

ISSN 2580-9768

ISBN 978-602-61892-0-2

**Prosiding**

**Seminar Nasional Sistem, Instrumentasi, dan Kontrol (SIK)  
2017**

**Yogyakarta, 9-10 Agustus 2017**

**Kelompok Keahlian Instrumentasi dan Kontrol  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Bandung**

# PROSIDING SEMINAR NASIONAL SISTEM, INSTRUMENTASI, DAN KONTROL (SIK) 2017

**ISBN:****Editor:**

Tim Seminar Nasional Instrumentasi Sistem, Instrumentasi, dan Kontrol (SIK) 2017

**Penyunting:**

Prof. Dr.-Ing. Ir. Yul Yunazwin Nazaruddin, M.Sc., DIC

Ir. R. Sugeng Joko Sarwono, MT, Ph.D

Iwan Prasetyo, Ph.D

Dr. Eko Mursito Budi

Dr. Ir. Estiyanti Ekawati

Prof. Dr.-Ing. Mitra Djamel

Dr. Fourier Dzar Eljabbar Latief, M.Si.

Dr. Abdullah Nur Azis

Dr. Khusnul Ain

Dr. Suyatno

Dr. Melania Suweni Muntini, MT.

Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, ST., MT

Dr.rer.nat. Ir. Aulia M. T. Nasution, M.Sc.

Dr. Esmeralda Contesa Djamel, S.T., M.T

Ir. Ajat Sudrajat, M.T

Fitria Hidayanti, S.Si., M.Si.R

Dudi Darmawan

Reza Fauzi Iskandar, MT

Dr. Ihsan Supono, MT

Dr. Yeffry Handoko Putra.

Ir. Thomas Budi Waluyo, M.Eng.Sc

Dr. Mego Pinandito, M.Eng.

Ir. Arko Djajadi, M.Sc

Sentagi Sesotya Utami, Ph.D

Dr. Gea O. F. Parikesit, M.Sc

Iwan Yahya, M.Si

**Penerbit:**

Kelompok Keahlian Instrumentasi dan Kontrol FTI ITB

**Redaksi:**

Kelompok Keahlian Instrumentasi dan Kontrol FTI ITB

Alamat : Gd. TP Rachmat, Labtek VI, Jl. Ganesa 10 Bandung 40132, Indonesia

Tel. +62-22-2504424 Fax. +62-22-2506281.

Email : sekretariat\_sik2017@sik-itb.org

Buku ini berisi mengenai makalah yang dipresentasikan pada Seminar Nasional Sistem, Instrumentasi, dan Kontrol (SIK) 2017, tanggal 9-10 Agustus 2017, Hotel Sheraton Mustika-Yogyakarta.

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun, secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa izin dari panitia.

© Seminar Nasional Sistem, Instrumentasi, dan Kontrol (SIK) 2017

Panitia SIK 2017

## DAFTAR ISI

Ungkapan Pengantar dari Ketua Panitia Pelaksana	i
Ungkapan Pengantar dari Ketua Kelompok Keahlian Instrumentasi dan Kontrol	iii
Daftar Panitia Seminar Sistem, Instrumentasi, dan Kontrol 2017	v
Daftar Isi	vii
Pembicara Undangan:	
Artery Biomodel for Use as Evaluations of Medical Device, <i>Makoto Ohta</i>	A-1
Towards Resilient Cyber-Physical Systems Design, <i>Yul Y. Nazaruddin</i>	A-2
Big Data and Intelligent Transportation and Autonomous Driving, <i>Sejoon Lim</i>	A-3
<b>Sesi: Instrumentasi dan Kontrol</b>	
Rekonstruksi Objek 3 Dimensi Berdasarkan Pergeseran Fasa dengan Teknik Profilometri Frinji Digital, <i>Endang Juliastuti, Suprijanto, Luluk Lailatul Badriyah</i>	1
Perancangan Pengukuran State-of-Charge (SoC) untuk Baterai Lead-Acid Battery Menggunakan Metode Perhitungan Muatan, <i>Ahmad Qurthobi, Dudi Darmawan, Sontha Herdiawan Alvaro, Reza Fauzi Iskandar</i>	9
Identifikasi dan Pengolahan Kandungan Harmonisa Sinyal Arus pada Beban Listrik Mobile Berbasis Arduino UNO, <i>Agung Budi Muljono, I Made Ari Nrartha, I Made Ginarsa, I Made Budi Suksmdana</i>	15
Perbandingan Metode Pengenalan Wajah dengan Menggunakan Metode Eigen Face dan Fisher Face, <i>John Adler, Sofyan Ardiansyah, Selvia Lorena Br. Ginting</i>	24
Sistem Monitoring dan Kontrol Akuaponik Indoor Berbasis Web, <i>Aprianti Putri Sujana, Jiro Siswanto</i>	35

