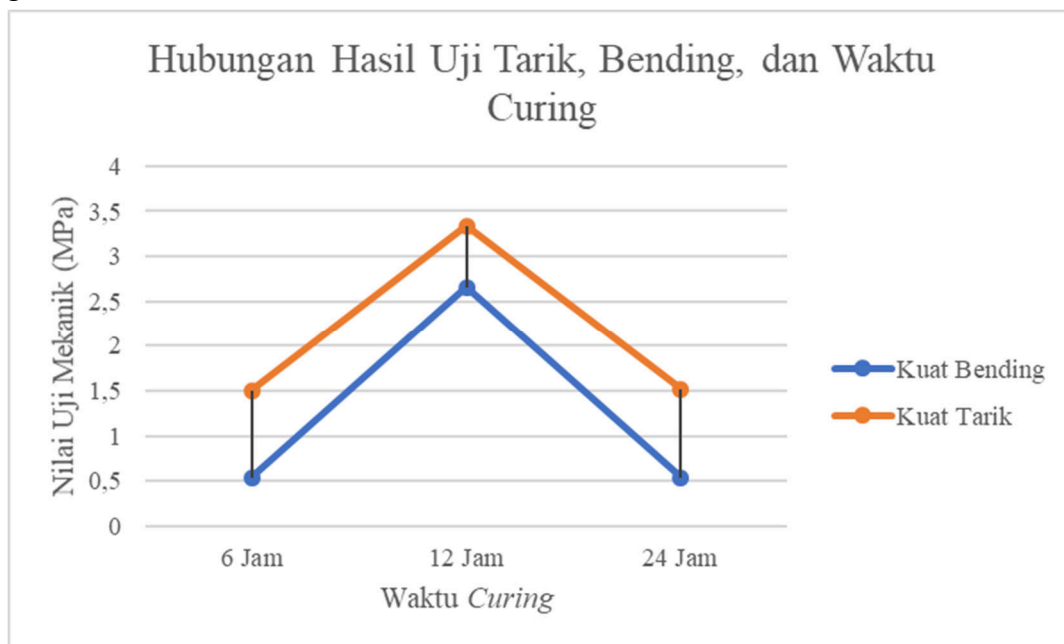
Waktu Curing	Kekuatan Bending (MPa)
6 Jam	0,540
12 Jam	2,653
24 Jam	0,536

Dari data pada tabel 2 didapatkan nilai kekuatan *flexural* tertinggi pada spesimen dengan perlakuan durasi *curing* selama 12 jam, sedangkan waktu *curing* 6 jam memiliki nilai kekuatan bending terkecil.



Gambar 5. Grafik hasil uji *bending*

Dari hasil pengujian tarik didapatkan nilai terbesar pada lama perlakuan waktu *curing* selama 12 jam dan memiliki nilai kekuatan tarik terkecil pada perlakuan waktu *curing* selama 6 jam, sedangkan pada pengujian *bending* didapatkan nilai kuat *bending* terbesar pada waktu *curing* selama 12 jam dan nilai bending terkecil pada waktu *curing* 24 jam yang dapat dijelaskan pada gambar 6.



Gambar 6. Hubungan hasil uji tarik, bending, dan waktu *curing*

4. Kesimpulan

Pada penelitian mengenai pengujian properti mekanik berupa uji *bending* dan uji tarik material biokomposit [Sagu/PMMA] dengan waktu *curing* selama 6 jam, 12 jam, dan 24 jam, didapatkan kesimpulan yaitu terdapat korelasi antara perlakuan durasi pemanasan atau *curing* pada spesimen material biokomposit [Sagu/PMMA] terhadap kekuatan tarik dan kekuatan

bending, yaitu hasil pengujian tarik dan *bending* terbesar pada waktu *curing* selama 12 jam dengan nilai kuat tarik terbesar sebesar 3,337 MPa dan nilai kuat *bending* terbesar 2,653 MPa. Sedangkan nilai kuat tarik terendah didapatkan pada perlakuan waktu *curing* selama 6 jam dan nilai kuat *bending* terendah didapatkan pada perlakuan waktu *curing* selama 24 jam.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Hibah Penelitian Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta 2018.

