

SISTEM PERSAMAAN LINIER ALJABAR MAX-PLUS UNTUK MENGOPTIMALISASI WAKTU PRODUKSI OTOK GORENG KHAS MADURA

by Rica Amalia Rica Amalia

Submission date: 21-Dec-2020 04:48AM (UTC-0700)

Submission ID: 1480069054

File name: 2._Sistem_Persamaan_Linier_Aljabar_Max-Plus.pdf (312.39K)

Word count: 3415

Character count: 19012

2
**SISTEM PERSAMAAN LINIER ALJABAR MAX-PLUS UNTUK
MENGOPTIMALISASI WAKTU PRODUKSI OTOK GORENG
KHAS MADURA**

Suci Rohani¹, Rica Amalia², Tony Yulianto³

11
¹ Universitas Islam Madura (UIM) Pamekasan
sucirohani808@gmail.com

² Universitas Islam Madura (UIM) Pamekasan
Ricaamalia45@gmail.com

³ Universitas Islam Madura (UIM) Pamekasan
toniyulianto65@gmail.com

Abstrak

2
Setiap perusahaan memiliki tujuan untuk meningkatkan produk yang dihasilkan. Namun dalam hal ini pada proses produksi setiap perusahaan pasti dihadapkan pada beberapa persoalan salah satunya tingkat persaingan yang semakin kompetitif seperti yang terjadi pada perusahaan otok goreng khususnya Otok Goreng HLM H yang mengharuskan untuk menentukan jumlah produksinya agar dapat memenuhi permintaan pasar dengan tepat waktu dan jumlah yang sesuai sehingga diharapkan dapat meningkatkan laba dari pabrik itu sendiri. Optimalisasi waktu produksi dan penjadwalan dapat dimodelkan menggunakan teori Sistem linear max-plus waktu invariant (SLMI) dalam Sistem Event Diskret (SED) dimana waktu aktifitasnya berupa bilangan real. Hasil optimalisasi waktu produksi Otok Goreng HLM H dengan metode Sistem Linier Max-Plus Waktu Invariant (SLMI) yaitu subpenyelesaian terbesarnya diperoleh hasil pemesanan yang optimal untuk waktu pemesanannya sebanyak 4 waktu dengan waktu tercepat memulai produksi pada pkl 07.00 WIB hingga pkl 09.50 WIB, maka konsumen yang telah memesan Otok Goreng HLM H dapat mengambil pesannya pada pkl 14.03 WIB hingga pkl 16.53 WIB atau setelahnya.

Kata Kunci: Sistem Linier Aljabar Max-Plus Waktu Invariant (SLMI), Sistem Produksi, Optimalisasi.

2
Abstract

Every company has a goal to improve the product. But in this case in the production process of each company must be faced with several issues, one of which the level of competition is increasingly competitive as happened to the company otok goreng. Especially Otok Goreng HLM H which requires to determine the amount of production in order to meet market demand in a timely manner and the amount accordingly so expect to increase the profit of the factory it self. The optimization of production time and scheduling can be modeled using the theory of the linear max-plus time invariant system (SLMI) in Discrete Event System (SED) where the activity time is a real number. The result of optimizing the production time of Otok Goreng HLM H with Linier Max-Plus Time Invariant (SLMI) method which is the largest sub completion obtained the optimal order result for the time of ordering 4 time with the fastest time start the production at 07.00 WIB until 09.50 WIB, then the consumer who has ordered Otok Goreng HLM H can take his order at 14.03 WIB until 16.53 WIB or later.

Keywords: Linier Algebra Max-Plus Time Invariant (SLMI), Production System, Optimization.

PENDAHULUAN

16
Madura merupakan pulau yang terletak di sebelah timur laut Jawa Timur. Pulau Madura kaya akan kuliner dan makanan khasnya. Hal ini menjadi peluang bagi industri kecil untuk mengembangkan usahanya dalam hal membuat buah tangan. Salah satu makanan khas Madura yang banyak diminati masyarakat luar kota seperti di daerah Jawa adalah otak goreng. Otak goreng adalah otak camilan khas Madura yang terbuat dari biji kacang panjang dan dibumbui dengan bumbu khas Madura. Otak goreng dapat ditemukan dengan mudah di toko oleh-oleh yang ada di Madura. Setiap industri dari otak goreng ini juga memiliki merek dagang tersendiri, seperti otak goreng HLM H yang berada di Kabupaten Pamekasan tepatnya di Desa Waru Barat Kecamatan Waru. Pabrik HLM H merupakan pabrik yang bergerak di bidang industri yakni memproduksi otak goreng. HLM H diambil dari nama sepasang suami istri pemilik pabrik itu sendiri yaitu Halimi Halima. Sudah banyak produsen otak goreng yang tersebar luas di Madura sehingga hal ini menyebabkan tingkat persaingan yang semakin kompetitif. Oleh karena itu, produsen-produsen ini khususnya HLM H mengharuskan untuk merencanakan atau menentukan jumlah produksinya agar dapat memenuhi permintaan pasar dengan tepat waktu dan jumlah yang sesuai sehingga diharapkan dapat meningkatkan laba dari pabrik itu sendiri.