Monitoring secara Langsung Kualitas Air Sungai Menggunakan USV (Unmanned Surface Vehicle), <i>Rifki Amir, Syahroni Hidayat, Didik Setyo Purnomo, Endah Suryawati Ningrum</i>	46
Pengaplikasian Teknik Reduksi Peak-To Average Power Ratio Menggunakan Metode Hybrid Interleaved Partitioning Partial Transmit Sequence dan Discrete Cosine Transform pada Sistem MIMO-OFDM, <i>Farah Adiba, Gebi Kurnia Permatasari, Ichdatul Mutma'Inah</i>	54
Pembuatan Model Hybrid 2 Teknik Reduksi Peak-To-Average Power Ratio Partial Transmit Sequence dan Clipping Filtering pada Sistem MIMO-OFDM, <i>Aida Nurazizah, Irma Saniaturrohma</i>	62
Penghitungan k-NN pada Adaptive Synthetic-Nominal (ADASYN-N) dan Adaptive Synthetic-kNN (ADASYN-kNN) untuk Data Nominal-Multi Kategori, <i>Sri Rahayu, Teguh Bharata Adji, Noor Akhmad Setiawan</i>	70
Rancang Bangun Alat Ukur Konsentrasi Oksigen yang Dihasilkan oleh Fotobioreaktor Mikroalga <i>Chlorella Vulgaris</i> , <i>Aminah Nurrahmawati</i>	79
Uji Kinerja Ekstensometer Serat Optik di Laboratorium dan di Lereng Buatan, <i>Dwi Bayuwati, Tomi Budi Waluyo, Prabowo Puranto, Hendra Adinanta, Imam Mulyanto</i>	89
Desain Perekaman Basis Data Suara Ucap untuk Pengembangan Sistem Rekognisi Pengucap Otomatis Forensik Berbahasa Indonesia, <i>Angga Dwi Firmanto, Ivan Stefanus, Rifqi Ikhwannuddin, Miranti Indar Mandasari</i>	97

### **Sesi: Instrumentasi Medik**

Desain Prototipe Sistem Umpan Balik Temperatur Nonkontak pada Generator Bedah Listrik Konvensional dengan Elektrode Forceps Bipolar, <i>Suprijanto, Endang Juliastuti, Genki I. Prayogo, Yosha Y. Putri</i>	95
---	----

Desain dan Kontrol Posisi dari Arm Manipulator Robot sebagai Alat Rehabilitasi Pasien Pasca Stroke, <i>Muhammad Hablul Barri, Ardaputra Ryandika, Ardani Cesario, Augie Widyotriatmo</i>	113
Pengembangan Sistem Instrumentasi untuk Deteksi Aktifitas Jantung pada Mencit, <i>Arief Adhi Nugroho, Chaerani Chusnia, Suprijanto</i>	125
Sistem Pengaman Kursi Roda Elektrik dari Benturan Berbasis Sensor Jarak, <i>Yunafi'Atul Aniroh, Darul Muslimin, Farida Herning Tyastuti, Rusdhianto Effendi</i>	134
Inkubator Bayi Berbasis Wireless untuk Pemantauan Kondisi Bayi Prematur secara Realtime (B-Cube Ims), <i>Achmad Fatoni, Mohammad Okky Mabruri, Furoidah Chilmi, Syahrul Munir, Imroatul Mufidah, Andi Rahmadiansah</i>	143

#### **Sesi: Kontrol**

Perancangan dan Penerapan Sistem Kendali Hold Heading pada Overactuated USV Menggunakan Kontrol PD Berdasarkan Analisa Kinematikanya, <i>Syahrone Hidayat, Muhammad Rifki Amir, Didik Setyo Purnomo, Endah Suryawati Ningrum</i>	151
Pengembangan Wahana Pengendalian Posisi Menggunakan Motor DC sebagai Sarana Pembelajaran Teknik Kendali, <i>Djoko Suwarno</i>	160
Pengaturan Sudut Kemiringan dan Penentuan Percepatan Gravitasi Bumi pada Alat Percobaan Benda Menggelinding pada Bidang Miring Berbasis Arduino Uno, <i>Elisa Sesa, M. Dahlan Th Musa, Widia Wangsi Rety</i>	169
Pengendalian Posisi Sudut Joint Robot Manipulator Menggunakan Kontroler PID, <i>Yunafi'Atul Aniroh, Diana Yufika Anshori, Adi Novitarini, Slamet Budiprayitno</i>	177

## Sesi: Aplikasi Industri

Permodelan dan Simulasi Heat Exchanger Menggunakan Pengendali PID dan IMC, <i>Subandri, Eko Ariyanto</i>	189
Peningkatan Kinerja Flowmeter Ultrasonik dalam Mengukur Aliran Fluida Terdistorsi Menggunakan Metoda Regresi Vektor Pendukung, <i>Khairul Amri, Suprijanto, Endang Juliastuti, Deddy Kurniadi</i>	198
Analisa Probability Density Function (PDF) untuk Dwelling Time Petikemas di Pelabuhan Petikemas Otomatis, <i>Sherli Dwi Jayanti, Lucita Spica Arsasiwi, Hani'Ah Mahmudah, Ari Wijayanti</i>	208
Penerapan Data Mining untuk Melihat Minat Konsumen Berdasarkan Data Penjualan Menggunakan Algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering, <i>Selvia Lorena Ginting, Yonovan Ratuah, John Adler, Yogie Rinaldy Ginting</i>	214
Pencitraan Multispektral Cahaya Tampak untuk Penentuan Tingkat Kematangan Kelapa Sawit, <i>Muhammad Hablul Barri, Suprijanto</i>	225
Perancangan dan Implementasi Safety Instrumented System pada Miniatur Pasteurisasi Menggunakan Programmable Logic Controller, <i>Maesy, Nina Nugraheni, Sutanto Hadisupadmo, Augie Widyotriatmo</i>	236
Pengukuran Kandungan Kontaminasi Air pada Minyak Pelumas dengan Cahaya Infra Merah, <i>Endang Juliastuti, P. F. K. Kusuma, Deddy Kurniadi</i>	246
Sistem Deteksi Kerusakan Mesin Berputar Menggunakan Metode Hidden Markov Model (HMM), <i>Nur Ashar Aditiya, Muhammad Rizky Dharmawan</i>	252

