



About the Journal

Journal Title	Jurnal Derivat: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika
ISSN	e-ISSN: 2549-2616 , p-ISSN: 2407-3792
DOI Prefix	10.31316
Editor in chief	Dr. Niken Wahyu Utami
Publisher	Universitas PGRI Yogyakarta
Frequency	3 issues per year
Citation Analysis	Google Scholar

CURRENT ISSUE

Vol. 12 No. 3 (2025): Jurnal Derivat (Desember 2025)

PUBLISHED: 21-12-2025

Articles

Analisis Perbandingan Naive Bayes, Regresi Logistik Biner, dan Support Vector Machine untuk Prediksi

Kasus Demam Berdarah di Purwokerto

Rosa Ratri Kusuma Hariningsih (Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Yos Sudarso Purwokerto, Indonesia)

Diwahana Mutiara Candrasari (Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Yos Sudarso Purwokerto, Indonesia)

Endang Setyawati (Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Yos Sudarso Purwokerto, Indonesia)

Syamsu Wahidin (Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Yos Sudarso Purwokerto, Indonesia)

Jevon Nataniel Putra5 (Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Yos Sudarso Purwokerto, Indonesia)

 Abstract View : 2

 Full Text downloads: 0

 DOI : [10.31316/j.derivat.v12i3.8408](https://doi.org/10.31316/j.derivat.v12i3.8408)

 Citations { ? }

 245 - 254

 **FULL TEXT**

Efektivitas Pendekatan Pembelajaran Matematika Realistik terhadap Kemampuan Literasi Matematis Siswa SMP Ditinjau dari Gaya Belajar

Nely Murni (Universitas Islam Negeri Mataram, Indonesia)

[Mulhamah \(UIN Mataram, Indonesia\)](#)

[Lalu Sucipto \(UIN Mataram, Indonesia\)](#)

 Abstract View : 0

 Full Text downloads: 0

 DOI : [10.31316/j.derivat.v12i3.8990](https://doi.org/10.31316/j.derivat.v12i3.8990)

 Citations { ? }

 255 – 265

 **FULL TEXT**

Model Understanding By Design (UBD) untuk Pembelajaran Matematika yang Adaptif dan Inklusif di Sekolah

Yogi Wiratomo (Universitas Indraprasta PGRI, Indonesia)

Yulan Mailani Wiratomo (Universitas Indraprasta PGRI , Indonesia)

Ersita Afiah Utami Wiratomo (Universitas Indraprasta PGRI , Indonesia)

Endang Sekar Ayu Wiratomo (Universitas Indraprasta PGRI, Indonesia)

Shinta Irabyatul Rahman Wiratomo (Universitas Indraprasta PGRI, Indonesia)

 Abstract View : 0 Full Text downloads: 0DOI : [10.31316/j.derivat.v12i3.8101](https://doi.org/10.31316/j.derivat.v12i3.8101)

?

 266 - 277 **FULL TEXT**

Model Matematika Infeksi Hepatitis B dengan Vaksin dan Pengobatan

Onelia Rochmah (Universitas Tanjungpura, Indonesia)

Kartika Prabasari (Universitas Tanjungpura, Indonesia)

Asri Rahmawati (Universitas Tanjungpura, Indonesia)

 Abstract View : 0 Full Text downloads: 0DOI : [10.31316/j.derivat.v12i3.8256](https://doi.org/10.31316/j.derivat.v12i3.8256)

?

 278 - 290 **FULL TEXT**

Optimalisasi Biaya Transportasi Produk UMKM Rambak Kulit Sapi Di Kampung Rambak Klaten

Yuliana Yuliana (Widya Dharma University, Indonesia)

Agnia Dinda Arisandi (Universitas Widya Dharma, Indonesia)

Lala Areta Prameswari (Universitas Widya Dharma, Indonesia)

Kintan Maharani Zahra (Universitas Widya Dharma, Indonesia)

 Abstract View : 0 Full Text downloads: 0DOI : [10.31316/j.derivat.v12i3.7887](https://doi.org/10.31316/j.derivat.v12i3.7887)

?

 291 - 299 **FULL TEXT**

Pengembangan Buku Panduan Praktik Berbasis PJBL Sebagai Media Inovasi pada Mata Kuliah Pengantar

Teknologi Matematika

Aang yudho (Universitas Maritim Raja Ali Haji, Angola)

 Abstract View : 0

 Full Text downloads: 0



DOI : [10.31316/j.derivat.v12i3.7830](https://doi.org/10.31316/j.derivat.v12i3.7830)

 Citations

?

 300 - 310

 **FULL TEXT**

Pemodelan Dan Analisa Produksi Kerupuk Subur Dengan Menggunakan Aljabar-Max-Plus

Dessy Agustin Savina (Universitas Sanata Dharma, Indonesia)

Rika Ardiansyah Saputra (Universitas Sanata Dharma, Indonesia)

Marcellinus Andy Rudhito (Universitas Sanata Dharma, Indonesia)

 Abstract View : 0

 Full Text downloads: 0



DOI : [10.31316/j.derivat.v12i3.6667](https://doi.org/10.31316/j.derivat.v12i3.6667)

 Citations

?