Daftar Pustaka

- [1] Taufik, A., Zuhan, A., & Kusdaryono, S. (2017). Karakterisasi hydroxyapatite alami yang dibuat dari tulang sapi dan cangkang telur sebagai bahan untuk donor tulang (bone graft). *Jurnal Kedokteran UNRAM*, 6(1), pp. 9–13.
- [2] Putra, Ikbil Rizki & Tontowi, Alva Edy. (2019, Februari). Properti Mekanik Material [Sagu/PMMA] “3D-Printabel”. In *Conference SENIATI 2019*, pp. 320-323
- [3] Widhiarta, I Gede, Sari, Nasmi Herlina, & Sujita, (2012). Study Kekuatan Bending Dan Struktur Mikro Komposit Polyethylene Yang Diperkuat Oleh Hybrid Serat Sisal Dan Karung Goni. *Dinamika Teknik Mesin*, 2(2), pp. 92-99.
- [4] Kurniawan, Ary Setya, & Solichin, Puspitasari, Rr. Poppy. (2014). Analisis Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja St.41 Akibat Perbedaan Ayunan Elektroda Pengelasan SMAW. *Jurnal Teknik Mesin*, 22(2), pp. 1-12.
- [5] Lesmanah, Unung, Masyahyo, Eko, & Vitasari, Prima. (2013). Optimasi Sifat Mekanis Kekuatan Tarik Baja St 50 Dengan Perlakuan Gas Carburizing Variasi Holding Time Untuk Peningkatan Mutu Baja Standar Uji Astm A370. *Jurnal Mekanikal*, 4(2), pp. 366-375.
- [6] Saduk, Mesiani & Niron, Fransisko Piri. (2017). Analisis Kekuatan Bending Dan Kekuatan Impact Komposit Epoxy Diperkuat Serat Pelepah Lontar. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 8(3), pp. 121-127.

PERFORMANCE OF THE 3 BLADES HORIZONTAL SAVONIUS WATER WHEEL WITH VARIATION OF ANGLE DEFLECTOR

Daniel Wibowo¹⁾, Dwiseno Wihadi²⁾, Martanto³⁾, Tjendro, Ronny A.⁴⁾

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma
Jl. Paingan, Maguwoharjo, Depok, Krodan, Maguwoharjo, Kec. Depok, Kabupaten Sleman,
Daerah Istimewa Yogyakarta 55281
Email: ¹danielsongkleng97@gmail.com

Abstarct

In Indonesia the needs toward energy has been increasing. Therefore, eco-friendly renewable energy becomes an alternative power source. In relation to the idea, within the conduct of the experimental study the researcher designed a Savonius-type waterwheel with horizontal axis and the waterwheel was tested in the river stream. Then, within the design the researcher applied one waterflow regulator with the angle variation 30°, 45° and 60°. The study was conducted on river flow with a flow velocity of $\pm 0.6 \text{ m/s}$. the result is the addition of the deflector angle affects the ability to support the load, the maximum wheel efficiency (C_p) of 0.57.

Keywords: *Savonius, waterwheel, C_p*

1. Pendahuluan

Sebagai negara berkembang, kebutuhan akan energi di Indonesia semakin meningkat. Kebutuhan listrik di Indonesia diperkirakan dapat tumbuh rata-rata 6,0% per tahun hingga tahun 2020 (Outlook Energi Indonesia 2018), maka pemanfaatan sumber energi terbarukan sebagai pembangkit listrik harus dikembangkan. Sebagaimana yang telah diketahui bahwa persediaan sumber energi minyak bumi, gas alam dan batu bara sangat terbatas, apabila secara terus menerus digunakan maka suatu saat sumber energi tersebut akan habis dan diperlukan waktu yang cukup lama supaya alam dapat kembali menyediakan energi fosil tersebut, di samping itu juga kecenderungan melonjaknya harga sumber energi tersebut [1].