# Pengembangan Wahana Pengendalian Posisi Menggunakan Motor DC Sebagai Sarana Pembelajaran Teknik Kendali

Djoko Untoro Suwarno  
Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Sanata Dharma Yogyakarta  
joko\_unt@usd.ac.id

## Abstrak

Teknik Kendali merupakan suatu ilmu untuk mempelajari dan menerapkan konsep pengendalian pada suatu sistem. Untuk mempermudah mempelajari konsep teknik pengendalian dapat dilakukan dengan memperlihatkan secara visual suatu sistem pengendalian. Salah satu contoh sistem pengendalian yaitu pengendalian posisi dengan menggunakan motor DC. Telah dikembangkan suatu wahana pengendalian posisi dengan menggunakan miniatur mobil yang digerakkan oleh motor DC. Telah dilakukan uji coba dan analisis terhadap plant pengendalian posisi miniatur mobil dengan berbagai mode pengendalian. Mode pengendalian yang diuji yaitu mode P, PI dan PID. Melalui wahana ini dapat diketahui dan dimunculkan fenomena seperti offset, lewatan lebih (overshoot), osilasi secara nyata.

**Keywords:** pengendalian posisi, mode pengendalian P, PI, PID, penggerak motor DC

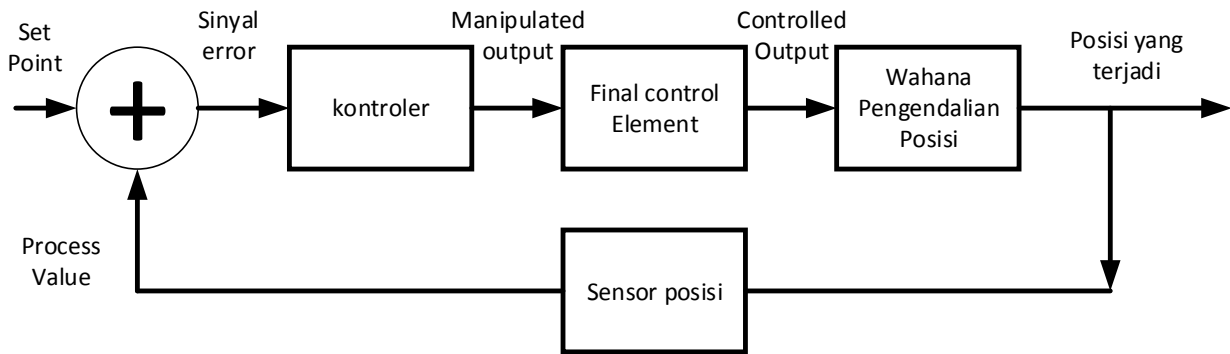
## 1 Pendahuluan

Sistem pengendalian posisi banyak diterapkan dalam peralatan elektronis, misal printer, scanner, CNC, recorder mekanik, lengan robot dan masih banyak lainnya. Pengendalian posisi memerlukan penggerak, sensor posisi, kontroler dan wahana pengendalian. Pemahaman tentang prinsip pengendalian akan lebih cepat dipahami bila mahasiswa melihat, melakukan pengaturan terhadap sistem pengendalian. Wahana pengendalian posisi yang dibangun di lab Teknik Kendali Universitas Sanata Dharma menggunakan model mobil yang dapat digerakkan oleh motor DC. Pada makalah ini akan dibahas tentang wahana pengendalian posisi, serta analisis sistem terhadap masukan tertentu.

## 2 Tinjauan Pustaka

Sistem pengendalian posisi antena diuraikan oleh Nise [1], posisi antena digerakkan menggunakan motor DC dan posisi antena dideteksi dengan menggunakan potensiometer. Dijabarkan juga sistem pengendalian dalam bentuk skematik dan diagram blok. Frank [2] menjabarkan adanya gesekan non linear dalam sistem pengendalian posisi linear. Manafeddin [3] menggunakan motor DC untuk pengendalian posisi, pengendalian menggunakan metode fuzzy PID. Rafey [4] melakukan pengendalian kecepatan motor DC dengan berbagai beban dengan kontroler PID. Gazaly [5] membandingkan metode pengendalian PID dengan metode pengendalian fuzzy pada sistem pengendalian posisi DC servo. Simulasi pengendalian posisi menggunakan motor DC dengan metode fuzzy dilakukan oleh Mitter [6]. Prakash [7] melakukan tuning PID menggunakan metode Ziegler Nichols pada sistem pengendalian posisi DC. Yasiz [8] menggunakan rotary encoder sebagai sensor posisi pada sistem pengendalian posisi secara digital.