 311 - 319

 **FULL TEXT**

Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis: Dampak Pembelajaran Flipped Classroom Dan Habits Of Mind Berbantuan Aplikasi Exe-Learning

Rahayu Fitriani (universitas islam negeri raden intan lampung, Indonesia)

Nanang Supriadi (universitas islam negeri raden intan lampung, Indonesia)

Rany Widyastuti (universitas islam negeri raden intan lampung, Indonesia)

 Abstract View : 0

 Full Text downloads: 0

 DOI : [10.31316/j.derivat.v12i3.1219](https://doi.org/10.31316/j.derivat.v12i3.1219)

 Citations  ?

 320 - 330

 FULL TEXT

Pengembangan Modul Pembelajaran Matematika Berbasis Contextual Teaching and Learning (CTL) untuk Meningkatkan Komunikasi Matematis Pada Siswa SMP

Adi Saputro (Universitas Muhammadiyah Purworejo, Indonesia)

Teguh Wibowo (Universitas Muhammadiyah Purworejo, Indonesia)

Prasetyo Budi Darmono (Universitas Muhammadiyah Purworejo, Indonesia)

 Abstract View : 0

 Full Text downloads: 0

 DOI : [10.31316/j.derivat.v12i3.4190](https://doi.org/10.31316/j.derivat.v12i3.4190)

 Citations  ?

 331 - 342

 FULL TEXT

[VIEW ALL ISSUES](#) >

JOURNAL DERIVAT

Publikasikan riset terbaik Anda di jurnal ilmiah Universitas PGRI Yogyakarta.

...: MENU :...

Focus and Scope

Peer Review Process

Editorial Team

Reviewer

Publication Frequency

Open Access Policy

Publication Ethics

Article Processing Charge

Screening Plagiarism

Journal History

Author Guidelines

Copyright Notice

Abstracting & Indexing

Article Withdrawal Policy

Retraction

Accreditation Certificate



**Journal
Template**



RECOMMENDED TOOLS



Jurnal Derivat: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika

Pendidikan Matematika, Universitas PGRI Yogyakarta

Jl. IKIP PGRI I Sonosewu No.117, Sonosewu, Ngestiharjo, Kec. Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55182

email: derivat@upy.ac.id

[View My Stats](#)

Platform &
workflow by
OJS / PKP

JOURNAL DERIVAT

Publikasikan riset terbaik Anda di jurnal ilmiah Universitas PGRI Yogyakarta.





HOME / Editorial Team

Editorial Team

Editor in Chief

Niken Wahyu Utami, (ID Scopus: [57201028973](https://orcid.org/57201028973)) Universitas PGRI Yogyakarta, Indonesia

Editors

Yandika Nugraha, (ID Sinta: [6664104](https://orcid.org/6664104)) Universitas Islam Negeri Mataram, Indonesia

Nego Linuhung, (ID Sinta: [101945](https://orcid.org/101945)) Universitas Muhammadiyah Metro, Indonesia

Padrul Jana, (Scopus ID: [57212465049](https://orcid.org/57212465049)) Universitas PGRI Yogyakarta, Indonesia

Titis Sunanti, Universitas PGRI Yogyakarta

Koryna Aviory, Universitas PGRI Yogyakarta, Indonesia

Abdul Aziz Saefudin, Universitas PGRI Yogyakarta, Indonesia

Bintang Wicaksono, (ID Sinta: [5988070](https://orcid.org/5988070)) Universitas PGRI Yogyakarta



[HOME](#) / [ARCHIVES](#) / [VOL. 12 NO. 3 \(2025\): JURNAL DERIVAT \(DESEMBER 2025\)](#) / [Articles](#)

Pemodelan Dan Analisa Produksi Kerupuk Subur Dengan Menggunakan Aljabar-Max-Plus

Dessy Agustin Savina

Universitas Sanata Dharma, Indonesia

Rika Ardiansyah Saputra

Universitas Sanata Dharma, Indonesia

Marcellinus Andy Rudhito

Universitas Sanata Dharma, Indonesia

 **FULL TEXT**

PUBLISHED

25-12-2025

DOI: <https://doi.org/10.31316/j.derivat.v12i3.6667>

ABSTRACT

This study aims to model and analyze the optimal time from the time of the cracker production process from the beginning to completion using the Max-Plus algebraic approach at the cracker factory. The

ISSUE

[Vol. 12 No. 3 \(2025\): Jurnal Derivat \(Desember 2025\)](#)

SECTION

[Articles](#)

study was conducted by collecting data from the field, following the diagram of the production process, modeling mathematically using the Max-Plus algebra, and conducting a simulation calculation using the Scilab program. The results showed that the production process could be required in the Max-Plus algebra matrix equation. The results also showed that the production of cracker crackers can be done periodically, taking about 590 minutes per unit, or about 10 hours in total to complete one production unit. If it is adjusted to the factory work schedule that runs from 05.00 WIB to 15.00 WIB, then 1 production unit can be completed in 1 day, while 10 units require 4 days.

Keywords: : Linear System, Algebra Max-Plus, Production System

REFERENCES

Rudhito, M. A. (2020). Aljabar max-plus dan penerapannya. Sanata Dharma University Press.

Subiono. 2015. Aljabar Min-Max Plus dan Terapannya. Surabaya.

Rohani, S., Amalia, R., Yulianto, T., & Faisol, F. (2018). Sistem Persamaan Linier Aljabar Max-Plus untuk Mengoptimalisasi Waktu Produksi Otok Goreng Khas Madura. Zeta-Math Journal, 4(1), 12-17. Diunduh di <https://doi.org/10.31102/zeta.2018.4.1.12-17>, pada 12 Maret 2024.