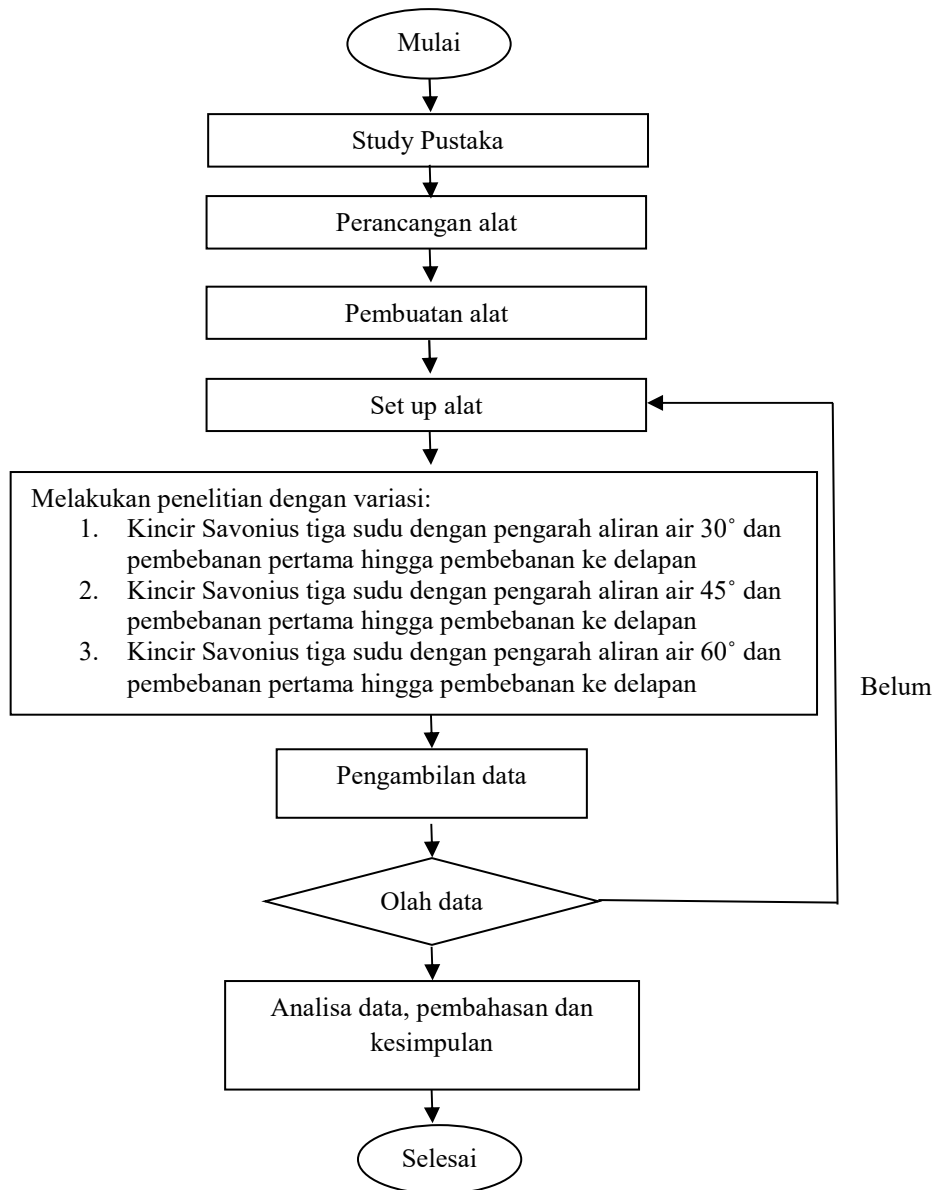
Indonesia sebenarnya banyak memiliki sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai penghasil energi listrik [2], contohnya seperti energi surya, energi air, energi panas bumi dan lainnya. Selain untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pemanfaatan energi tersebut lestari dan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan energi fosil. Secara nasional, ketersediaan air di Indonesia mencapai 694 milyar meter kubik per tahun yang dapat dimanfaatkan. Namun faktanya saat ini baru sekitar 23 persen yang telah dimanfaatkan. Dari 23 persen tersebut hanya sekitar 20 persen yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan kota dan industri, selebihnya 80 persen dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi [3].

Oleh karena itu, energi terbarukan yang ramah lingkungan menjadi pilihan. Potensi air sebagai sumber energi terutama digunakan sebagai penyedia energi listrik melalui pembangkit listrik tenaga air, mikrohidro, maupun pikohidro. Pemanfaatan energi air pada dasarnya adalah pemanfaatan energi potensial dan atau kinetik. Energi mekanik pada aliran air merupakan transformasi dari energi potensial (kinetik) yang dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin atau kincir [4]. Secara umum, kincir atau turbin air dapat diterapkan pada aliran air manapun dengan volume cukup. Melalui aliran air yang bebas dari sungai, danau dan saluran irigasi dapat di jadikan sumber energi terbarukan yang memiliki potensi cukup untuk dapat menghasilkan energi listrik.