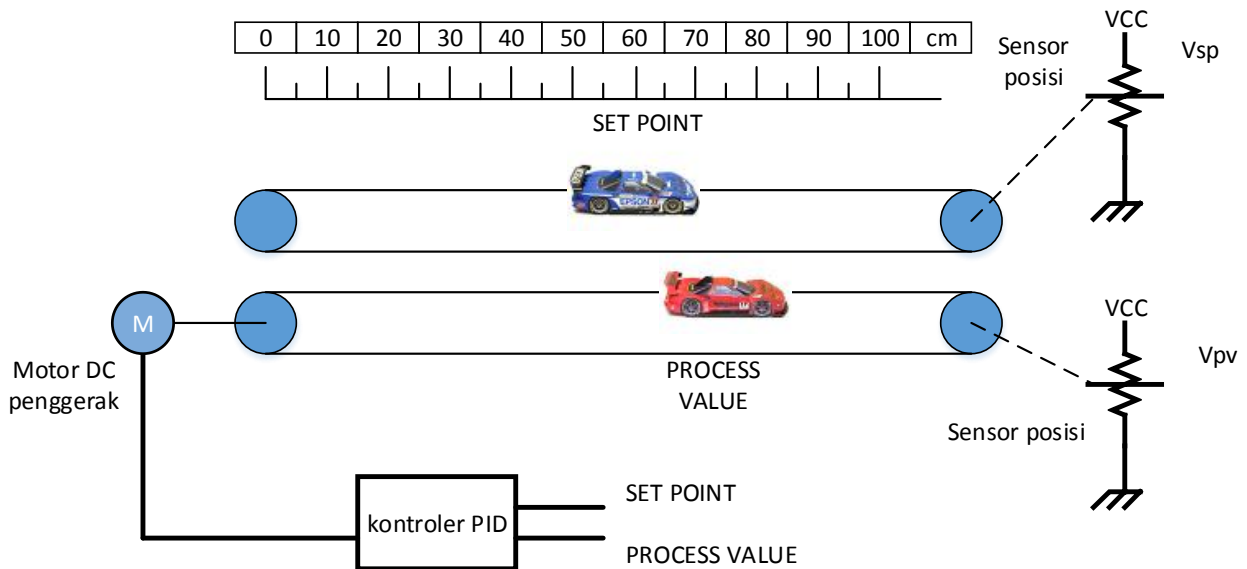
Sistem pengendalian terdiri dari bagian bagian sebagai berikut : masukan acuan berupa *Set Point* (SP), masukan dari variabel yang dikendalikan *Process Value* (PV), *error detector*, kontroler, aktuator (Final Control Element), wahana (plant) serta bagian umpan balik. Sistem pengendalian posisi disajikan pada gambar 1. *Error detector* berfungsi untuk membandingkan masukan acuan SP dengan PV. Hasil dari error detector menjadi masukan untuk kontroler. Keluaran dari kontroler dikuatkan melalui aktuator dan menggerakkan wahana pengendalian posisi. Posisi dideteksi menggunakan potensiometer multi turn sebagai sensor posisi. Kontroler yang dipakai berupa kontroler PID analog yang diimplementasikan menggunakan op-amp. Keluaran dari kontroler tidak cukup kuat untuk menggerakkan motor DC maka pada bagian aktuator (Final Control Element) berupa rangkaian penguat opmp dengan penyangga arus. Bagian umpan balik berupa potensiometer yang dihubungkan dengan wahana miniatur mobil.



Gambar 1 Diagram Blok sistem pengendalian posisi

### 3 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan merakit pengendalian posisi miniatur mobil dan melakukan pengamatan dan pengukuran *Process Value* (PV) dari posisi miniatur mobil. Miniatur mobil digerakkan menggunakan motor DC dan terhubung dengan potensiometer sebagai sensor posisi. *Set Point* (SP) berupa miniatur mobil yang lain dan dibandingkan posisinya dengan miniatur mobil PV. Pengukuran posisi dilakukan dengan mengukur tegangan pada pin tengah potensiometer menggunakan Arduino melalui masukan ADC. Skema wahana sistem pengendalian posisi disajikan pada Gambar 2 berikut.



