

PENENTUAN JADWAL PENGOPERASIAN MESIN
PADA PABRIK JAMU AIR MANCUR DENGAN
AJABAR MAX-PLUS

SKRIPSI



Diajukan oleh:
HARI KUSWANTO
M0107034

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
commit to user
2014

SKRIPSI
PENENTUAN JADWAL PENGOPERASIAN MESIN PADA PABRIK JAMU
AIR MANCUR DENGAN AJABAR *MAX-PLUS*

yang disiapkan dan disusun oleh
HARI KUSWANTO
M0107034

dibimbing oleh

Pembimbing I,



Drs. Siswanto, M.Si.
NIP. 196708131992031002

Pembimbing II,



Dr. Sutanto, S.Si.,DEA
NIP. 197103021996031001

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada hari Jum'at, 7 November 2014
dan dinyatakan telah memenuhi syarat.

Anggota Tim Penguji

1. Drs. Pangadi, M.Si.
NIP. 195710121991031001
2. Dr. Dewi Retno Sari S, S.Si.,M.Kom.
NIP. 197007201997022001

Tanda Tangan

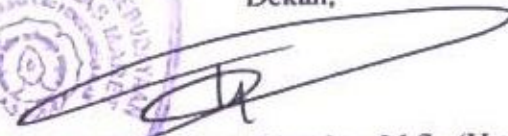
1.
2.

Surakarta, 26 November 2014

Disahkan oleh
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dekan,


Prof. Ir. Ari Handono Ramelan, M.Sc.(Hons) Ph.D
NIP. 196102231986011001

Ketua Jurusan Matematika,


Supriyadi Wibowo, M.Si.
NIP. 196811101995121001

ABSTRAK

Hari Kuswanto,2014. PENENTUAN JADWAL PEGOPERASIAN MESIN PADA PABRIK JAMU AIR MANCUR DENGAN AJABAR MAX-PLUS. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sebelas Maret.

Jamu Air Mancur adalah perusahaan penghasil jamu yang terkenal di Indonesia. Jumlah produksinya cukup banyak karena penjualannya sudah sampai ke mancanegara. Pengoptimalan proses produksi, diperlukan untuk meminimalkan biaya produksi, salah satunya dengan mengurangi waktu produksi. Untuk menentukan waktu produksi yang minimum dapat digunakan aljabar *max-plus*. Aljabar *max-plus* cukup baik untuk memodelkan permasalahan minimisasi secara aljabar.

Observasi menggunakan informasi proses produksi di pabrik Jamu Air Mancur. Bagan proses produksi dibuat berdasarkan informasi proses produksi. Bagan proses produksi digunakan untuk menyusun sistem persamaan, kemudian disajikan dalam bentuk matriks $A \otimes x(k) \oplus B \otimes u(k)$. Untuk menentukan waktu periodik dan waktu pengoperasian pertama setiap mesin, nilai *eigen* dan vektor *eigen* dari matriks A dicari, selanjutnya digunakan untuk menentukan jadwal pengoperasian mesin.

Dari pengamatan diperoleh waktu pengoperasian pertama untuk penggilingan, pengayakan, dan pencampuran obat dalam adalah jam 08.00, 11.00, dan 14.00 sedangkan untuk obat luar adalah jam 11.00, 14.00, dan 17.00. Waktu pengoperasian berikutnya pada setiap mesin dapat dilakukan 6 jam setelah pengoperasian sebelumnya.

Kata Kunci : produksi, pengoptimalan, aljabar *max-plus*

ABSTRACT

Hari Kuswanto, 2014. DETERMINING THE MACHINE OPERATIONAL SCHEDULE IN AIR MANCUR HERBAL FACTORY USING MAX-PLUS ALGEBRA. Faculty of Mathematics and Natural Sciences. Sebelas Maret University.

Jamu Air Mancur is a famous herbal medicine producer in Indonesia. Its total production was extremely high showed by its sales reached abroad. The optimization of production processes is needed to minimize the production cost, for instance by reducing production time. Max-plus algebra can be used to determine the minimum production time. Max-plus algebra is good enough for modeling the minimization problem algebraically.