Kincir air yang umum digunakan adalah kincir air jenis *Savonius*. Kincir ini menjadi pilihan karena dengan luas aliran yang sempit dan kecepatan aliran yang rendah pun mampu menghasilkan energi [5], dan kincir ini dapat bekerja tanpa bantuan tenaga dari luar. Selain itu kincir ini memiliki disain yang sederhana dan murah untuk di produksi [6,7,8].

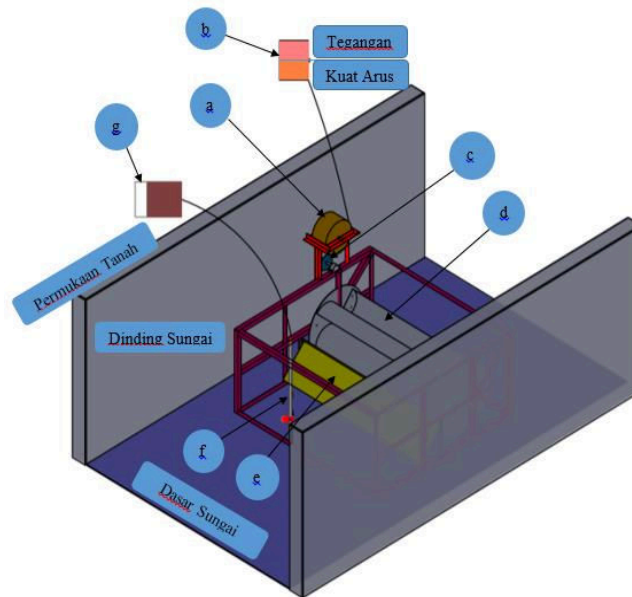
Penelitian ini pada dasarnya mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Prawira. Dalam penelitian digunakan kincir air Savonius sudu dua dengan poros horizontal dengan konfigurasi sudut pengarah aliran air 30° , 45° dan 60° . Hasil penelitian tersebut menunjukkan peningkatan daya output terjadi pada sudut 45° dan 60° . Jadi, peneliti mencoba menggunakan kincir air Savonius sudu tiga dengan poros horizontal konfigurasi sudut pengarah aliran air yang sama sehingga mudah membandingkan daya output antara referensi dan yang dilakukan oleh peneliti.

2. Metodologi Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini, metode yang dipakai adalah metode eksperimen. Eksperimen ini akan dilakukan dengan membuat alat berupa kincir air tipe Savonius dengan poros horizontal yang nantinya diuji coba pada aliran sungai. Penelitian dilakukan pada aliran sungai yang dianggap stabil dengan kecepatan aliran $\pm 0,6$ m/s dengan menggunakan peralatan seperti terlihat pada Gambar 2. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah penggunaan sudut pengarah aliran air yang berbeda pada kincir air savonius akan menghasilkan perbedaan dalam hasil pada output daya. Dan proses persiapan materi hingga pengerjaan alat dan bahan dapat diketahui dengan menggunakan diagram alur dibawah ini (Gambar 1).

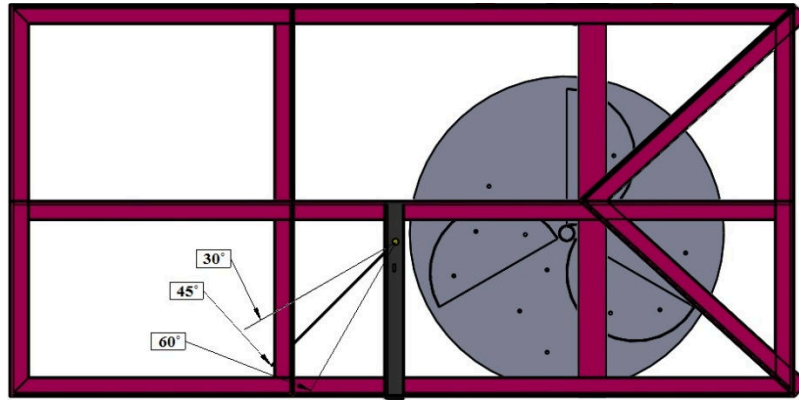


Gambar 2. Skema kincir air Savonius

Keterangan :

- a. Generator b. Multimeter
- c. Transmisi d. Sudu kincir
- e. Deflektor f. Tongkat ukur
- g. Current meter

Materi yang dipelajari adalah pengaruh pengarah aliran air terhadap performa kincir air Savonius [4]. Pengarah aliran air yang digunakan hanya 1 buah, yaitu pengarah aliran air pada bagian bawah kerangka kincir dengan variasi sudut 30° , 45° dan 60° (Gambar 3).