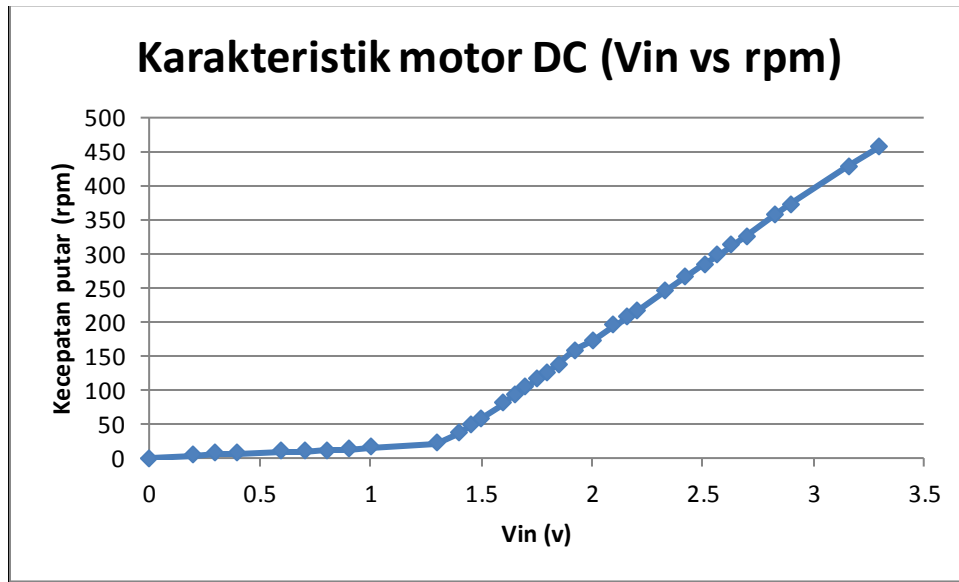
Gambar 2 Wahana sistem pengendalian posisi

#### 3.1 Motor DC

Penggerak menggunakan motor DC dikarenakan motor DC mudah dikendalikan arah putar dan kecepatan putar. Motor DC banyak tersedia mulai dari ukuran mini sampai ukuran yang besar dan memerlukan tegangan DC yang rendah (3V..24V)..



Karakteristik motor DC ditunjukkan pada Gambar 3 berikut



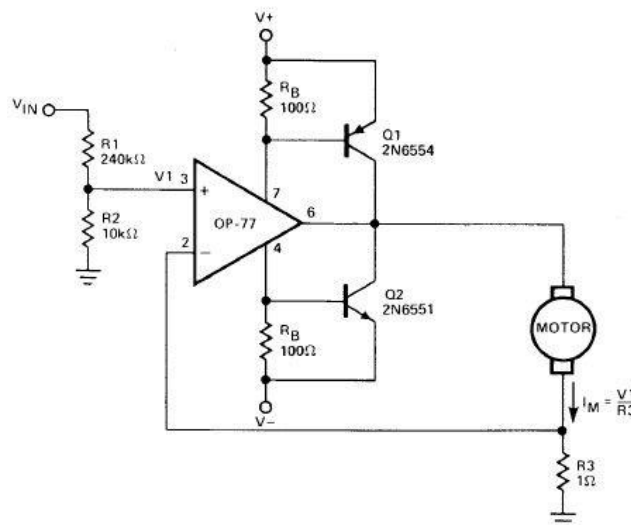
Gambar 3 Masukan Vin vs kecepatan putar (rpm)

Motor DC memiliki karakteristik histerisis dan memiliki hubungan linear antara Vin dan kecepatan putar. Motor DC berputar secara linear mulai tegangan Vin = 1,3V dengan sensitivitas 230 rpm/V.

Persamaan kecepatan lintasan model mobil sebagai plant pengendali posisi ditunjukkan pada persamaan (1).

$$v = 2\pi R \frac{rpm}{60} \tag{1}$$

Dengan v merupakan kecepatan translasi [m/s]  
 R merupakan radius puli pada potensio [m]  
 rpm merupakan kecepatan putaran motor



Gambar 4 Rangkaian penguat untuk motor DC

Gambar 4. menunjukkan rangkaian penguat untuk motor DC. Rangkaian ini ditempatkan setelah keluaran kontroler. Kontroler analog pada umumnya dibangun dari op-amp dengan arus keluaran yang kecil (<100mA) sedangkan motor DC membutuhkan arus > 100mA.

### 3.2. Sensor posisi (jarak)

Sistem pengendalian posisi memerlukan sensor posisi. Sensor posisi dipakai untuk mengetahui posisi di sepanjang wahana pengendalian posisi. Sensor posisi yang kontinu yang dipakai sistem pengendalian posisi ini menggunakan potensio multi turn seperti terlihat pada Gambar 5 berikut



**Gambar 5 Potensio multi turn (10 putaran) sebagai Sensor Posisi**

Potensio terpasang dengan puli dan terhubung dengan miniatur mobil seperti terlihat pada Gambar 6 berikut:



**Gambar 6 Sensor posisi (potensio) yang terpasang pada miniatur mobil**

Karakteristik sensor posisi dengan jarak tempuh  $s$  diuraikan pada persamaan (2) berikut :

$$s = \theta \cdot R \quad (2)$$

Dengan  $\theta$  merupakan sudut putaran (0 sampai 10 putaran, 0 sampai  $10 \times 2\pi$  rad)

$R$  merupakan radius puli (m)

Sumbu potensio terpasang dengan puli dengan diameter 1" (2.54 cm), potensio dapat diputar sebanyak 10 putaran dan resistansi 50k $\Omega$ . Jangkauan jarak yang bisa diukur dengan potensio yaitu 10 putaran x 3.14 x 2.54 cm = 80 cm. Resolusi sensor posisi 50k $\Omega$ /80cm yaitu sebesar 625  $\Omega$ /cm . Dalam satuan tegangan maka resolusi untuk sensor posisi 5V/80cm yaitu sebesar 62,5 mV/cm