CITATION CHECK



LICENSE

Copyright (c) 2025 Dessy Agustin Savina,
Rika Ardiansyah Saputra, Marcellinus Andy
Rudhito



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Authors who publish with this journal agree to the following terms:

- Authors retain copyright and grant the journal right of first publication with the work simultaneously licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) that allows

Nadya Novika, S., & Guswanto, B. H. MASALAH NILAI EIGEN ATAS ALJABAR MAX-PLUS PADA SISTEM PRODUKSI BULU MATA. Diunduh di <https://core.ac.uk/download/pdf/588017201.pdf>, pada 12 Maret 2024.

Binatari, N. (2013). Sifat-sifat Nilai Eigen dan Vektor Eigen Matriks atas Aljabar Maxplus. Jurnal Sains Dasar, 2(1). Diunduh di <https://doi.org/10.21831/jsd.v2i1.2375>, pada 1 Juni 2024.

Nawar, W., Rahakbauw, D. L., & Patty, D. (2023). Penjadwalan Waktu Proses Produksi Tahu Menggunakan Pendekatan Aljabar Max-Plus (Studi Kasus: Pabrik Sumber Rizki). Tensor: Pure and Applied Mathematics Journal, 4(2), 73-82. Diunduh di <https://doi.org/10.30598/tensorvol4iss2pp73-82>, pada 12 Maret 2024.

Nurmalitasari, D., & Iswahyuni, R. E. (2020, February). Desain Petri Net dan Aplikasi Aljabar Max-Plus Pada Produksi Susu Kedelai Berkah. In Prosiding SI MaNIs (Seminar Nasional Integrasi Matematika dan Nilai-Nilai Islami) (Vol. 3, No. 1, pp. 268-276). Diunduh di <https://conferences.uin-malang.ac.id/index.php/SIMANIS/article/download/955/533> pada 12 Maret 2024

Ismail, S., Saputra, W., Baisan, P., Faturrohman, G., Kartika, B., Padliyah, S. M., ... & Abrar, K. (2022). Pemberdayaan Masyarakat Desa Krueng Tunong Aceh Jaya Melalui Usaha Kerupuk Udang Berbasis Komoditas Lokal. Meuseuraya-Jurnal Pengabdian Masyarakat, 120-127. Diunduh di <https://doi.org/10.47498/meuseuraya.v1i2.1383> pada 12 Maret 2024.

others to share the work with an acknowledgment of the work's authorship and initial publication in this journal.

- b. Authors are able to enter into separate, additional contractual arrangements for the non-exclusive distribution of the journal's published version of the work (e.g., post it to an institutional repository or publish it in a book), with an acknowledgment of its initial publication in this journal.
- c. Authors are permitted and encouraged to post their work online (e.g., in institutional repositories or on their website) prior to and during the submission process, as it can lead to productive exchanges, as well as earlier and greater citation of published work (See [The Effect of Open Access](#)).

Nugroho, T. S., & Sukmawati, U. (2020). Pengaruh metode pengeringan kerupuk udang windu (*Paneaus monodon*) terhadap daya kembang dan nilai organoleptik. *Manfish Journal*, 1(2), 107-114. Diunduh di <https://doi.org/10.31573/manfish.v1i02.170> pada 12 Maret 2024.

...: MENU :...

Focus and Scope

Peer Review Process

Editorial Team

Reviewer

Publication Frequency

Open Access Policy

Publication Ethics

Article Processing Charge

Screening Plagiarism

Journal History

Author Guidelines

Copyright Notice

Pemodelan Dan Analisa Produksi Kerupuk Subur Dengan Menggunakan Aljabar-Max-Plus

Dessy Agustin Savina¹ , Rika Ardiansyah Saputra² , Marcellinus Andy Rudhito³ 

^{1,2,3}Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma

Abstract: This study aims to model and analyze optimal time from the time of the cracker production process from the beginning to completion using the Max-Plus algebraic approach at the cracker cracker factory. The study was conducted by collecting data from the field, following the diagram of the production process, modeling mathematically using the Max-Plus algebra and conducting a simulation calculation using the scilab program. The results showed that the production process could be required in the Max-Plus algebra matrix equation. The results also showed that the process of production of cracker crackers can be done periodically by taking about 590 minutes in one production unit if changed in hours it requires about 10 hours to complete one production unit. If it is adjusted to the factory work schedule that starts at 05.00 WIB until 15.00 WIB, then 1 production unit can be completed in one day while for 10 units of production requires 4 days.

ARTIKEL HISTORI

Received 12/07/2025

Publish 25/12/2025

KEYWORDS:

Algebra Max-Plus, Linear System, Production System

Pendahuluan

Kerupuk merupakan salah satu makanan ringan yang populer di Indonesia. Kerupuk terbuat dari campuran adonan tepung tapioka dan perasa seperti udang atau ikan (Pakpahan & Nelinda, 2019). Menurut (Kusuma dkk., 2013), tepung tapioka adalah bahan baku utama dalam pembuatan kerupuk. Proses pembuatan kerupuk meliputi tahapan pencampuran bahan, pembentukan adonan, pencetakan adonan, penjemuran, pemotongan, dan penggorengan. Menurut Mastarina komposisi bahan dan cara pengolahan sangat mempengaruhi kualitas dari produk kerupuk yang dihasilkan (Ismail dkk., 2022). Sedangkan menurut Teguh dan Uji, kualitas mutu dapat ditentukan dari rasa, tekstur, aroma, warna, bentuk nyata serta nilai gizi yang baik (Nugroho & Sukmawati, 2020).