Gambar 3 : Rancangan Sudut Pengarah Aliran Air

Data yang diperoleh dari hasil pengujian kincir air Savonius selanjutnya diolah dan dianalisa. Adapun data-data yang akan diolah dan dianalisa yaitu sebagai berikut:

a. *Tip Speed Ratio* (λ)

Tip Speed Ratio (λ) atau TSR pada kincir air adalah rasio antara kecepatan rotasi pada ujung sudu dan kecepatan aktual dari aliran air yang akan kemudian berpengaruh terhadap kecepatan putar rotor (Hayashi et al., 2005). *Tip Speed Ratio* λ atau TSR dengan menggunakan untuk diameter rotor dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$TSR = \frac{\omega D}{2 U}$$

Keterangan :

U = Kecepatan aliran fluida

ω = Kecepatan sudut kincir

b. Daya air

Daya air adalah daya yang terdapat dalam aliran air yang dapat memutar kincir air. Daya air dapat dicari dengan persamaan :

$$Pa = 0,5 \rho A U^3$$

Keterangan :

ρ = Masa jenis air

c. Torsi

Menurut (Prawira, Y. E, 2019), rumus untuk mendapatkan torsi dapat diketahui dengan persamaan :

$$T = \frac{Pe}{\omega}$$

Keterangan :

Pe = Daya yang dihasilkan

r = Kecepatan sudut kincir

d. Koefisien Torsi (Cm)

Koefisien torsi adalah perbandingan antar nilai torsi pada kincir dengan nilai torsi yang terkandung pada aliran air yang menabrak kincir.

Nilai koefisien torsi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Cm = \frac{T}{\frac{1}{4}\rho A_s D U^3}$$

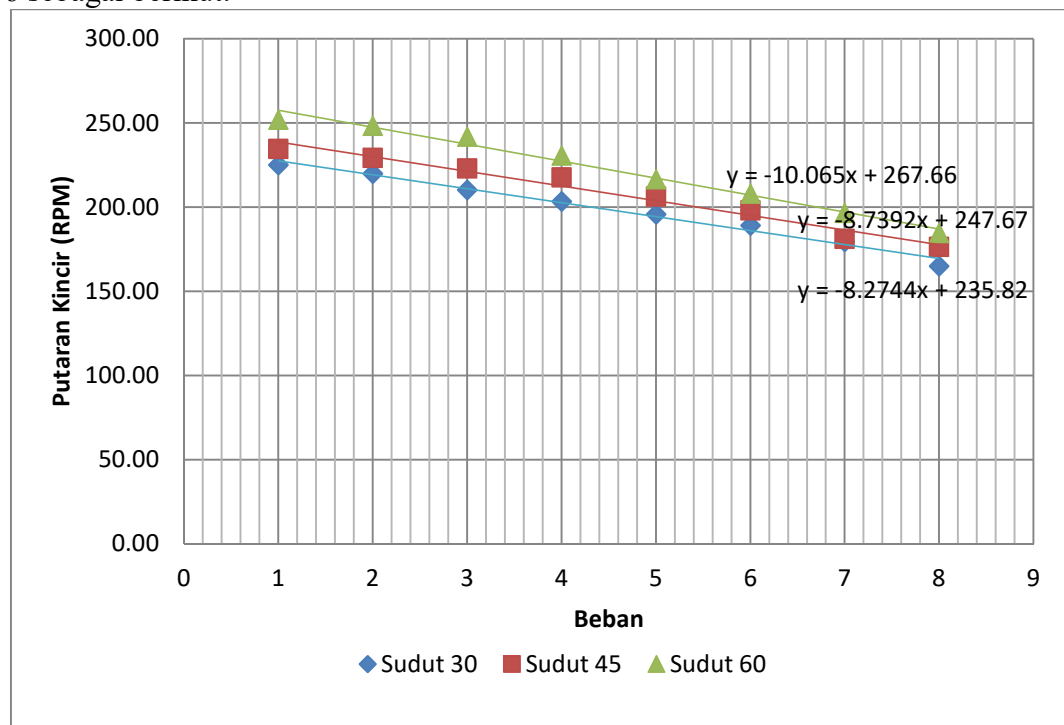
g. Koefisien Daya (Cp)

Koefisien daya adalah nilai perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh kincir air dengan daya yang dimiliki oleh air yang melewati kincir tersebut.

$$Cp = \frac{Pe}{Pa}$$

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil perhitungan dan pembahasan dalam penelitian mengenai varian pengaruh kincir air Savonius tiga sudu dengan pemasangan pengarah aliran air 30°, 45°, 60° pada aliran sungai dengan kecepatan aliran sekitar 0,6 m/s. Selanjutnya data tersebut diolah untuk didapatkan grafik perbandingan dari berbagai variasi sudut pengarah aliran air grafik Gambar 3 hingga Gambar 6 sebagai berikut.