Potensio difungsikan sebagai pembagi tegangan dengan catu 5V. Terminal pada potencio dihubungkan dengan catu 5V dan *ground*. Terminal tengah dari potenciometer menjadi masukan analog ADC. ADC pada arduino digunakan untuk mengubah tegangan analog menjadi data digital. Resolusi ADC 10bit, tegangan referensi ADC sebesar 5V. Nilai data ADC ditunjukkan pada persamaan 3 berikut

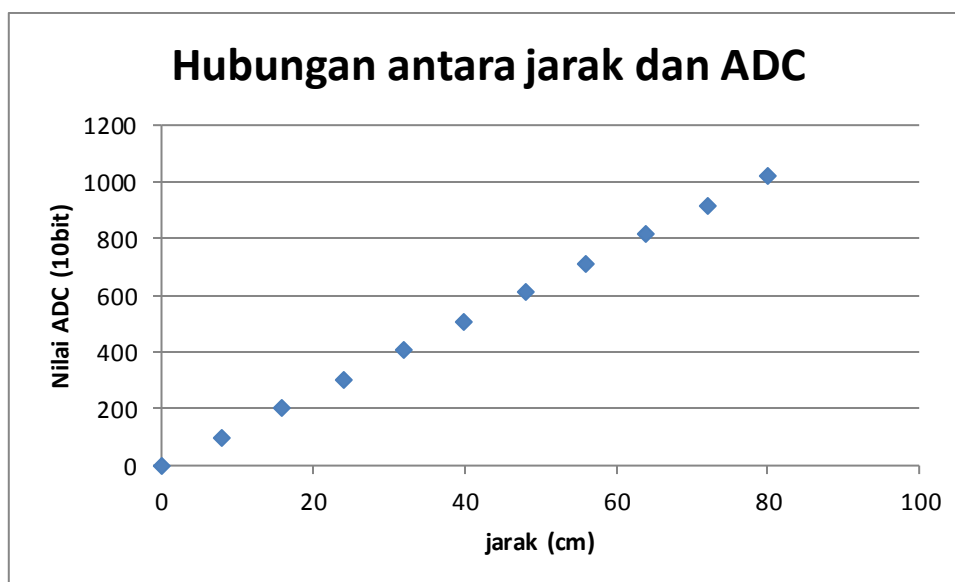
$$\text{Data ADC} = \frac{V_{in}}{V_{ref}} 1024 \quad (3)$$

ADC 10 bit memiliki 1024 step (tingkatan0 dengan  $V_{ref} = 5V$ , maka resolusi ADC sebesar  $\frac{5V}{1024}$  atau sebesar 5mV/step

Dengan resolusi ADC sebesar 5mV/step dan resolusi sensor posisi potencio sebesar 62,5 mV/cm maka resolusi untuk wahana pengendalian posisi motor DC ditunjukkan pada persamaan (4) berikut ini

$$\frac{\text{res sensor}}{\text{res ADC}} = \frac{62,5\text{mV/cm}}{5\text{mV/step}} = 12,5 \text{ step/cm} \quad (4)$$

Hubungan antara jarak dan nilai ADC disajikan pada Gambar 7 berikut

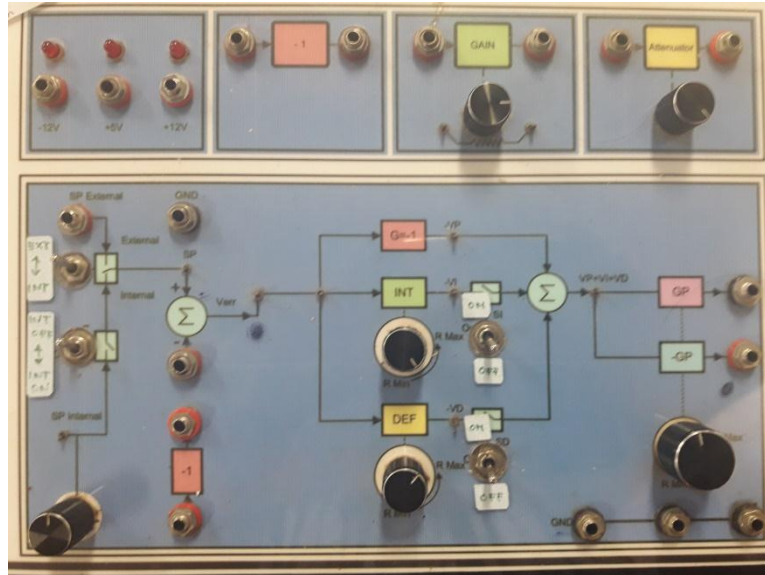


Gambar 7 Grafik hubungan antara jarak dan nilai ADC

Pengujian dilakukan dengan menetapkan mode pengendalian P-saja, PI, PD, serta menetapkan nilai SP dan mengukur nilai PV. Pengukuran SP dan PV dilakukan dengan menggunakan ADC pada Arduino dan mengirimkan hasil pengukuran melalui komunikasi serial.