Observations used the information of production process in Air Mancur herbal factory. Chart of the production process is made based on the production process information. Chart production process is used to develop equational system, then displayed on the form of matrix $A \otimes x(k) \oplus B \otimes u(k)$. To find out the periodic time and the first operation time of each machine, eigenvalues and eigenvectors from matrix A is determined and then used to set up the schedule of each machine operation.

From the observations obtained within the first operation for grinding, sifting, and mixing for internal medicines are at 08:00, 11:00, and 14:00, meanwhile for external medicines are at 11:00, 14:00, and 17:00. The next operating time on each machine can be made 6 hours after the previous operation.

Keywords : production, optimization, max-plus algebra

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat selesai. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini, penulis mendapat bimbingan, dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada

- 1) Bapak Drs. Siswanto, M.Si. selaku Pembimbing I yang telah membimbing penyusunan skripsi ini dalam pengenalan konsep-konsep dasar aljabar max-plus.
- 2) Bapak Dr. Sutanto, S.Si. DEA. selaku pembimbing II yang telah membimbing penyusunan skripsi ini dalam penyusunan model matematika dari permasalahan pada pabrik Jamu Air Mancur.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surakarta, 26 November 2014

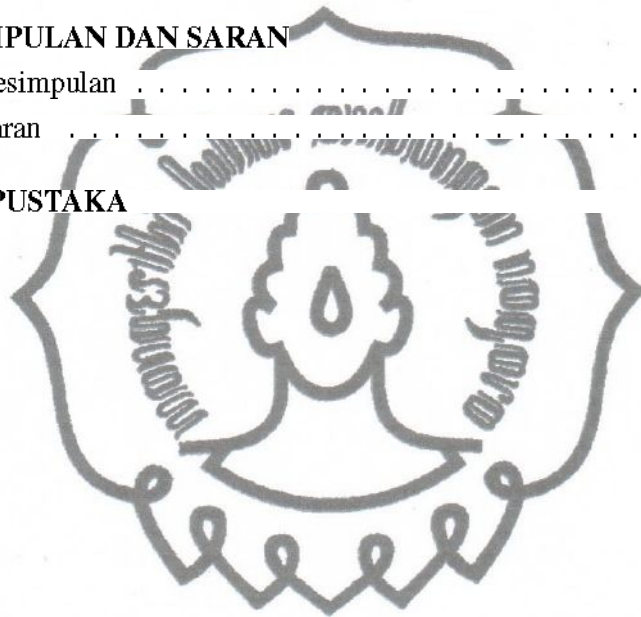
Penulis,

Hari Kuswanto

DAFTAR ISI

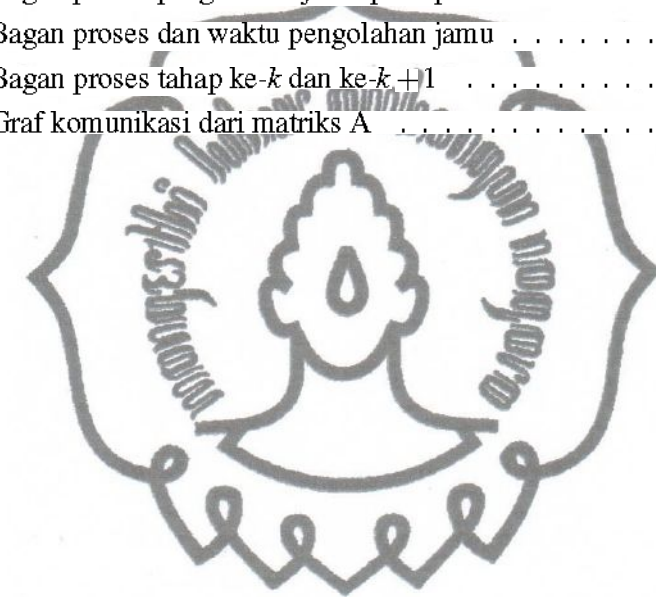
ABSTRAK	iii
PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Landasan Teori	4
2.2.1 Teori Graf	4
2.2.2 Sistem Kejadian Diskrit	5
2.2.3 Aljabar <i>Max-plus</i>	6
2.3 Kerangka Pemikiran	8
III METODE PENELITIAN	9
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	10
4.1 Proses Produksi Jamu di Pabrik Jamu Air Mancur	10
4.1.1 Pengadaan Bahan Baku	10
4.1.2 Penyiapan Bakal Jamu	11
4.1.3 Pengolahan Produk	14