14
Optimalisasi waktu produksi dan penjadwalan dapat dimodelkan menggunakan teori aljabar *max-plus*. Penelitian tentang metode Aljabar *Max-Plus* telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya, diantaranya oleh Arifin pada tahun 2012 mengenai sistem persamaan linear aljabar *max-plus* waktu invariant (SLMI) dan penjadwalan produksinya untuk mengoptimisasi waktu produksi Bakpia Patok Jaya "25" daerah istimewa Yogyakarta. Dengan metode ini diperoleh jadwal periodik yang diharapkan dapat menjadi acuan dalam menentukan waktu memulai produksi dan waktu penyelesaian produk.

Kegiatan produksi pabrik otak goreng HLM H sangat erat kaitannya dengan penggunaan waktu dan jumlah tenaga kerja yang efektif. Dari permasalahan tersebut aljabar *max-plus* bisa dijadikan cara untuk mengoptimisasi waktu produksi dan sistem produksi sehingga diharapkan waktu produksi dapat digunakan secara efektif dan efisien.

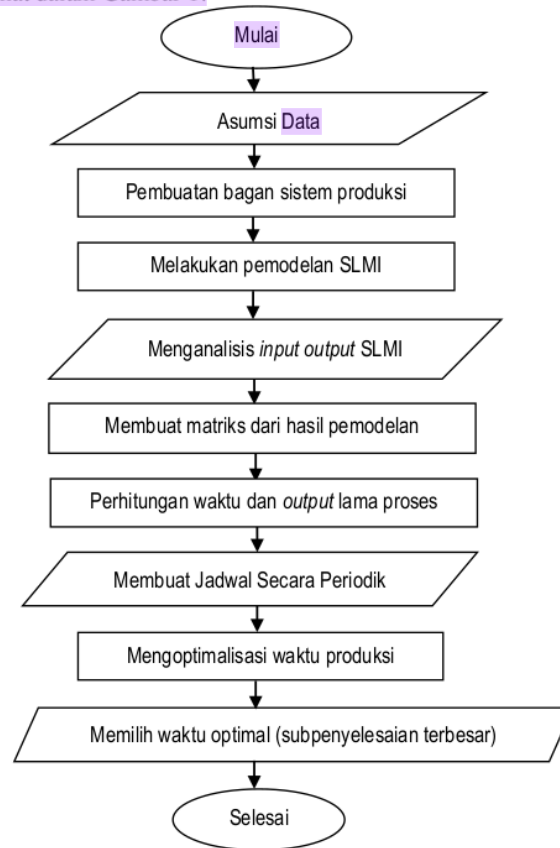
Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana hasil optimalisasi waktu produksi otak goreng HLM H dengan metode Sistem Linier *Max-Plus* waktu *Invariant* (SLMI) dalam Sistem *Event Diskret* (SED) Aljabar *Max-Plus* yang bertujuan untuk mengoptimalkan waktu produksi sehingga hasil produksi dapat memenuhi permintaan konsumen dan pemesanannya dapat dilayani tepat waktu.

METODE PENELITIAN

13
Identifikasi data dilakukan untuk menentukan variabel dan semesta pembicaraan yang diperlukan dalam melakukan perhitungan dan analisis masalah sesuai dengan metode Aljabar *Max-Plus*. Langkah-langkah penyelesaian Sistem Linier *Max-Plus* waktu *Invariant* (SLMI) dalam Sistem *Event Diskret* (SED) Aljabar *Max-Plus* adalah sebagai berikut:

1. Mengasumsikan data-data yang telah diperoleh dalam penggunaan SLMI
2. Membuat bagan sistem produksi dengan keterangan variabel yang ada, seperti :
t = Waktu proses pemindahan bahan yang akan diproses
d = Waktu saat proses produksi
P = Proses produksi
3. Melakukan pemodelan sistem produksi dengan SLMI aljabar *max-plus* dengan pemodelan
$$x(k+1) = A \otimes x(k) \oplus B \otimes u(k)$$
$$y(k) = C \otimes x(k)$$
4. Menganalisis *input-output* SLMI
5. Membuat matriks dari hasil pemodelan hasil sistem produksi
6. Melakukan perhitungan waktu keadaan dan *output* lama proses produksi
7. Membuat penjadwalan waktu produksi secara periodik
8. Mengoptimisasi waktu produksi
9. Memilih waktu optimal (subpenyelesaian terbesar)