### 3.3 Kontroler

Kontroler yang digunakan pada wahana pengendalian posisi berupa kontroler PID analog dengan menggunakan rangkaian opamp seperti terlihat pada gambar 8.



Gambar 8 Bagian kontroler PID analog

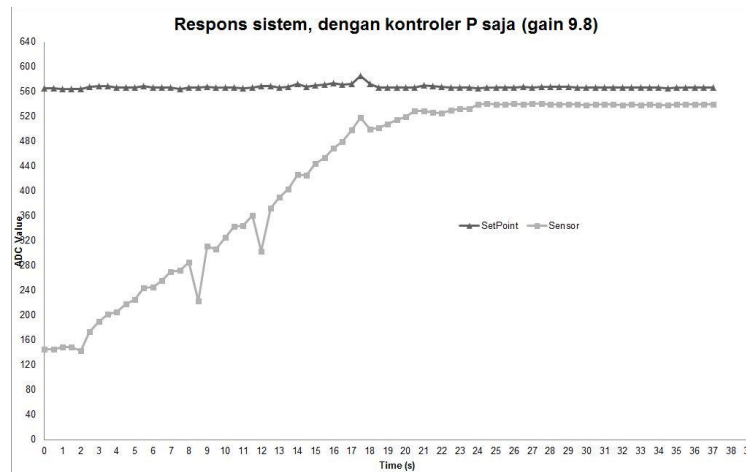
Penguatan bagian proporsional sudah ditentukan  $K_p$  yaitu = [-9,8; 8,7; 7,5; 6,3; 5,1; 3,9; 2,6; 1,4;]

Penguatan bagian integral  $T_i$  mulai dari 2,3 1,9 1,7 1,4 1,2 0,9 0,6 0,3 0,05

Penguatan bagian Derivatif mulai dari : 2,3; 1,9; 1,7; 1,4; 1,1; 0,8; 0,6 0,3; 0,05

#### 4 Hasil dan Pembahasan

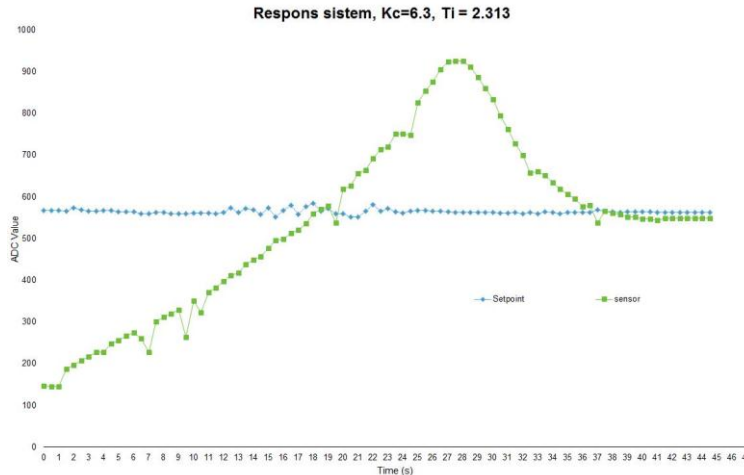
Pengujian mode kontrol P-saja diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Grafik respons sistem dengan mode kontrol Proporsional

Gambar 9 menunjukkan respons sistem untuk masukan SP berupa fungsi step, PV berupa miniatur mobil bergerak secara linear untuk mencapai SP. Posisi miniatur mobil PV tidak bisa sama dengan SP, masih terdapat *offset*.

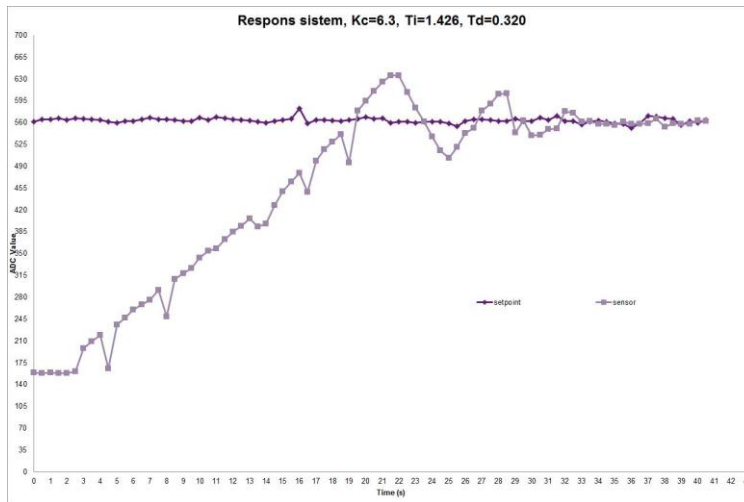
Pengujian mode kontrol PI diperlihatkan pada Gambar 10 berikut