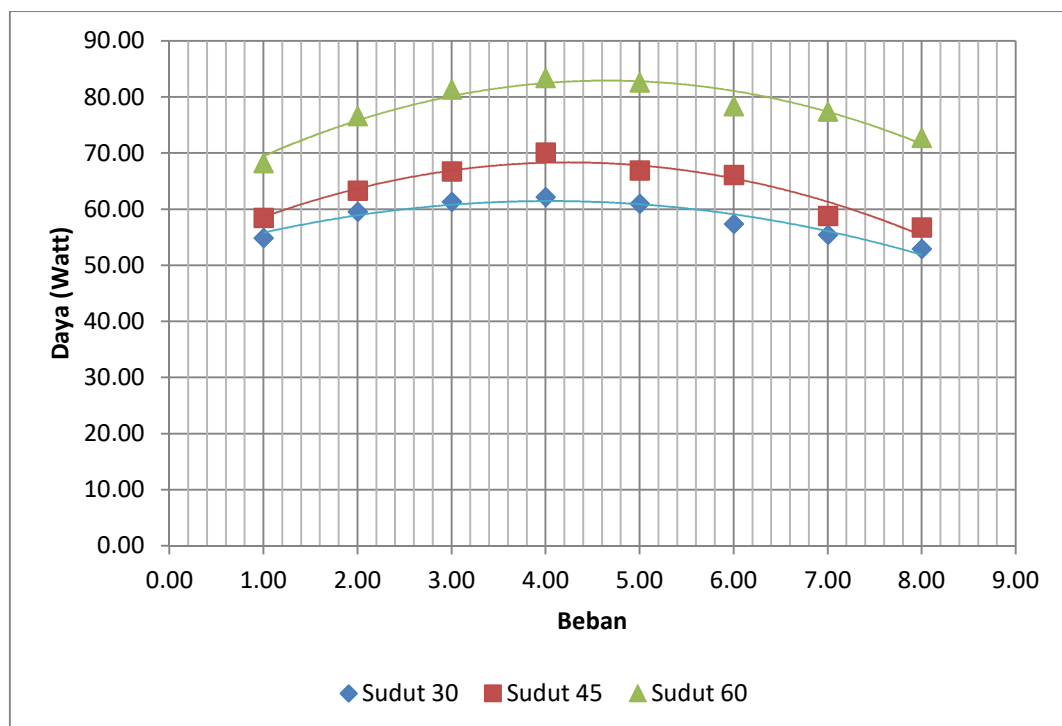


Gambar 3. Grafik hubungan pembebanan terhadap kecepatan putar kincir pada 3 variasi pengarah aliran air

Pada Gambar 3 di atas, diketahui bahwa pembebanan lampu berpengaruh terhadap kecepatan poros. Terlihat bahwa kecepatan poros kincir akan mengalami penurunan apabila diberi beban. Hal ini disebabkan pemberian beban akan meningkatkan gaya lawan pada generator yang selanjutnya ditransmisikan ke kincir. Pembebanan ini akan membuat poros kincir seperti mengalami pengereman sehingga kecepatan putar poros semakin lama akan menurun.

Pada gambar tersebut di atas didapati kecepatan putar kincir pada sudut pengarah aliran air 60° memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan sudut yang lainnya. Akan tetapi pada sudut pengarah aliran air 60° memiliki nilai gradien lebih kecil, dengan kata lain penambahan beban lebih berpengaruh terhadap penurunan nilai putaran kincir.