22
Data yang diambil merupakan data primer yang diperoleh dari perusahaan otok goreng HLM H di 24 ru Barat Waru Pamekasan tentang waktu produksi yang biasa dilakukan dan proses produksinya. Variabel yang diambil dalam penelitian ini adalah waktu produksi dan proses produksi. Sedangkan sampel yang diambil dalam penelitian diambil pada bulan Januari tahun 2018. Adapun untuk langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 2. Diagram Alir Metode SLMI pada Aljabar *max-Plus*

Hasil Penelitian

1. Asumsi-Asumsi dalam Sistem Produksi Otok Goreng HLM

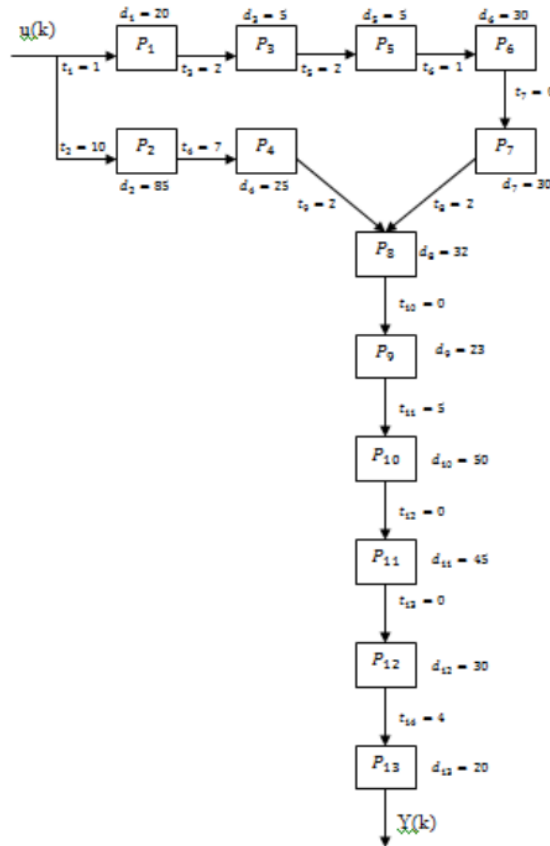
Penggunaan SLMI pada sistem produksi Otok Goreng HLM H diasumsikan sebagai berikut :

- Waktu perhitungan dilakukan untuk proses produksi secara kontinu.
- Waktu untuk mempersiapkan bahan-bahan yang akan diproses tidak diperhatikan atau dianggap $t_k(1) = 0$ dimana $k = 0$ sehingga k dimulai dari 1,2,3...
- Waktu dibatasi sampai barang siap untuk dipasarkan sehingga dalam hal ini t_{ke-14} bernilai 0. Suatu unit pemrosesan hanya dapat mulai bekerja untuk suatu produk yang baru, jika telah menyelesaikan proses produk sebelumnya.
- Matriks dalam sistem persamaannya merupakan matriks konstan, yaitu tidak tergantung pada parameter k sehingga sistemnya merupakan sistem waktu *invariant*.
- Dalam sekali produksi menggunakan 100 kg biji kacang panjang.
- Diasumsikan kegiatan produksi dilakukan dengan jadwal produksi yang periodik.
- Proses produksi tidak mengalami gangguan dan tidak mengalami cacat pada produk.
- Waktu referensi yang digunakan untuk memulai kegiatan produksi adalah jam 07.00 WIB.

2. Bagan Pemodelan Produksi Otok Goreng HLM H

21

Berdasarkan hasil penelitian produksi Otok Goreng HLM H Waru dapat digambarkan dalam bentuk bagan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Pemodelan Produksi Otok Goreng HLM H

1

Keterangan :

t_i = Waktu proses pemindahan bahan yang akan diproses, $i = 1, 2, 3, \dots, 14$

d_1 = Waktu saat Proses pengupasan bahan-bahan untuk bumbu

d_2 = Waktu saat proses penggorengan biji kacang panjang

d_3 = Waktu saat proses pencucian bahan-bahan untuk bumbu

d_4 = Waktu saat proses pendinginan I (pendinginan hasil penggorengan)

d_5 = Waktu saat proses pencampuran bahan-bahan untuk bumbu

d_6 = Waktu saat proses penggorengan bumbu ke I

d_7 = Waktu saat proses penggorengan bumbu ke II

d_8 = Waktu saat proses pencampuran hasil penggorengan biji kacang panjang dengan bumbu

d_9 = Waktu saat proses penggorengan kembali hasil pencampuran biji kacang panjang dengan bumbu

d_{10} = Waktu saat proses pendinginan II (Pendinginan hasil penggorengan yang tercampur bumbu)