Indonesia memiliki berbagai jenis kerupuk yaitu kerupuk terung, kerupuk tengiri, kerupuk udang, kerupik bawang, kerupuk rambak, dan sebagainya (Agustina & Saputro, 2018). Jenis kerupuk yang beragam dan kepopulerannya membuat industri kerupuk menjadi salah satu sektor yang berkembang pesat. Salah satu pelaku usaha yang juga berperan dalam industri kerupuk adalah Pabrik Kerupuk Subur. Pabrik Kerupuk Subur terletak di Jalan Gedongkuning Gang Nuri, Wonocatur, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta. Pabrik ini telah lama berdiri dan menyuplai kerupuk ke banyak daerah di sekitar. Meskipun telah berdiri sejak lama dan menyuplai ke seluruh daerah di Yogyakarta, Pabrik Kerupuk Subur tentunya juga, mengalami berbagai tantangan untuk terus meningkatkan efisiensi produksi tanpa merusak kualitas. Waktu produksi dan tenaga kerja sangat mempengaruhi kapasitas dan biaya produksi sehingga perlu adanya solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Metode Aljabar Max-Plus dapat menjadi solusi untuk mengoptimalkan waktu yang diperlukan dalam setiap tahapan produksi secara matematis. Metode Aljabar Max-Plus merupakan himpunan dari $\mathbb{R} \cup \{-\infty\}$, dimana $\mathbb{R}$ adalah bilangan real (Kurniawan & Suparwanto, 2020). Dalam Aljabar

Corresponding author:

Marcellinus Andy Rudhito, Pendidikan Matematika, Universitas Sanata Dharma, Indonesia, Email: rudhito@usd.ac.id

Received : 12-07-2025, Accepted : 25-12-2025. DOI: <https://doi.org/10.31316/j.derivat.v12i3.6667>

Max-Plus, terdapat operasi dasar yaitu penjumlahan yang dilambangkan dengan simbol $\otimes$ dan maksimum yang dilambangkan dengan simbol $\oplus$ (Nasrulyati, 2017).

Scilab merupakan perangkat lunak yang dapat digunakan pengguna tanpa perlu membayar yang berguna untuk perhitungan numerik, analisis, dan visualisasi data (Pratama, 2022). Aplikasi tersebut dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan seperti, (1) penguatan konsep matematis yang telah dilakukan oleh Syamsuri & Nindiasari (2021), dan (2) Penerapan metode eliminasi gauss jordan dalam rangkaian listrik yang dilakukan oleh (Anam & Arnas, 2019). Perangkat Scilab juga memungkinkan untuk dapat dimanfaatkan dalam aljabar *max-plus* terutama dalam memvisualisasi data dan membantu perhitungan pengoptimalisasian waktu produksi.

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rohani dkk. (2018), yang juga menggunakan metode aljabar max-plus dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi dapat diselesaikan dalam 4 periode waktu dengan waktu tercepat mulai dari pukul 07.00 WIB hingga 09.50 WIB. Sementara itu, dalam jurnal Nurmalitasari dan Iswahyuni (2019), menjelaskan bahwa hasil penelitiannya mengungkapkan penggunaan aljabar max-plus menghasilkan waktu optimal 882 menit untuk memproduksi susu kedelai. Penelitian lainnya dilakukan oleh Novika dkk. (2023), ditemukan bahwa sistem produksi memiliki waktu periodik sebesar 78,488 menit. Penelitian yang dilakukan oleh Rafflesia (2012), menunjukkan hasil penelitian berupa jadwal periodik dari pembuatan satu set sri rotan. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Wibowo dkk. (2018), memperoleh hasil penelitian bahwa durasi *traffic light* lebih optimal pada persimpangan Jarakah Semarang dan persimpangan Lotte Mart Semarang.

Berdasarkan uraian permasalahan diatas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis optimalisasi waktu proses produksi kerupuk dari awal hingga selesai dengan menggunakan pendekatan Aljabar Max-Plus pada Pabrik Kerupuk Subur. Adapun perbedaan dari penelitian ini dari penelitian sebelumnya terletak pada objek penelitian yaitu Pabrik Kerupuk Subur.

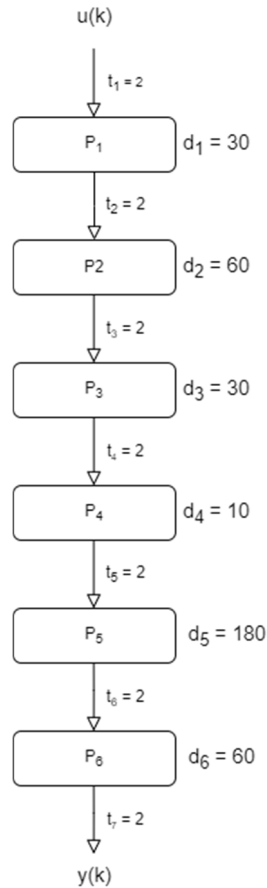
Metode Penelitian

Penelitian ini diambil melalui studi kasus produksi kerupuk di Pabrik kerupuk subur Yogyakarta. Pengambilan data penelitian dengan cara observasi langsung ke tempat produksi. Data diperoleh dengan melakukan wawancara dengan narasumber yaitu kepala pabrik. Peneliti menggunakan dua metode penelitian yaitu kualitatif (proses produksi kerupuk dari awal hingga selesai) dan kuantitatif (lama waktu proses produksi kerupuk dari awal hingga selesai).