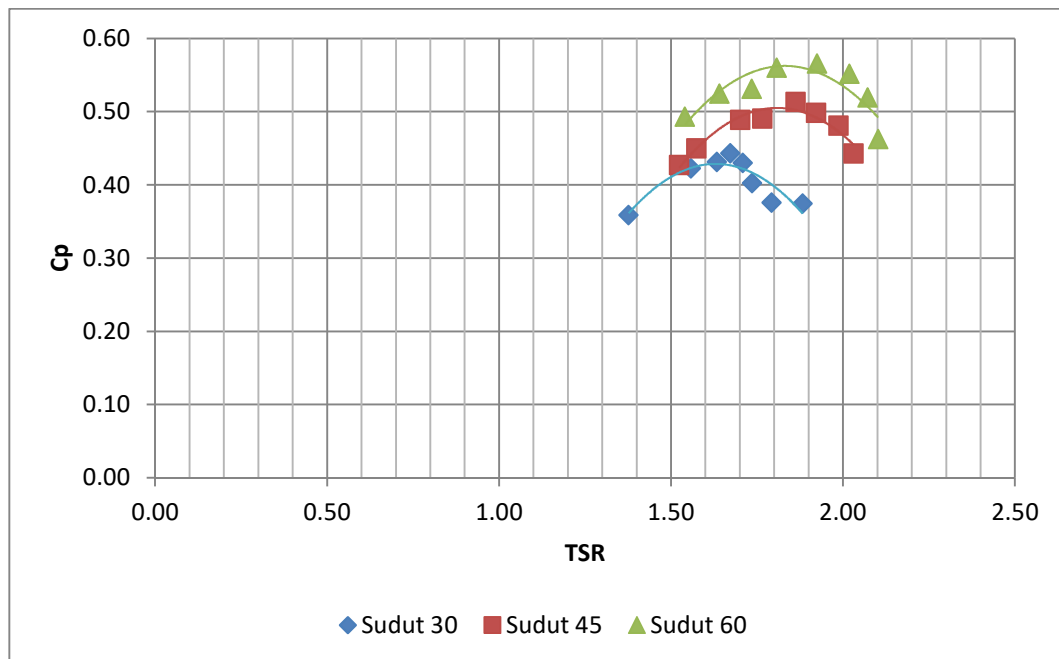
Dalam grafik di atas juga terlihat bahwa kecepatan poros dengan sudut pengarah aliran air 60° mempunyai nilai yang lebih tinggi dibanding dengan variasi lainnya. Sesuai dengan hasil penelitian Prawira, hal ini karena penggunaan sudut 60° dapat lebih menutupi bagian cembung kincir sehingga dorongan air yang mengarah ke sisi cekung lebih besar dibandingkan 2 variasi lainnya [9,10]. Nilai putaran tertinggi pada sudut 60° adalah 35,00 rpm, sedangkan pada sudut 45° memiliki nilai putaran tertinggi sebesar 32,59 rpm dan pada sudut 30° memiliki putaran tertinggi sebesar 31,28 rpm. Nilai ketiganya berada pada pembebanan lampu pertama.



Gambar 4. Grafik hubungan pembebanan terhadap daya listrik pada 3 variasi pengarah aliran air

Pada Gambar 4 di atas terlihat bahwa penggunaan pengarah aliran air dapat mempengaruhi daya yang dihasilkan kincir. Nilai daya tertinggi terdapat pada kincir dengan sudut pengarah aliran air 60° yang sebesar 83,43 Watt pada pembebanan keempat. Pada kincir dengan sudut pengarah 45° daya listrik tertinggi sebesar 70,15 Watt pada beban keempat, sedangkan pada sudut pengarah 30° nilai daya tertinggi sebesar 62,21 Watt pada pembebanan kedua. Hal ini disebabkan pengarah dengan sudut 60° mampu mengarahkan dorongan air ke kincir yang lebih besar. Kemiringan tersebut dapat menghindarkan sisi cembung sirip dari dorongan air, sehingga mengurangi rugi-rugi yang mungkin terjadi.

Dalam penggunaan konfigurasi sudut deflektor yang lebih tinggi antara 30° hingga 60° akan menghasilkan dayaoutput yang lebih tinggi, peningkatan daya yang terjadi dari sudut 30° ke sudut 45° sebesar 12% sementara meningkatnya daya dari sudut 45° ke sudut 60° sebesar 18%.



Gambar 5. Grafik hubungan *Tip Speed Ratio* (TSR) terhadap koefisien daya pada 3 variasi pengarah aliran air

Pada Gambar 5 di atas menunjukkan bahwa penggunaan pengarah aliran air dapat mempengaruhi besarnya nilai koefisien daya yang dihasilkan. Dapat dilihat pada grafik tersebut bahwa dengan adanya kenaikan nilai sudut pengarah akan meningkatkan nilai C_p kincir. Nilai C_p tertinggi diperoleh pada variasi sudut pengarah 60° dengan nilai sebesar 0,57 pada TSR 1,92. Pada sudut pengarah 45° diperoleh nilai C_p tertinggi sebesar 0,51 pada TSR 1,86 dan pada variasi sudut pengarah 30° diperoleh C_p tertinggi sebesar 0,44 pada TSR 1,67.