d_{11} = Waktu saat proses pembungkusan otok goreng

d_{12} = Waktu saat proses Pengemasan otok goreng

d_{13} = Waktu saat proses Pengemasan otok goreng

P_1 = Pengupasan bahan-bahan untuk bumbu

P_2 = Penggorengan biji kacang panjang

- P_3 = Pencucian bahan-bahan untuk bumbu
 P_4 = Pendinginan I (pendinginan hasil penggorengan)
 P_5 = Pencampuran bahan-bahan untuk bumbu
 P_6 = Penggorengan bumbu ke I
 P_7 = Penggorengan bumbu ke II
 P_8 = Pencampuran hasil penggorengan biji kacang panjang dengan bumbu
 P_9 = Penggorengan kembali hasil pencampuran biji kacang panjang dengan bumbu
 P_{10} = Pendinginan II (Pendinginan hasil penggorengan yang tercampur bumbu)
 P_{11} = Pembungkusan otak goreng
 P_{12} = Pengemasan otak goreng
 P_{13} = Pengepakan otak goreng

3. Pemodelan Sistem Produksi otak Goreng HLM H dengan SLMi Aljabar *max-Plus*

Sistem produksi Otak Goreng HLM H ini terdiri dari 13 unit pemroses: $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9, P_{10}, P_{11}, P_{12}$, dan P_{13} . Bahan-bahan untuk pembuatan bumbu dikirim ke P_1 untuk dikupas dan dikirim ke P_3 untuk dicuci bersih, dari P_3 kemudian dikirimkan sampai dengan P_7 yakni proses penggorengan bumbu ke II. Biji kacang panjang yang sudah direndam dan dicuci bersih dimasukkan ke P_2 untuk digoreng dan dikirimkan sampai dengan P_4 untuk dilakukan proses pendinginan I. Waktu pemrosesan untuk $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9, P_{10}, P_{11}, P_{12}$, dan P_{13} berturut-turut adalah $d_1 = 20, d_2 = 85, d_3 = 50, d_4 = 25, d_5 = 5, d_6 = 30, d_7 = 30, d_8 = 32, d_9 = 23, d_{10} = 50, d_{11} = 45, d_{12} = 30$, dan $d_{13} = 20$ satuan waktu (menit).

Didefinisikan proses produksi Otak Goreng HLM H sebagai berikut :

- i. $x_1(k+1)$: waktu saat bahan baku bahan-bahan untuk pembuatan bumbu dan biji kacang panjang dimasukkan ke sistem untuk proses ke- $(k+1)$.
- ii. $x_i(k)$: waktu saat bahan-bahan untuk pembuatan bumbu maupun biji kacang panjang dilakukan pemrosesan ke- i dan mulai bekerja untuk pemrosesan ke- k .
- iii. $y(k)$: waktu saat produk Otak Goreng ke- k yang diselesaikan meninggalkan sistem.

Waktu saat P_1 mulai bekerja untuk pemrosesan ke- $(k+1)$ dapat ditentukan sebagai berikut. Unit pemrosesan P_1 hanya dapat mulai bekerja pada sejumlah bahan baku baru segera setelah menyelesaikan pemrosesan sebelumnya, yaitu sejumlah bahan baku untuk pemrosesan ke- k . Jika bahan mentah dimasukkan ke sistem untuk pemrosesan ke- $(k+1)$, maka bahan mentah ini tersedia pada input unit pemrosesan P_1 pada waktu $t = u(k+1) + 1$. P_1 hanya dapat mulai bekerja pada sejumlah bahan baku baru segera setelah menyelesaikan pemrosesan sebelumnya, yaitu sejumlah bahan baku untuk pemrosesan ke- k . Waktu pemrosesan pada P_1 adalah $d_1 = 20$ satuan waktu (menit), maka produk setengah-jadi ke- k akan meninggalkan P_1 pada saat $t = x_1(k) + 20$. Menggunakan operasi Aljabar *Max-Plus* maka diperoleh:

$$x_1(k+1) = \max\{u(k+1) + 1, x_1(k) + 20\} \text{ untuk } k = 1, 2, 3, \dots, 13$$