	vii
4.1.4 Penanganan Produk Akhir	15
4.2 Penyusunan Bagan Proses Produksi	16
4.3 Penyusunan Sistem Persamaan Linier	18
4.4 Penyusunan Matriks Atas Aljabar <i>Max-plus</i>	20
4.5 Penyusunan Graf Komunikasi	22
4.6 Penentuan Nilai <i>Eigen</i> dan Vektor <i>Eigen</i>	23
4.7 Penyusunan Jadwal Pengoperasian Mesin	24
V KESIMPULAN DAN SARAN	29
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30



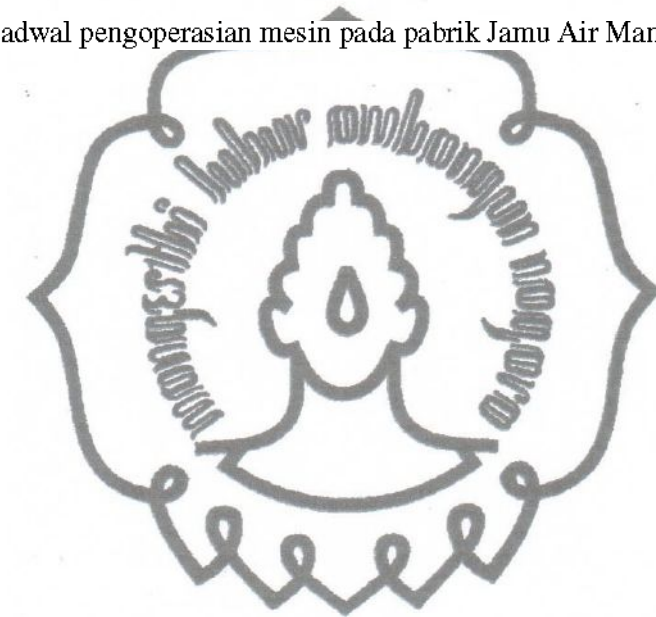
DAFTAR GAMBAR

4.1.1 Proses pengadaan barang	12
4.1.2 Proses pengolahan jamu pada pabrik Jamu Air Mancur	15
4.2.3 Bagan proses pengolahan jamu pada pabrik Jamu Air Mancur	17
4.2.4 Bagan proses dan waktu pengolahan jamu	18
4.3.5 Bagan proses tahap ke- k dan ke- $k+1$	19
4.5.6 Graf komunikasi dari matriks A	22



DAFTAR TABEL

4.2.1 Waktu pemrosesan jamu	16
4.7.2 Jadwal pengoperasian mesin pada pabrik Jamu Air Mancur	28
5.1.1 Jadwal pengoperasian mesin pada pabrik Jamu Air Mancur	29



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perusahaan Air Mancur adalah perusahaan pengolah obat-obat herbal yang sering dikenal sebagai jamu. Penjualannya sudah sampai ke berbagai negara di Timur Tengah, Asia, Australia, dan Afrika. Untuk memenuhi kebutuhan konsumen setiap bulan, perusahaan harus memproduksi jamu dalam jumlah yang banyak.

Setiap produk yang dihasilkan harus melalui beberapa tahapan proses bergantung pada jenis produknya. Wahyuningsih [13] menjelaskan bahwa pengolahan jamu pada pabrik Jamu Air Mancur secara umum dibagi menjadi dua jenis yaitu obat luar dan obat dalam. Dalam proses pengolahan obat luar dan obat dalam tidak boleh bercampur sehingga pemrosesan obat luar dan obat dalam harus dilakukan bergantian.