Adapun kegiatan penelitian ini dirancang sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data tentang proses produksi kerupuk Subur
2. Membuat diagram alir proses pembuatan kerupuk
3. Menentukan variabel-variabel yang digunakan
4. Membuat beberapa asumsi
5. Menggunakan aljabar max-plus untuk mengkonstruksi model dinamik dari aliran sistem proses produksi
6. Menggunakan program scilab untuk mengetahui waktu periodik

Hasil Dan Pembahasan



Gambar 1. Diagram Alir Proses Pembuatan Kerupuk

Keterangan :

t_i : Waktu pemindahan tiap proses ke proses selanjutnya, $i = 1, 2, 3, \dots$

Tabel 1. Deskripsi Alur Proses Produksi Kerupuk dan Waktu Pemrosesan tiap alur

Proses ketika P_i	Deskripsi	Waktu proses d_i (menit)	Waktu proses perpindahan tiap alur
P_1	Proses membuat bubur	30	2
P_2	Proses pengadonan	60	2
P_3	Proses mencetak	30	2
P_4	Proses pengukusan	10	2
P_5	Proses Oven	180	2
P_6	Proses menggoreng	60	2

Pendefinisian untuk membantu dalam memodelkan aljabar *Max-Plus* yaitu pendefinisian waktu yang berkaitan dengan produksi subur, yakni:

- $u(k)$ adalah waktu ketika jenang mulai dimasukkan ke dalam sistem untuk pemrosesan ke $(k+1)$
- $x_i(k)$ adalah waktu saat unit pemrosesan ke- i mulai bekerja untuk proses ke- k pada saat dengan nilai $i=1,2,3,\dots,7$; dan
- $y(k)$ adalah waktu dimana proses produksi kerupuk selesai dan meninggalkan sistem pada saat yang ke- k

Variabel-variabel diatas akan digunakan untuk memodelkan aljabar Max-Plus namun, sebelum melakukan pemodelan akan diberikan asumsi-asumsi yang berkaitan dengan sistem produksi kerupuk, yaitu:

1. Ada tempat-tempat untuk menyimpan unit dalam kapasitas yang cukup besar
2. Kegiatan produksi dihitung waktunya dalam proses yang kontinu
3. Apabila proses sebelumnya sudah dilakukan maka dapat berlanjut ke proses berikutnya dengan catatan harus melewati tahap sebelumnya
4. Kegiatan produksi dilakukan secara periodik
5. Proses produksi berkelanjutan sehingga proses unit terakhir yaitu proses menggoreng saat meninggalkan sistem dalam waktu yang bersamaan proses memasukkan jenang terjadi maka persamaan dapat dibuat seperti berikut $u(k)=y(k)$

Langkah berikutnya, berdasarkan diagram alir yang telah dibuat maka waktu setiap unit pemrosesan yang mulai bekerja pada proses ke-(k+1) dapat diperoleh sebagai berikut:

$$x_{_1}(k+1) = \max(x_{_1}(k)+30, u(k)+2)$$

$$\begin{aligned} x_{_2}(k+1) &= \max(x_{_1}(k)+30+2, x_{_2}(k)+60) \\ &= \max(x_{_1}(k)+32, x_{_2}(k)+60) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{_3}(k+1) &= \max(x_{_2}(k)+60+2, x_{_3}(k)+30) \\ &= \max(x_{_1}(k)+62, x_{_2}(k)+30) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{_4}(k+1) &= \max(x_{_3}(k)+30+2, x_{_4}(k)+10) \\ &= \max(x_{_1}(k)+32, x_{_2}(k)+10) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{_5}(k+1) &= \max(x_{_4}(k)+10+2, x_{_5}(k)+180) \\ &= \max(x_{_1}(k)+12, x_{_2}(k)+180) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{_6}(k+1) &= \max(x_{_5}(k)+180+2, x_{_6}(k)+60) \\ &= \max(x_{_1}(k)+182, x_{_2}(k)+60) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y(k) &= x_{_7}(k)+60+2 \\ &= x_{_7}(k)+62 \end{aligned}$$

Persamaan yang telah diperoleh diatas dapat dituliskan dengan notasi $\oplus$ dan $\otimes$ pada notasi aljabar max-plus, dimana notasi $\oplus$ untuk menyatakan operasi max dan notasi $\otimes$ untuk menyatakan operasi penjumlahan sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$x_{_1}(k+1) = 30 \otimes x_{_1}(k) \oplus 2 \otimes u(k)$$

$$x_{_2}(k+1) = 32 \otimes x_{_1}(k) \oplus 60 \otimes x_{_2}(k)$$

$$x_{_3}(k+1) = 62 \otimes x_{_2}(k) \oplus 30 \otimes x_{_3}(k)$$

$$x_{_4}(k+1) = 32 \otimes x_{_3}(k) \oplus 10 \otimes x_{_4}(k)$$

$$x_{_5}(k+1) = 12 \otimes x_{_4}(k) \oplus 180 \otimes x_{_5}(k)$$

$$x_{_6}(k+1) = 182 \otimes x_{_5}(k) \oplus 60 \otimes x_{_6}(k)$$

$$y(k) = 62 \otimes x_{_7}(k)$$

Kemudian, kita pindahkan dari hasil persamaan diatas menjadi matriks aljabar max-plus sehingga diperoleh matriksnya yaitu:

$$x(k+1) = \begin{bmatrix} 30 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\ 32 & 60 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\ \varepsilon & 62 & 30 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\ \varepsilon & \varepsilon & 32 & 10 & \varepsilon & \varepsilon \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & 12 & 180 & \varepsilon \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & 182 & 60 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \\ x_4(k) \\ x_5(k) \\ x_6(k) \end{bmatrix} \oplus \begin{bmatrix} 2 \\ \varepsilon \\ \varepsilon \\ \varepsilon \\ \varepsilon \\ \varepsilon \end{bmatrix} \otimes u(k)$$

$$y(k) = [\varepsilon \quad \varepsilon \quad \varepsilon \quad \varepsilon \quad \varepsilon \quad 62] \otimes \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \\ x_4(k) \\ x_5(k) \\ x_6(k) \end{bmatrix}$$

Model persamaan yang digunakan untuk memodelkan persamaan diatas adalah

$$x_i(k+1) = A \otimes x_i(k) \oplus B \otimes u(k)$$

$$y(k) = C \otimes x_i(k)$$

dengan

$$A = \begin{bmatrix} 30 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\ 32 & 60 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\ \varepsilon & 62 & 30 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\ \varepsilon & \varepsilon & 32 & 10 & \varepsilon & \varepsilon \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & 12 & 180 & \varepsilon \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & 182 & 60 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 2 \\ \varepsilon \\ \varepsilon \\ \varepsilon \\ \varepsilon \\ \varepsilon \end{bmatrix}, C = [\varepsilon \quad \varepsilon \quad \varepsilon \quad \varepsilon \quad \varepsilon \quad 62]$$

Berdasarkan asumsi 4, model yang digunakan dapat diubah menjadi seperti berikut.

$$\begin{aligned} x_i(k+1) &= A \otimes x_i(k) \oplus B \otimes u(k) \\ &= A \otimes x_i(k) \oplus B \otimes y(k) \\ &= A \otimes x_i(k) \oplus B \otimes C \otimes x_i(k) \\ &= \bar{A} \otimes x_i(k) \end{aligned}$$

dengan $\bar{A} = A \oplus B \otimes C$

Nilai $\bar{A}$ dapat dihitung dengan menggunakan aplikasi Scilab versi 5.5.2 dengan menggunakan Toolboxes yang sudah terinstall. Berikut adalah nilai $\bar{A}$ yang diperoleh.

```
-->Abar=maxplusoplus(A,maxplusotimes(B,C))
Abar =

    30.  - Inf  - Inf  - Inf  - Inf    64.
    32.   60.  - Inf  - Inf  - Inf    - Inf
   - Inf   62.   30.  - Inf  - Inf    - Inf
   - Inf  - Inf   32.   10.  - Inf    - Inf
   - Inf  - Inf  - Inf   12.  180.    - Inf
   - Inf  - Inf  - Inf  - Inf  182.   60.
```

Nilai vektor eigen dan nilai eigen akan digunakan dalam mensimulasikan keadaan awal dengan perintah `maxplussys ( $\bar{A}, x_0, q$ )` dengan q adalah bilangan bulat positif yang mendefinisikan banyaknya baris. Nilai x_0 yaitu $x_0 = [0; 0; 0; 0; 0; 0]$. dengan menggunakan aplikasi Scilab didapat hasil sebagai berikut:

```
-->[X] = maxplussys(Abar,[0;0;0;0;0;0],10)
X =

    0.    64.   246.   426.   606.   786.   966.   1146.   1326.   1506.   1686.
    0.    60.   120.   278.   458.   638.   818.   998.   1178.   1358.   1538.
    0.    62.   122.   182.   340.   520.   700.   880.   1060.   1240.   1420.
    0.    32.    94.   154.   214.   372.   552.   732.   912.   1092.   1272.
    0.   180.   360.   540.   720.   900.  1080.  1260.  1440.  1620.  1800.
    0.   182.   362.   542.   722.   902.  1082.  1262.  1442.  1622.  1802.

-->for i=1:11
-->y(:,i)=maxplusotimes(C,X(:,i));
-->end

-->y
y =

    62.   244.   424.   604.   784.   964.  1144.  1324.  1504.  1684.  1864.
```

dengan $-\inf$ merupakan ε .