Seperti pada P_1 dengan alasan yang sama untuk $P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9, P_{10}, P_{11}, P_{12}$, dan P_{13} waktu saat proses ke- k yang diselesaikan meninggalkan sistem diperoleh :

$$x_2(k+1) = \max\{u(k+1) + 10, x_2(k) + 85\}$$

$$x_3(k+1) = \max\{x_1(k+1) + 20 + 2, x_3(k) + 5\}$$

$$= \max\{x_1(k+1) + 22, x_3(k) + 5\}$$

$$= \max\{u(k+1) + 1 + 22, x_1(k) + 20 + 22, u(k+1) + 2, x_3(k) + 5\}$$

$$= \max\{u(k+1) + 23, x_1(k) + 42, x_3(k) + 5\}$$

$$x_4(k+1) = \max\{x_2(k+1) + 85 + 7, x_4(k) + 25\}$$

$$= \max\{\max\{u(k+1) + 10, x_2(k) + 85\} + 92, \max\{u(k+1) + 7, x_4(k) + 25\}\}$$

$$= \max\{u(k+1) + 10 + 92, x_2(k) + 85 + 92, u(k+1) + 7, x_4(k) + 25\}$$

$$= \max\{u(k+1) + 102, x_2(k) + 177, x_4(k) + 25\}$$

⋮

$$x_{13}(k+1) = \max\{x_{12}(k+1) + 30 + 4, x_{13}(k) + 20\}$$

$$= \max\{34, \max\{u(k+1) + 4, x_{13}(k) + 20\}\}$$

$$\begin{aligned}
 &= \max(u(k+1) + 284 + 34x_1(k) + 272 + 34x_2(k) + 359 + 34x_3(k) + 235 + \\
 &\quad 34x_4(k) + 207 + 34x_5(k) + 228 + 34x_6(k) + 247 + \quad 34x_7(k) + \\
 &217 + 34x_8(k) + 187 + 34x_9(k) + 146 + \quad 34x_{10}(k) + 145 + 34x_{11}(k) + 90 + \\
 &34x_{12}(k) + 30 + 34u(k+1) + \quad 4x_{13}(k) + 20) \\
 &= \max(u(k+1) + 318, x_1(k) + 306, x_2(k) + 393, x_3(k) + 269, x_4(k) + \\
 &\quad 241, x_5(k) + 262, x_6(k) + 281, x_7(k) + 251, x_8(k) + 221, x_9(k) + \\
 &\quad 180, x_{10}(k) + 179, x_{11}(k) + 124, x_{12}(k) + 64, x_{13}(k) + 20) \\
 &y(k) = x_{13}(k) + 20 + 0 \text{ untuk } k = 1, 2, 3, \dots
 \end{aligned}$$

4. Analisis Input Output SLMi dalam Mengoptimalkan Waktu Produksi Otok Goreng HLM H

Berdasarkan pemodelan sistem persamaan linier aljabar max-plus tersebut dapat dituliskan persamaan matriks dalam SLMi, persamaan-persamaannya menjadi :

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

$$y(k) = C \otimes x(k) \quad (2)$$

Matriks A sebagai sistem produksi Otok Goreng HLM H yang sedang berlangsung, matriks B waktu transfer dari awal bahan baku masuk ke sistem produksi sebelum terjadinya ke- i , lalu matriks C waktu kejadian akhir dan waktu transfer sebelum produk Otok Goreng HLM H dapat diambil atau selesai dikerjakan dan matriks x sebagai *deadline* waktu untuk tiap pemroses bahan sesuai bahan yang dimasukkan.

$$x(k+1) = \begin{bmatrix}
 20 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\
 \varepsilon & 85 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\
 42 & \varepsilon & 5 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\
 \varepsilon & 177 & \varepsilon & 25 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\
 49 & \varepsilon & 12 & \varepsilon & 5 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\
 55 & \varepsilon & 18 & \varepsilon & 11 & 30 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\
 85 & \varepsilon & 48 & \varepsilon & 41 & 60 & 30 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\
 117 & 204 & 80 & 52 & 73 & 92 & 62 & 32 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\
 149 & 236 & 112 & 84 & 105 & 124 & 94 & 64 & 23 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\
 177 & 264 & 140 & 112 & 133 & 152 & 122 & 92 & 51 & 50 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\
 227 & 314 & 190 & 162 & 183 & 202 & 172 & 142 & 101 & 100 & 45 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\
 272 & 359 & 235 & 207 & 228 & 247 & 217 & 187 & 146 & 145 & 90 & 30 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\
 306 & 393 & 269 & 241 & 262 & 281 & 251 & 221 & 180 & 179 & 124 & 64 & 20 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon
 \end{bmatrix} \otimes x(k) \oplus \begin{bmatrix}
 1 \\
 10 \\
 23 \\
 102 \\
 30 \\
 36 \\
 66 \\
 129 \\
 161 \\
 189 \\
 239 \\
 284 \\
 318
 \end{bmatrix} \otimes u(k+1)$$

$$y(k) = [\varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ 20] \otimes x(k)$$

Kondisi awal

$$x(0) = [0 \ 1 \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon \ \varepsilon]^T$$

Barisan input $u = [0 \ 20 \ 40 \ 60 \ 80 \ 100 \ 120 \ 140 \ 160 \ 180 \ 200 \ 220 \ 240]^T$