Pada proses pengolahan bahan secara umum bahan jamu mengalami tiga tahapan perlakuan yaitu penggilingan, pengayakan, dan pengadukan. Bahan racikan dalam gudang racik dipersiapkan untuk proses penggilingan, pada umumnya proses penggilingan memerlukan waktu sekitar tiga jam. Proses berikutnya setelah bahan digiling adalah diayak. Mesin ayak yang digunakan berukuran 100 sampai 120 mesh. Proses pengayakan memerlukan waktu sekitar tiga jam. Produk halusan dari hasil pengayakan selanjutnya masuk pada bagian *mixing* atau pengadukan. Untuk melakukan proses pengadukan diperlukan waktu sekitar dua jam.

Produksi yang dilaksanakan dalam jumlah besar mengharuskan perhitungan yang lebih detail. Jika hanya dilakukan satu kali proses produksi saja, tidak akan menjadi masalah besar ketika ada mesin yang manganggur sebentar, namun karena Air Mancur melakukan produksi dalam jumlah yang besar, proses produksi tidak dapat dilakukan dalam satu kali proses saja. Misalkan ada 2 mesin yang manganggur selama 5 menit dalam satu kali proses produksi karena harus menunggu proses pada mesin yang lain dan dalam sehari pabrik melakukan 6 kali proses produksi. Dengan demikian mesin akan manganggur selama 1 jam setiap hari. Akibatnya perusahaan harus menanggung biaya bahan bakar mesin, perawatan mesin, dan operator mesin yang manganggur selama 30 jam setiap bulannya.

Schutter [8] menjelaskan bahwa Sistem Kejadian Diskrit (SKD) merupakan salah satu cabang ilmu matematika yang mempelajari kejadian yang tidak bergantung pada waktu tetapi pada kejadian sebelumnya. Untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan dalam SKD secara aljabar sangat cocok digunakan pemodelan dengan menggunakan aljabar *max-plus*. Penentuan waktu pengoperasian mesin pada pabrik Jamu Air Mancur merupakan salah satu bentuk SKD karena prosesnya bergantung pada proses sebelumnya. Baccelli *et al.* [3] juga menyatakan bahwa aljabar *max-plus* dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan pada proses produksi.

Schutter dan Boom [9] menjelaskan untuk menyelesaikan masalah proses produksi sederhana dapat dilakukan dengan menyusun bagan proses produksi. Model sistem linier dalam aljabar *max-plus* disusun dari bagan yang telah terbentuk. Sistem persamaan yang sudah dibentuk disajikan dalam bentuk persamaan

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

Rutinitas sistem dapat diamati dari persamaan

$$x(k+1) = A \otimes x(k), \quad (1.1.1)$$

karakter sistem dapat diamati dari nilai *eigen* dan vektor *eigen* dari matriks A .

Graf komunikasi dari matriks A disusun untuk memastikan persamaan (1.1.1) memiliki nilai *eigen* dan tunggal. Jika matriks yang dihasilkan terhubung kuat (*Strongly connected*) maka matriks A merupakan matriks yang *irreducible* sehingga matriks A memiliki nilai *eigen* yang tunggal.

Nilai *eigen* merupakan waktu periodik dalam sistem. Jika suatu mesin mulai beroperasi saat ini maka mesin akan mulai beroperasi kembali setelah melewati periode sebesar nilai *eigen*. Vektor *eigen* digunakan untuk menentukan awal waktu optimal agar rutinitas sistem segera terjadi. Jadwal pengoperasian mesin yang optimal dapat disusun berdasarkan nilai *eigen* dan vektor *eigen* dari matriks A .

1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian dalam latar belakang, muncul beberapa permasalahan berikut.

- 1) Jam berapa masing-masing mesin pada pabrik jamu Air Mancur mulai beroperasi?

commit to user

- 2) Berapa waktu yang diperlukan untuk melakukan satu kali proses produksi?
- 3) Bagaimana jadwal operasi masing-masing mesin pada Pabrik Jamu Air Mancur?