Nilai eigen $\bar{A}$ untuk menentukan kondisi awal agar sistem mencapai periodik

```
-->[l,v,d]=maxplusmaxalgol(Ebar)
d =

    1.
v =

    786.
    638.
    520.
    372.
    900.
    902.
l =

    180.
```

Dari hasil diatas, terlihat bahwa kondisi awal yang baik untuk memulai proses pembuatan kerupuk saat $x_i[786 \ 638 \ 520 \ 372 \ 900 \ 902]^T$ dengan periode sama dengan 180 pada $k = 4$. Untuk mendapatkan nilai vektor eigen minimum, maka kita cari nilai vektor eigen terkecil dan membuatnya menjadi nol. Terlihat dalam vektor eigen diatas, nilai vektor terkecil yaitu 372 sehingga semua nilai vektor eigen akan dikurangi dengan 372 menjadi $x_i[414 \ 266 \ 148 \ 0 \ 528 \ 530]^T$. Dengan x menunjukkan waktu yang diperlukan untuk setiap kegiatan proses produksi dimulai dan selesai, dan y menunjukkan waktu yang diperlukan untuk proses produksi selesai dan siap untuk dijual.


```

-->[X]=maxplussys(Ebar, [414; 266; 148; 0; 528; 530], 10)
X =

    414.    592.    772.    952.    1132.    1312.    1492.    1672.    1852.    2032.    2212.
    266.    446.    624.    804.    984.    1164.    1344.    1524.    1704.    1884.    2064.
    148.    328.    508.    686.    866.    1046.    1226.    1406.    1586.    1766.    1946.
     0.    180.    360.    540.    718.    898.    1078.    1258.    1438.    1618.    1798.
    528.    708.    888.    1068.    1248.    1428.    1608.    1788.    1968.    2148.    2328.
    530.    710.    890.    1070.    1250.    1430.    1610.    1790.    1970.    2150.    2330.

-->for i=1:11
-->y(:,i)=maxplusotimes(C,X(:,i));
-->end

-->y
y =

    590.    770.    950.    1130.    1310.    1490.    1670.    1850.    2030.    2210.    2390.

```

Dari hasil perhitungan scilab diatas, diperoleh bahwa pabrik kerupuk subur memerlukan waktu 590 menit atau sekitar 10 jam untuk menyelesaikan 1 unit produksinya. Sedangkan, untuk 10 unit produksi, pabrik memerlukan waktu 2390 menit atau sekitar 1 hari 6 jam. Jika disesuaikan dengan jadwal kerja pabrik yang dimulai pada pukul 05.00 WIB - 15.00 WIB maka untuk 1 unit produksi hanya membutuhkan waktu satu hari sedangkan untuk 10 unit produksinya membutuhkan 4 hari.

Pembahasan

Analisis proses produksi pada Pabrik Kerupuk Subur menunjukkan bahwa sistem ini merupakan sistem produksi yang bersifat deterministik dan berurutan, sehingga sangat tepat dimodelkan menggunakan pendekatan Aljabar Max-Plus. Berdasarkan pemodelan yang dilakukan, ditemukan bahwa terdapat enam tahapan utama yang saling berkesinambungan, mulai dari pembuatan bubur hingga penggorengan, dengan waktu perpindahan antar-proses yang konstan sebesar 2 menit. Dari hasil simulasi menggunakan perangkat lunak Scilab, diperoleh nilai eigen sebesar 590, yang secara matematis merepresentasikan waktu periodik atau siklus tetap yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu unit produksi secara utuh. Hal ini berarti sistem mencapai kestabilan periodik pada durasi 590 menit atau setara dengan 9 jam 50 menit.

Durasi siklus selama 590 menit ini memiliki implikasi praktis yang signifikan terhadap jadwal operasional pabrik. Jika disesuaikan dengan jam kerja pabrik yang dimulai pukul 05.00 WIB hingga 15.00 WIB (durasi 10 jam), maka dalam satu hari kerja, pabrik hanya mampu menyelesaikan satu unit produksi secara sempurna. Ketika volume produksi ditingkatkan menjadi 10 unit, perhitungan menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan adalah 2.390 menit. Namun, karena adanya batasan jam kerja harian, penyelesaian 10 unit tersebut secara realistis membutuhkan waktu empat hari kerja. Temuan ini mengidentifikasi adanya titik hambat (*bottleneck*) pada proses pengovenan (P5) yang memakan waktu paling lama, yaitu 180 menit, yang menjadi penentu utama panjangnya durasi siklus produksi secara keseluruhan.

Lebih lanjut, analisis melalui vektor eigen memberikan rekomendasi jadwal mulai yang optimal bagi setiap tahapan produksi agar sistem berjalan secara periodik dan efisien tanpa adanya waktu tunggu yang sia-sia. Penelitian ini mempertegas bahwa penggunaan Aljabar Max-Plus mampu memberikan gambaran presisi mengenai kapasitas produksi maksimal sebuah pabrik makanan ringan. Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu pada objek yang berbeda, seperti produksi susu kedelai yang membutuhkan 882 menit, Pabrik Kerupuk Subur memiliki efisiensi waktu yang lebih baik, namun tetap memerlukan strategi manajemen waktu atau penambahan sarana pada proses pengovenan jika ingin meningkatkan output harian di luar batas satu unit per hari.

Kesimpulan

Model Aljabar *Max-Plus* produksi kerupuk subur dibentuk dalam persamaan $x_i(k+1) = A \otimes x_i(k) \oplus B \otimes u(k)$, $y(k) = C \otimes x_i(k)$ dengan $k=0,1,2,\dots$. A merupakan waktu proses pada suatu unit produksi yang sedang berjalan, B merupakan waktu yang diperlukan untuk perpindahan suatu proses produksi yang sedang berjalan, dan C merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu produksi hingga tahap akhir atau sebelum diambil/diselesaikan. Model persamaan tersebut diubah menjadi model eigen yang dapat memunculkan nilai eigen, persamaan tersebut dapat dilihat sebagai berikut,

$$\bar{A} = A \oplus B \otimes C$$

sehingga dapat disederhanakan menjadi,

$$x_i(k+1) = \bar{A} \otimes x_i(k)$$

Nilai eigen yang diperoleh yaitu 590, nilai tersebut merupakan waktu periodik dalam proses produksi kerupuk subur sedang waktu unit pemrosesan mulai bekerja pada tiap tahapan yaitu menit ke- 414, 266, 148, ..., 530.