5 dengan :

$$x(k) = [x_1(k), x_2(k), \dots, x_{13}(k)]^T$$

Berdasarkan perhitungan program Matlab nilai waktu keadaan dan *output* lama proses produksi Otok Goreng HLM H disajikan dalam Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Perhitungan Waktu Keadaan dan *Output* Lama Proses Produksi Otok Goreng HLM H

U(k)	1	2	3	4	5	6	7
X1	20	40	60	80	100	120	140
X2	86	171	256	341	426	511	596
X3	42	62	82	102	122	142	162
X4	178	263	348	433	518	603	688
X5	49	69	89	109	129	149	169
X6	55	85	115	145	175	205	235
X7	85	115	145	175	205	235	265
X8	205	290	375	460	545	630	715
X9	237	322	407	492	577	662	747
X10	265	350	435	520	605	690	775
X11	315	406	485	570	655	740	825
X12	360	445	530	615	700	785	870
X13	394	479	564	649	734	819	904
Y(k)	414	499	584	669	754	839	924

Waktu yang didapat untuk memaksimalkan produksi dalam sehari kurang lebih 10 jam (600 menit) dengan waktu kerja dimulai dari pukul 07.00 – 17.00 WIB disajikan dalam Tabel 4.1 dengan waktu penyelesaian produksi (menit) 600 menunjukkan bahwa dalam sehari Perusahaan Otok Goreng HLM H hanya bisa melakukan beberapa kali produksi karena keterbatasan waktu dan hal ini juga berarti bahwa jumlah otok goreng yang bisa dipesan dalam jumlah yang terbatas. Berikut ini merupakan penjadwalan waktu Produksi Otok Goreng HLM H secara periodik pada Tabel 2.

Tabel 2. Jadwal Periodik Waktu Produksi Otok Goreng HLM H

Proses kegiatan produksi	Waktu Memulai Produksi (WIB)				
	Produksi ke				
	1	2	3	4	5
Pengupasan bahan-bahan untuk bumbu	07.00	07.20	07.40	08.00	08.20
Penggorengan biji kacang panjang	07.01	08.26	09.51	11.16	12.41
Pencucian bahan-bahan untuk bumbu	07.22	07.42	08.02	08.22	08.42
Pendinginan I (pendinginan hasil penggorengan)	08.33	09.58	11.23	12.48	14.13
Pencampuran bahan-bahan untuk bumbu	07.29	07.49	08.09	08.29	08.49
Penggorengan bumbu ke I	07.35	08.05	08.35	09.05	09.35
Penggorengan bumbu ke II	08.05	08.35	09.05	09.35	10.05
Pencampuran hasil penggorengan biji kacang panjang dengan bumbu	09.00	10.25	11.50	13.15	14.40
Penggorengan kembali hasil pencampuran biji kacang panjang dengan bumbu	09.32	10.57	12.22	13.47	15.12
Pendinginan II (Pendinginan hasil penggorengan yang tercampur bumbu)	10.00	11.25	12.50	14.15	15.40
Pembungkusan otok goreng	10.55	12.21	13.40	15.05	16.30
Pengemasan otok goreng	11.35	13.00	14.25	15.50	17.15
Pengepakan otok goreng	12.09	13.34	14.59	16.24	17.49
Pengambilan otok goreng	12.29	13.54	15.19	16.44	18.09

Hasil *output* di atas dengan *input* waktu yang diperlukan saat bahan yang dimasukkan untuk diproses dari saat produksi pertama sampai produksi ke-5, yang memenuhi untuk kegiatan perhariannya dengan waktu kerja yang telah ditentukan dari pukul 07.00 WIB sd pukul 17.00 WIB yakni pada Tabel 4.2, hal tersebut menunjukkan bahwa ketika produksi otak goreng dilakukan secara maksimal dan kontinu maka hasil otak goreng perhariannya dapat mencapai optimal pada produksi ke-4.

Selanjutnya untuk menentukan waktu pengambilan optimal ditentukan menggunakan rumus :

$$y = K \otimes x_0 \oplus H \otimes u \quad (3)$$

Dengan

$$K = \begin{bmatrix} C \otimes A \\ C \otimes A^{\otimes 2} \\ \vdots \\ C \otimes A^{\otimes p} \end{bmatrix} \text{ dan}$$

$$H = \begin{bmatrix} C \otimes B & \varepsilon & \dots & \varepsilon \\ C \otimes A \otimes B & C \otimes B & \dots & \varepsilon \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C \otimes A^{\otimes p-1} \otimes B & C \otimes A^{\otimes p-2} \otimes B & \dots & C \otimes B \end{bmatrix}$$