1.3 Tujuan

Tujuan penulisan ini adalah untuk menyusun jadwal pengoperasian setiap mesin pada Pabrik Jamu Air Mancur agar waktu operasi setiap mesin bisa minimum.

1.4 Manfaat

Dengan menerapkan hasil penjadwalan ini diharapkan bisa meminimalkan waktu operasi setiap mesin yang digunakan pada Pabrik Jamu Air Mancur. Dengan waktu operasi yang minimum, dapat mengurangi biaya untuk bahan bakar mesin, perawatan mesin, dan tenaga kerja. Dengan menerapkan jadwal yang dihasilkan diharapkan dapat mengurangi biaya produksi pada Pabrik Jamu Air Mancur.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain,

- 1) waktu untuk mempersiapkan bahan-bahan yang akan diproses tidak diperhatikan atau dianggap nol,
- 2) waktu untuk memindahkan bahan dari suatu mesin ke mesin berikutnya tidak diperhatikan atau dianggap nol,
- 3) suatu unit pemrosesan hanya dapat mulai bekerja untuk suatu produk baru jika telah menyelesaikan pemrosesan produk sebelumnya, dan
- 4) mesin hanya bisa melakukan proses pada satu jenis bahan saja dalam waktu yang sama.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Subiono [10], Schutter dan Boom [9], dan Baccelli *et al.* [3] menjelaskan bahwa aljabar *max-plus* dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan produksi. Penelitian tentang jadwal produksi di pabrik jamu Putro Kinasih dengan aljabar *max-plus* pernah dilakukan oleh Kharisma [6], disamping itu penelitian tentang waktu produksi bakpia pathok jaya 25 juga sudah pernah dilakukan oleh Arifin dan Musthofa [2].

Permintaan konsumen Jamu Air Mancur mengharuskan pabrik melakukan produksi dalam jumlah besar. Pengoptimalan waktu operasi mesin pabrik dapat dilakukan untuk meminimalkan biaya produksi. Untuk mengoptimalkan waktu operasi dapat diperhitungkan dengan aljabar *max-plus*, karena aljabar *max-plus* lebih baik dalam memodelkan dan menganalisis permasalahan jaringan secara aljabar.

Penentuan jadwal dilakukan dengan menentukan waktu awal setiap mesin beroperasi dan waktu periodik untuk melakukan satu kali proses produksi. Waktu awal masing-masing mesin beroperasi dapat ditentukan dengan menggunakan vektor *eigen*. Waktu yang diperlukan untuk melakukan satu kali proses produksi atau waktu periodik proses produksi dapat ditentukan dari nilai *eigen*. Nilai *eigen* dan vektor *eigen* dapat dicari dengan algoritma yang dijelaskan oleh Subiono [10].

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Teori Graf

Dalam penyajiannya graf tidak hanya berupa gambar titik sebagai *vertex* dan garis sebagai *edge* saja. Voloshin [12] menuliskan graf dapat direpresentasikan dalam bentuk matriks *adjacency*.

Beberapa istilah pendukung tentang teori graf disampaikan oleh Wilson [14] pada definisi-definisi berikut

Definisi 2.2.1. Suatu graf berarah atau digraf, D terdiri dari elemen $V(D)$ merupakan himpunan berhingga tak kosong yang disebut *vertex* dan elemen $A(D)$ meru-

pakan himpunan berhingga yang berisi pasangan berurutan dari elemen $V(D)$ yang disebut *arc*.

Selanjutnya $V(D)$ disebut sebagai himpunan *vertex* dan $A(D)$ disebut himpunan *edge* dari D . Untuk menyingkat penulisan, selanjutnya *arc* (v,w) dinotasikan dengan vw .

Definisi 2.2.2. Dua *vertex* v dan w dalam digraf D *adjacent* jika terdapat *arc* pada $A(D)$ dalam bentuk vw atau wv .

Definisi 2.2.3. *Path* adalah barisan bergantian antara *vertex* dan *edge* tanpa mengulang *vertex* dan *edge* kecuali *vertex* awal dan akhir.

Dengan tidak mengurangi arti definisi *path*, selanjutnya penyajian *path* hanya ditampilkan dalam barisan *arc* saja.