Meskipun kincir dengan pengarah 30° memiliki efisiensi paling rendah, tetapi mampu menghasilkan daya pada TSR paling rendah dibandingkan sudut pengarah yang lain. Hal tersebut mengindikasikan bahwa kincir masih dapat bekerja pada putaran yang lebih rendah.

Membandingkan apa yang telah dilakukan oleh Prawira dengan kincir air Savonius sudu dua, hasil penelitiannya menunjukan adanya peningkatan daya pada setiap sudut pengarah antara 10% hingga 16%, dengan daya listrik tertinggi sebesar 106,24 Watt dengan $C_{p_{max}} = 0,701$. Peneliti mendapatkan peningkatan daya antara 12% hingga 18%, dengan daya listrik tertinggi sebesar 70,15 Watt pada $C_{p_{max}} = 0,57$. Didapati bahwa kincir air Savonius sudu dua menghasilkan daya yang lebih besar dan lebih efisien dibandingkan dengan kincir air Savonius sudu tiga.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai kincir air Savonius yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan sudut pengarah membuat kincir lebih sensitif terhadap penambahan beban
2. Pada penggunaan sudut pengarah 30° , 45° dan 60° pada kincir Savonius poros horisontal, efisiensi (C_p) tertinggi diperoleh pada sudut pengarah 60° dengan nilai sebesar 0,57

Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kemenristek Dikti, seluruh dosen dan staff pengajar jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan dukungan dan pendampingan sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Kepada seluruh keluarga Jogja atas bantuan dan kerjasamanya selama kuliah di Yogyakarta, dan keluarga kandung yang telah membantu dengan memberikan segalanya demi kelancaran penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Abadi, R. P (2018). Kincir Poros Vertikal Tipe Savonius Dua dengan Menggunakan Deflektor. Skripsi. Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma.
- [2] Supandi, S., Padang, Y. A, & Nurpatia, N. (2018). Unjuk Kerja PLTMH Menggunakan Turbin Savonius dengan Variasi Sudut Deflektor. *DINAMIKA TEKNIK MESIN*.
- [3] Samekto, C. dan Sofia, E. (2016). Potensi Sumber Daya Air di Indonesia.
- [4] Purnama, A. C., Hantoro, R. and Nugroho, G. (2013). Rancang Bangun Turbin Air Sungai Poros Vertikal Tipe Savonius dengan Menggunakan Pemandu Arah Aliran. Jurnal Teknik ITS.
- [5] Anugerah, Y. (2019). Ujuk Kerja Kincir Air Savonius Poros Horizontal Empat Sudu dengan Variasi Sudut Deflektor. Skripsi. Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma.
- [6] Prawira, Y. P. (2019). Unjuk Kerja Kincir Air Savonius Dua Sudu dengan Variasi Tiga Sudut Deflektor. Skripsi. Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma
- [7] Prasetyo, A., Kristiawan, B., Danardono, D., & Hadi, S. (2018). The Effect of Deflector Angle in Savonius Water Turbine with Horizontal Axis on the Power Output of Water Flow in Pipe. *The 2nd International on Journal of Physics: Conference Series 979 012043*
- [8] Golecha, Kailash. (2011). Study on the Interaction between Two Hydrokinetic Savonius Turbines. India : Indian Institute of Technology
- [9] Kailash, G., Eldho, T. I. and Prabu, S. V (2012) Performance Study of Modified Savonius Water Turbine with Two Deflector Plates. India
- [10] Prawira, Y. P. dan Wihadi, R. B. D. (2019). Performance of Horizontal Axis Savonius Water Turbine Using Deflector Angle Variations. Sanata Dharma University Yogyakarta



**YAYASAN ADI UPAYA
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI ADISUTJIPTO
YOGYAKARTA**

Jl. Janti, Blok-R, Lanud Adisutjipto
Bantul, Yogyakarta, Indonesia

Phone. +62 274 451262 & 451263
Fax. +62 274 451265

Website : senatik.stta.ac.id
Email : senatik@stta.ac.id

ISBN 978-602-52742-1-3