Dari hasil perhitungan Matlab diperoleh bahwa:

$$y = [423; 508; 593; 678; 763; 848; 933; 1018; 1103; 1188; 1273; 1358; 1443]^T$$

Berdasarkan syarat di atas produsen Otak Goreng HLM H dapat menentukan waktu optimal memulai produksi Otak Goreng HLM H agar dapat memenuhi permintaan konsumen yang telah melakukan pemesanan Otak Goreng dengan menentukan waktu pengambilan Otak Goreng sebelum proses produksi dimulai. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan menggunakan optimalisasi aljabar *max-plus*. Misalkan konsumen memesan Otak Goreng berturut-turut dengan waktu (menit) yang telah ditentukan yakni:

$$y = [423; 508; 593; 678; 763; 848; 933; 1018; 1103; 1188; 1273; 1358; 1443]^T$$

Maka produsen dapat menentukan waktu optimal (subpenyelesaian terbesar) memulai kegiatan produksi dengan menggunakan rumus :

$$\hat{u} = H^T \otimes (-y) \quad (4)$$

$$\hat{y} = H \otimes \hat{u} \quad (5)$$

$$\tilde{u} = \hat{u} \otimes \frac{\delta}{2} \quad (6)$$

$$\tilde{y} = H \otimes \tilde{u} \quad (7)$$

Diperoleh nilai *output* dari perhitungan Matlab yang dapat dilihat seperti dibawah ini :

$$\hat{u} = [0; 85; 170; 255; 340; 425; 510; 595; 680; 765; 850; 935; 1020]^T$$

$$\hat{y} = [423; 508; 593; 678; 763; 848; 933; 1018; 1103; 1188; 1273; 1358; 1443]^T$$

$$\tilde{u} = [3; 88; 173; 258; 343; 428; 513; 598; 683; 768; 853; 938; 1023]^T$$

$$\tilde{y} = [426; 511; 596; 681; 766; 851; 936; 1021; 1106; 1191; 1276; 1361; 1446]^T$$

Perhitungan tersebut membantu produsen dalam menentukan waktu optimal memulai proses produksi Otak Goreng HLM H. Hal ini \hat{u} dan \tilde{u} merupakan subpenyelesaian terbesar sekaligus waktu optimal dalam sistem produksi. \hat{u} dan \tilde{u} digunakan untuk menentukan jadwal produksi periodik sehingga waktu produksi Otak Goreng HLM H dapat dioptimalisasi. Jadwal pemesanan Otak Goreng HLM H dengan waktu mulai memasukkan bahan sampai waktu pengambilan produk dalam jangka waktu satu hari (WIB) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jadwal Pemesanan Otok Goreng HLM H

Pemesanan Otok Goreng	Waktu tercepat memulai produksi (\hat{u})	Waktu produksi selesai tercepat (\hat{y})	Waktu terlama memulai produksi (\hat{u})	Waktu produksi selesai terlama (\hat{y})
1	07.00	14.03	07.03	14.06
2	08.25	15.28	08.28	15.31
3	09.50	16.53	09.53	16.56
4	11.15	18.18	11.18	18.21
5	12.40	19.43	12.43	19.46

Waktu optimal bagi produsen untuk memulai proses produksi dari Tabel 3 untuk pemesanan pertama yakni dengan memilih \hat{u} karena dengan memulai produksi pada jam 07.00 maka konsumen yang telah memesan Otok Goreng HLM H dapat mengambil pesannya pada jam 14.06 atau setelahnya, dari hal tersebut produsen dapat melayani konsumen tepat waktu dengan menggunakan tabel tersebut sebagai acuan memulai produksi. Selain itu produsen juga bisa memenuhi pesanan 2 dan 3 tepat waktu dengan memilih \hat{u} sebagai waktu optimal (subpenyelesaian terbesar). Produksi keempat dan seterusnya bisa dijadikan acuan karena telah melewati waktu kerja dalam produksi yaitu jam 07.00-17.00 wib. Penjadwalan yang dilakukan seperti pada Tabel 3 merupakan penjadwalan yang digunakan produsen untuk mengoptimalkan waktu *input* (memasukkan bahan-bahan) dan waktu *output* (penyelesaian waktu produksi) sehingga tabel tersebut dapat digunakan sebagai salah satu acuan memulai produksi sehingga waktu produksi Otok Goreng HLM H dapat dioptimalisasi sehingga pemesanan Otok Goreng untuk waktu tertentu (ditentukan pemesanan/konsumen) dapat dilayani tepat waktu.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Metode SLMI pada SED Aljabar *Max-Plus* yang diterapkan pada sistem produksi Otok Goreng HLM H dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil optimalisasi waktu produksi Otok Goreng HLM H dengan metode SLMI yaitu subpenyelesaian terbesarnya berdasarkan Tabel 3 diperoleh hasil pemesanan yang optimal untuk waktu pemesanannya sebanyak 3 waktu dengan waktu tercepat memulai produksi pada pkl 07.00 WIB hingga pkl 09.50 WIB, maka konsumen yang telah memesan Otok Goreng HLM H dapat mengambil pesannya pada pkl 14.03 WIB hingga pkl 16.53 WIB atau setelahnya.
2. Apabila konsumen memilih waktu produksi selesai terlamanya pada pkl 14.06 WIB hingga pkl 16.56 WIB atau setelahnya maka produsen dapat memilih waktu terlamanya memulai produksi pada pkl 07.03 WIB hingga pkl 09.53 WIB.
3. Produsen dapat memilih subpenyelesaian terbesar SLMI pada sistem produksi Otok Goreng HLM H dengan menentukan waktu memulai produksi yang mendekati waktu pengambilan pemesanan yang telah ditentukan oleh konsumen sehingga hasil produksi dapat memenuhi permintaan konsumen dan pemesanan Otok Goreng dapat dilayani tepat waktu.