Definisi 2.2.4. Digraf berbobot adalah digraf yang pada setiap *arc* a diberikan bilangan real non-negatif $\Psi(a)$.

Ruohonen [7] menjelaskan tentang graf *strongly connected* pada definisi-definisi berikut

Definisi 2.2.5. *Vertex* u dan v dikatakan *strongly connected* jika terdapat *path* berarah pada G yang menghubungkan dari u ke v dan v ke u .

Definisi 2.2.6. Digraf G dikatakan *strongly connected* jika setiap *vertex*-nya *strongly connected*.

Representasi matriks dari graf berarah mengacu pada Farlow [5] pada berikut

Definisi 2.2.7. Untuk $A_{max}^{m \times n}$ graf komunikasi dari A adalah graf $G(A)$ dengan *vertex* $V = 1, 2, \dots, n$ dan *edge* $\{(i, j) : a_{ji} \neq \varepsilon\}$. Untuk $(i, j) \in E$, a_{ji} adalah bobot dari *edge*.

2.2.2 Sistem Kejadian Diskrit

Schutter [8] menjelaskan bahwa SKD merupakan subjek dari disiplin ilmu pada teori sistem dan kontrol. SKD pada dasarnya mencakup sistem buatan manusia yang terdiri dari sejumlah berhingga sumber daya. Setiap sumber daya digunakan bersama-sama oleh beberapa pengguna yang semuanya berperan untuk mendapatkan hasil terbaik. Salah satu karakteristik utama SKD adalah variabel bebasnya

bergantung pada kejadian, bukan bergantung pada waktu. Jadi dalam SKD suatu kejadian dipengaruhi oleh kejadian sebelumnya, bukan dipengaruhi oleh waktu saat ini.

Baccelli *et al.* [3] memberikan contoh penggunaan SKD untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan berikut: perencanaan yang meliputi penentuan jalur terpendek dan penjadwalan, komunikasi, produksi, antrian dengan kapasitas terbatas, perhitungan paralel, lalu lintas, dan *Continuous System Subject to Flow Bounds and Mixing*.

2.2.3 Aljabar Max-plus

Braker [4] menjelaskan definisi aljabar *max-plus* beserta operasi-operasi dalam aljabar *max-plus* pada definisi-definisi berikut.

Definisi 2.2.8. Aljabar *max-plus* $(R_{max}, \oplus, \otimes)$ didefinisikan sebagai berikut:

- 1) $R_{max} = R \cup \{-\infty\}$, dimana R merupakan himpunan bilangan real,
- 2) \oplus adalah operasi maksimum pada R_{max} ,
- 3) \otimes adalah operasi penjumlahan biasa, dimana
 $a \otimes -\infty = -\infty \otimes a = -\infty$,

Selanjutnya untuk mempermudah penyajian, $-\infty$ notasikan dengan ϵ dan R_{max} dinotasikan dengan R_ϵ .

Definisi 2.2.9. Operasi-operasi pada aljabar *max-plus* antara lain:

- 1) $x \oplus y = \max(x, y)$,
- 2) $xy = x \otimes y = x + y$,
- 3) $x^{\otimes n} = nx$,
- 4) $\bigoplus_{i=1}^n x_i y_i = \max(x_1 + y_1, x_2 + y_2, \dots, x_n + y_n)$.

Definisi 2.2.10. Hasil kali matriks $A \otimes B = AB$ pada aljabar *max-plus* didefinisikan

$$(A \otimes B)_{ij} = \bigoplus_{k=1}^r A_{ik} \otimes B_{kj} = \max_{k=1,2,\dots,r} (A_{ik} + B_{kj})$$

dengan $i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n$ matriks A dan B masing-masing berukuran $m \times r$ dan $r \times n$.

Definisi 2.2.11. Jika A adalah matriks persegi, maka $A^{\otimes k}$ didefinisikan

$$A^{\otimes k} = A^{\otimes(k-1)} \otimes A$$

commit to user

untuk setiap $k \in \mathbb{N}$, dimana $A^{\otimes 0}$ adalah matriks identitas.