Gambar 10 respons sistem dengan mode kontrol PI

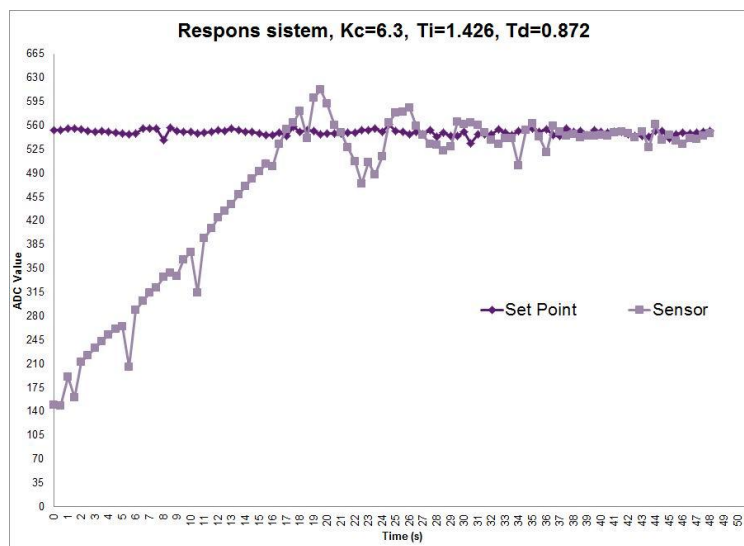
Pada mode kontrol PI mungkin terjadi lewatan lebih, namun keunggulan dari mode kontrol PI berupa menghilangkan offset sehingga PV makin lama akan sama dengan SP.

Pengujian sistem dengan mode kontrol PID diperlihatkan pada Gambar 11 berikut ini.



Gambar 11 respons sistem untuk mode kontrol PID

Respons sistem untuk mode kontrol PID menunjukkan gejala osilasi namun tidak dijumpai adanya offset. Bagian derivatif pada mode PID akan berpengaruh pada perubahan error yang besar. Dengan pengaturan nilai PID yang tepat akan didapatkan respons sistem yang optimal yaitu cepat mulai (*rise time* kecil), lewatan lebih (*overshoot*) yang kecil, tidak terjadi osilasi dan cepat selesai.



Gambar 12 Respons sistem dengan mode kontrol PID

Adanya lewatan yang lebih pada wahana pengendalian posisi ini perlu diperhatikan karena batas dari daerah kerja yang terbatas (jangkauan pergerakan 80cm saja). Penggunaan potensio sebagai sensor posisi cukup linear namun masih menimbulkan adanya derau akibat pergerakan tuas pada potensio.

Penalaan (tuning) pada kontroler dilakukan secara manual, nilai penguatan terbatas pada pilihan yang tersedia. Belum ada mekanisme untuk pemilihan dan penalaan penguatan pada kontroler yang bebas dan menghasilkan hasil yang optimal. Wahana pengendalian posisi belum juga dibuat model matematisnya, namun fenomena yang dihasilkan dapat menambah pemahaman tentang pengendalian posisi.

## 5 Kesimpulan

Dari hasil percobaan dan pengujian sistem pengendalian posisi menggunakan motor DC dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Sistem pengendalian posisi dapat menunjukkan fenomena tanggap waktu sistem : offset, lewatan lebih, osilasi, serta nilai akhir PV yang sama dengan SP
2. Respons sistem tergantung pada pemilihan mode kontrol
3. Tuning pada kontroler dilakukan secara manual dan belum mendapatkan respons yang optimal (waktu mulai kecil, lewatan lebih dan offset)
4. Sensor posisi menggunakan potensio multiturn menunjukkan adanya derau saat pergerakan

## 6 Acknowledgement

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada sdr Tegar dan sdr Edi yang telah banyak membantu untuk memperoleh data pengukuran. Terima kasih juga diberikan kepada pak Martanto selaku kepala Lab dan sdr Suryo Asih sebagai laboran.

## **7 Referensi**

- [1] Nise, N. S. (2007). "Control Systems Engineering", 6<sup>th</sup> ed. John Wiley & Sons.
- [2] Frank J. Breau III, (2011), Linear Position Control In The Presence Of Non-Linear Friction, Master Thesis, University of Rhode Island,
- [3] Manafeddin Namazov, Onur Basturk, 2010, DC motor position control using fuzzy proportional-derivative controllers with different defuzzification methods, Turkish Journal of Fuzzy Systems (eISSN: 1309 – 1190) An Official Journal of Turkish Fuzzy Systems Association Vol.1, No.1, pp. 36-54, 2010.
- [4] Rafay Khan Muhammad, Aleem Ahmed Khan & Umer Ghazali, Speed Control of DC Motor under Varying Load Using PID Controller, International Journal of Engineering (IJE), Volume (9) : Issue (3) : 2015
- [5] Md Ghazaly, Mariam. "Performance comparison between PID and fuzzy logic controller in position control system of DC servomotor." Jurnal Teknologi, 45 (2006): 1-17.
- [6] Mitter, Rajnish, Krishan Kumar, and Vivek Kumar. "Simulation of Fuzzy logic Controller for controlling the position and speed of the DC motor."
- [7] Prakash, Ch Bhanu, and R. Srinu Naik. "Tuning of PID Controller by Ziegler-Nichols Algorithm for Position Control of DC Motor." International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology 1.3 (2014).
- [8] Yaziz, Nor Hidayah. Digital speed and position control system incorporating an incremental encoder. Diss. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, 2014.