2. Saran

Perlu adanya penelitian yang lebih detail selain pengoptimalan waktu produksi Otok Goreng seperti optimalisasi biaya produksi, melakukan peramalan dari hasil penjualan otok goreng, optimalisasi biaya pemasaran. Selain itu, perlu dilakukan optimalisasi dengan menerapkan metode selain SLMI pada SED Aljabar *Max-Plus* seperti menggunakan metode Aljabar *Min-Plus* ataupun Aljabar *Max-Min* agar mendapatkan efektifitas dan efisiensi kerja yang lebih baik dalam produksi otok goreng.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M. (2012). Aplikasi Sistem Persamaan Linier Aljabar Max-Plus dalam Mengoptimalkan Waktu Produksi Bakpia Pathok Jaya "25" Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta: Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rudhito, M. A. (2016). *Aljabar Max-Plus dan Penerapannya*. Yogyakarta: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sanata Dharma.
- Schutter, B. D. (1996). *Max-Algebraic System Theory for Discrete Event Systems*. Leuven: Department of Electrical Engineering Katholieke Universiteit Leuven .

SISTEM PERSAMAAN LINIER ALJABAR MAX-PLUS UNTUK MENGOPTIMALISASI WAKTU PRODUKSI OTOK GORENG KHAS MADURA

ORIGINALITY REPORT

45%

SIMILARITY INDEX

43%

INTERNET SOURCES

11%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	eprints.uny.ac.id Internet Source	25%
2	garuda.ristekbrin.go.id Internet Source	4%
3	Merti Triyanti, Destien Atmi Arisandy. "Analisis Jenis Vegetasi Strata Tiang di Bukit Sulap Kota Lubuklinggau", BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains, 2019 Publication	3%
4	repository.lppm.unila.ac.id Internet Source	2%
5	www.scribd.com Internet Source	2%
6	Submitted to Universitas Muria Kudus Student Paper	1%
7	www.indonesiatravel.news Internet Source	1%

8	staff.uny.ac.id Internet Source	1%
9	docplayer.net Internet Source	1%
10	eprints.umpo.ac.id Internet Source	1%
11	e-jurnal.unisda.ac.id Internet Source	1%
12	www.usd.ac.id Internet Source	<1%
13	repository.ut.ac.id Internet Source	<1%
14	repository.usd.ac.id Internet Source	<1%
15	fkip.unira.ac.id Internet Source	<1%
16	journal.trunojoyo.ac.id Internet Source	<1%
17	core.ac.uk Internet Source	<1%
18	pt.scribd.com Internet Source	<1%
19	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1%

20	Shabtay, D.. "A survey of scheduling with controllable processing times", Discrete Applied Mathematics, 20070815 Publication	<1%
21	ejournal.psikologi.fisip-unmul.ac.id Internet Source	<1%
22	id.scribd.com Internet Source	<1%
23	digilib.unisayogya.ac.id Internet Source	<1%
24	Dian Eko Hari Purnomo, Wawan Dwi Novianto. "PERANCANGAN MODEL MATEMATIS UNTUK PENENTUAN JUMLAH PRODUKSI PADA INDUSTRI FURNITURE DI PT. XZY", KAIZEN : Management Systems & Industrial Engineering Journal, 2019 Publication	<1%
25	itpc.or.jp Internet Source	<1%
26	ttmsrikandi.blogspot.com Internet Source	<1%
27	www.kodimbantul.com Internet Source	<1%
28	E.K. Boukas, Z.K. Liu. "Manufacturing systems with random breakdowns and deteriorating	<1%

items", Automatica, 2001

Publication

29

hdl.handle.net

Internet Source

<1%

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off