Aidoo *et al.* [1] menambahkan operasi perkalian matriks dengan suatu konstanta α dalam definisi berikut.

Definisi 2.2.12. Jika A adalah matriks berukuran $m \times n$ dan $\alpha \in R_{\epsilon}$ adalah suatu konstanta maka berlaku

$$\alpha \otimes A = A \otimes \alpha = (\alpha \otimes a_{ij})$$

Baccelli *et al.* [3] menambahkan keterangan struktur aljabar *max-plus* dalam Teorema berikut.

Teorema 2.2.1. Struktur aljabar *max-plus* adalah suatu semifield komutatif yang idempoten.

Tomaskova [11] dan Baccelli *et al.* [3] menyatakan bahwa nilai *eigen* dan vektor *eigen* dari suatu matriks bujur sangkar $n \times n$ yaitu bila diberikan suatu persamaan

$$A \otimes x = \lambda \otimes x$$

dengan $x \in R_{\epsilon}^n$ berupa matriks baris merupakan vektor *eigen* dan $\lambda \in R$ merupakan nilai *eigen*. Baccelli *et al.* [3] menjelaskan tentang ada dan tunggalnya nilai *eigen* dalam Teorema berikut.

Teorema 2.2.2. Jika $G(A)$ strongly connected, maka terdapat dengan tunggal nilai *eigen* (tapi memungkinkan lebih dari satu vektor *eigen*) dari A .

Subiono [10] menyatakan bahwa nilai *eigen* dan vektor *eigen* dapat dicari dengan algoritma berikut,

- 1) memulai dengan sembarang vektor awal $x(0) \neq \epsilon$,
- 2) melakukan iterasi pada persamaan $x(k+1) = A \otimes x(k), k = 0, 1, 2, \dots$ sampai ada bilangan bulat $p > q \geq 0$ dan bilangan real c sehingga perilaku periodik terjadi, yaitu $x(p) = c \otimes x(q)$,
- 3) menghitung nilai *eigen* $\lambda = c / (p - q)$,
- 4) menghitung vektor *eigen* $v = \bigoplus_{i=1}^{p-q} (\lambda^{\otimes (p-q-i)} \otimes x(q+i-1))$.

Baccelli *et al.* [3] menjelaskan bahwa misalkan v merupakan vektor *eigen* dan λ adalah nilai *eigen* dari matriks A maka $v^j = r \otimes v$ dengan $r \in R$ juga merupakan vektor *eigen* dari matriks A dengan nilai *eigen* λ .

2.3 Kerangka Pemikiran

Untuk mengoptimalkan jadwal pengoperasian mesin pada pabrik Jamu Air Mancur, diperlukan informasi tahapan-tahapan dalam proses produksi. Informasi-informasi yang dibutuhkan mencakup mesin-mesin yang digunakan dalam proses produksi, proses pengolahan dari bahan-bahan baku sampai menjadi jamu, dan bahan-bahan yang diolah pada mesin yang sama dan waktu pengolahan masing-masing bahan pada setiap mesin.

Informasi-informasi tersebut diperlukan untuk membuat model sistem persamaan dalam aljabar *max-plus*. Untuk memudahkan dalam proses pemodelan, informasi yang ada disajikan dalam diagram alir proses produksi pada pabrik Jamu Air Mancur. Untuk mengamati rutinitas mesin, sistem persamaan disajikan dalam bentuk persamaan matriks

$$x(k+1) = A \otimes x(k) \oplus B \otimes u(k+1) \quad (2.3.1)$$

Rutinitas sistem dapat diamati dari persamaan

$$x(k+1) = A \otimes x(k) \quad (2.3.2)$$

karakter sistem dapat diamati dari nilai *eigen* dan vektor *eigen* dari matriks A .

Graf komunikasi dari matriks A disusun untuk memastikan persamaan (2.3.2) memiliki nilai *eigen* dan tunggal. Nilai *eigen* dicari untuk menentukan perulangan proses pada mesin. Vektor *eigen* digunakan untuk menentukan waktu produksi pertama agar rutinitas sistem segera terjadi. Proses pencarian nilai *eigen* dan vektor *eigen* menggunakan algoritma yang dijelaskan oleh Subiono [10].