Proses produksi kerupuk subur dapat dilakukan secara periodik dengan membutuhkan waktu sekitar 590 menit dalam satu unit produksi jika diubah dalam jam maka membutuhkan sekitar 10 jam untuk menyelesaikan satu unit produksi. Jika disesuaikan dengan jadwal kerja pabrik yang dimulai pada pukul 05.00 WIB hingga 15.00 WIB maka untuk 1 unit produksi dapat diselesaikan dalam satu hari sedangkan untuk 10 unit produksinya membutuhkan 4 hari.

REFERENSI

- Anam, K., & Arnas, Y. (2019). PENERAPAN METODE ELIMINASI GAUSS-JORDAN PADA RANGKAIAN LISTRIK MENGGUNAKAN SCILAB. *Jurnal Ilmiah Aviasi Langit Biru*, 12(2).
- Agustina, T., & Saputro, D. (2018). PENGOLAHAN KERUPUK KULIT IKAN DI KELURAHAN BULU LOR KOTA SEMARANG. *Rekayasa*, 16(1), 113–118. <https://doi.org/10.15294/rekayasa.v16i1.15097>
- Ismail, S., Saputra, W., Baisan, P., Faturrohman, G., Vanyza, Kartika, B., Padliyah, S. M., Ananda, S. M., Kiram, S., Jauzi, N. A., Riayatsyah, E., & Abrar, K. (2022). PEMBERDAYAAN MASYARAKAT DESA KRUENG TUNONG ACEH JAYA MELALUI USAHA KERUPUK UDANG BERBASIS KOMODITAS LOKAL. *MEUSEURAYA - JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT*, 59–69. <https://doi.org/10.47498/meuseuraya.v1i2.1383>
- Kurniawan, A., & Suparwanto, A. (2020). Max-Plus Linear Equation System and Its Application on Railway Network System. *Jurnal Matematika Thales*, 2(1). <https://doi.org/10.22146/jmt.55316>
- Kusuma, T. D., Suseno, T. I. P., & Surjoseputro, S. (t.t.). PENGARUH PROPORSI TAPIOKA DAN TERIGU TERHADAP SIFAT FISIKOKIMIA DAN ORGANOLEPTIK KERUPUK BERSELEDRI. 12.
- Nasrulyati, T. S. (2017). ALJABAR MAX PLUS DAN APLIKASINYA: MODEL SISTEM PRODUKSI SEDERHANA. 17.
- Novika, N., Suroto, S., & Guswanto, B. H. (2023). MASALAH NILAI EIGEN ATAS ALJABAR MAX-PLUS PADA SISTEM PRODUKSI BULU MATA. *Prismatika: Jurnal Pendidikan dan Riset Matematika*, 6(1), 1–14. <https://doi.org/10.33503/prismatika.v6i1.3348>
- Nugroho, T. S., & Sukmawati, U. (2020). Pengaruh Metode Pengeringan Kerupuk Udang Windu (Paneaus monodon) Terhadap Daya Kembang dan Nilai Organoleptik. *MANFISH JOURNAL*, 1(02), 107–114. <https://doi.org/10.31573/manfish.v1i02.170>
- Nurmalitasari, D., Pd, S., Si, M., Iswahyuni, R. E., Pd, S., & Pd, M. (2019). Desain Petri Net dan Aplikasi Aljabar Max-Plus Pada Produksi Susu Kedelai Berkah. 3(1).

- Pakpahan, N., & Nelinda, N. (2019). STUDI KARAKTERISTIK KERUPUK: PENGARUH KOMPOSISI DAN PROSES PENGOLAHAN. *Jurnal Teknologi Pengolahan Pertanian*, 1(1), 28. <https://doi.org/10.35308/jtpp.v1i1.1484>
- Pratama, F. R. (2022). *Komputasi Numerik untuk Sains dan Teknik dengan Scilab*. PT Alfa Semar Scientific.
- Rafflesia, U. (2012). Penerapan Aljabar Max-Plus Pada Sistem Produksi Meubel Rotan. *Jurnal Gradien*, 8(1), 775–779.
- Rohani, S., Amalia, R., Yulianto, T., & Faisol, F. (2018). Sistem Persamaan Linier Aljabar Max-Plus untuk Mengoptimalkan Waktu Produksi Otok Goreng Khas Madura. *Zeta - Math Journal*, 4(1), 12–17. <https://doi.org/10.31102/zeta.2018.4.1.12-17>
- Syamsuri, S., & Nindiasari, H. (2021). Penguatan konsep matematis bagi guru matematika melalui pelatihan software Scilab secara daring. *ABSYARA: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 2(1), 8–14. <https://doi.org/10.29408/ab.v2i1.3190>
- Wibowo, A., Wijayanti, K., & Veronica, R. B. (2018). *PENERAPAN ALJABAR MAX-PLUS PADA PENGATURAN SISTEM ANTRIAN TRAFFIC LIGHT*.