Jadwal pengoperasian mesin ditentukan dengan nilai *eigen* sebagai waktu periodik pengoperasian mesin. Mesin akan melakukan proses yang sama pada setiap λ satuan waktu. Waktu awal mesin beroperasi ditentukan dengan vektor *eigen* yang disesuaikan dengan waktu awal mesin bisa beroperasi.

BAB III

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan studi kasus pada pabrik Jamu Air Mancur. Informasi yang digunakan adalah informasi yang sudah ada pada pabrik Jamu Air Mancur atau data sekunder. Penelitian ini mengacu pada Schutter dan Boom [9] tentang proses produksi sederhana. Pada pabrik Jamu Air Mancur proses pada suatu mesin tidak hanya digunakan untuk mengolah satu bahan saja, dengan modifikasi pada penentuan komponen-komponen yang diamati mengacu pada Baccelli *et al.* [3] tentang masalah produksi. Penyelesaian yang dicari adalah nilai *eigen* dan vektor *eigen* matriks, karena Suniono [10] menjelaskan bahwa nilai *eigen* dan vektor *eigen* dapat digunakan untuk mengamati karakter sistem setelah terjadi rutinitas. Nilai *eigen* dan vektor *eigen* selanjutnya digunakan untuk menentukan jadwal.

Untuk melakukan penelitian dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut.

- 1) Mengumpulkan referensi-referensi tentang pengoptimalan penjadwalan produksi dengan aljabar *max-plus*.
- 2) Melakukan pengamatan terhadap proses pengolahan jamu pada pabrik Jamu Air Mancur.
- 3) Menyusun diagram alir proses produksi pada pabrik Jamu Air Mancur.
- 4) Menyusun sistem persamaan linier dalam aljabar *max-plus* yang merepresentasikan proses produksi pada pabrik Jamu Air Mancur.
- 5) Menyajikan sistem dalam bentuk persamaan matriks
$$x(k+1) = A \otimes x(k) \oplus B \otimes u(k+1).$$
- 6) Menyusun graf komunikasi dari matriks A .
- 7) Menentukan nilai *eigen* dan vektor *eigen*.
- 8) Menyusun jadwal pengoperasian mesin.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Produksi Jamu di Pabrik Jamu Air Mancur

Proses produksi pada pabrik Jamu Air Mancur dibagi menjadi tiga tahap proses produksi yaitu proses pengolahan bahan baku jamu atau peracikan bahan baku jamu disebut proses I yang dilakukan di unit Jajar, sedangkan proses pengolahan produk jadi dan *finishing* disebut proses II dan proses III yang dilakukan di unit Palur.

Proses pengolahan bahan baku meliputi proses sortasi bahan kotor hingga proses peracikan jamu. Proses pengolahan produk jadi dan *finishing* meliputi penggilangan racikan sampai menjadi produk yang dikemas.

4.1.1 Pengadaan Bahan Baku

Dalam memproduksi jamu, pabrik Jamu Air Mancur menggunakan bahan baku yang berasal dari alam, yaitu bahan baku nabati dan hewani yang berasal dari berbagai daerah. Bahan baku dapat berupa bahan segar maupun bahan baku yang sudah dikeringkan seperti simplisia kering.

Jenis Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan jamu di pabrik Jamu Air Mancur sebagian besar berupa bahan nabati yang disebut simplisia. Simplisia nabati merupakan bahan-bahan yang berasal dari tanaman yang memiliki khasiat pengobatan. Simplisia nabati digolongkan menjadi:

- 1) Akar-akaran,
misalnya alang-alang, aren, dlingolorosetu, dan kolesom.
- 2) Daun-daunan,
misalnya daun meniran, lampes, salam, kayu putih, turi, kecubung, cengkeh, dan kemuning.
- 3) Kayu-kayuan,
misalnya cendana putih dan secang, bahan baku ini berupa potongan kayu