

**SKRIPSI**

**PEMODELAN DAN PENJADWALAN SISTEM PRODUKSI  
DENGAN MENGGUNAKAN ALJABAR MAX-PLUS DAN  
ALJABAR MAX-PLUS INTERVAL**



**NEHEMIA PRAWIRODIRJO GUAYADI**

**NPM: 6161801050**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
2023**

**FINAL PROJECT**

**MODELING AND SCHEDULING OF PRODUCTION SYSTEM  
BY USING MAX-PLUS ALGEBRA AND INTERVAL  
MAX-PLUS ALGEBRA**



**NEHEMIA PRAWIRODIRJO GUAYADI**

**NPM: 6161801050**

**DEPARTMENT OF MATHEMATICS  
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES  
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

# PEMODELAN DAN PENJADWALAN SISTEM PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN ALJABAR MAX-PLUS DAN ALJABAR MAX-PLUS INTERVAL

Nehemia Prawirodirjo Guayadi

NPM: 6161801050

Bandung, 3 Agustus 2023

Menyetujui,

Pembimbing 1



Iwan Sugiarto, M.Si.

Pembimbing 2



Jonathan Hoseana, Ph.D.

Ketua Penguji



Agus Sukmana, M.Sc.

Anggota Penguji



Taufik Limansyah, M.T.

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Dr. Livia Owen

## PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

### PEMODELAN DAN PENJADWALAN SISTEM PRODUKSI DENGAN MENGUNAKAN ALJABAR MAX-PLUS DAN ALJABAR MAX-PLUS INTERVAL

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,  
3 Agustus 2023



Nehemia Prawirodirjo Guayadi  
NPM: 6161801050

## ABSTRAK

Sistem produksi penting untuk dikelola dengan baik. Salah satu cara untuk mengelola sistem produksi tersebut adalah dengan membuat model matematis. Dalam skripsi ini, sistem produksi akan dimodelkan dalam bentuk graf berarah, di mana simpul-simpulnya menyatakan mesin-mesin dalam sistem produksi tersebut, dan busur-busurnya menyatakan hubungan antarmesin. Setiap busur yang menghubungkan dua mesin diberi bobot yang menyatakan waktu perjalanan bahan baku dari mesin pertama ke mesin kedua. Setiap simpul diberi bobot yang menyatakan waktu pemrosesan bahan baku di mesin yang dilambangkan oleh simpul tersebut. Dari graf berarah tersebut kemudian dibentuk suatu sistem persamaan dalam aljabar max-plus. Ditentukan nilai eigen dan vektor eigen dari matriks koefisien sistem tersebut. Nilai eigen tersebut menyatakan jeda waktu antara dua produk berurutan diproses di setiap mesin. Entri-entri dari vektor eigen tersebut menyatakan waktu di mana tiap-tiap mesin pertama kali bekerja. Dalam skripsi ini, akan dipelajari dua kasus, yaitu kasus di mana waktu-waktu perjalanan dan pemrosesan merupakan bilangan, dan kasus di mana waktu-waktu tersebut merupakan interval. Dalam setiap kasus, dipelajari tiga subkasus, yaitu subkasus di mana graf yang dibuat tidak memiliki *loop* (sistem produksi sederhana), memiliki *loop* tunggal (sistem produksi *loop* tunggal), dan memiliki *loop* berganda (sistem produksi *loop* berganda).

**Kata-kata kunci:** Aljabar Max-Plus; Nilai Eigen; Vektor Eigen; Sistem Produksi; *Loop* Tunggal; *Loop* Berganda; Interval.

## ABSTRACT

Production systems should be managed properly. One way to manage such a system is by constructing a mathematical model. In this thesis, we model production systems in the form of directed graphs, in which the edges represent the machines involved in the system, and the arcs represent the relationships between two machines. To every arc connecting two machines we assign a weight, representing the travel time of a raw material from the first machine to the second machine. To every vertex we assign a weight, representing the processing time of a raw material on the machine. From the graph we construct a max-plus algebraic system of equations, and we determine the eigenvalue and eigenvector of the system's coefficient matrix. The eigenvalue represents the time interval between each two consecutive products processed on each machine. The entries of the eigenvector represent the times at which the machines first commence operation. In this thesis, we study two cases, namely that in which the travel and processing times are numbers, and that in which these times are intervals. In each case, we examine three subcases, namely that in which the graph possesses no *loop* (a simple production system), a single *loop* (a single *loop* production system), and multiple *loop* (a multiple *loop* production system).

**Keywords:** Max-Plus Algebra; Eigenvalue; Eigenvector; Production System; Single *Loop*; Double *Loop*; Intervals.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pemodelan dan Penjadwalan Sistem Produksi dengan Menggunakan Aljabar Max-Plus dan Aljabar Max-Plus Interval” untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Science pada Program Studi Matematika, Universitas Katolik Parahyangan. Penulis menyadari bahwa ini merupakan awal dari perjalanan yang akan dilalui penulis kedepannya. Skripsi ini dapat selesai dengan adanya bimbingan, dukungan, dan doa dari orang-orang yang berharga bagi kehidupan penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Antonius Fajar Guayadi, Sandra Nella Lengkong, dan Tamariska Febioicca Guayadi selaku papa, mama, dan kakak penulis yang selalu memberikan dukungan dan doa, serta perhatian disaat penulis merasa kesulitan dalam penyusunan skripsi.
2. Bapak Iwan Sugiarto, M.Si. dan Bapak Jonathan Hoseana, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang dengan penuh kesabaran dan keikhlasan dapat membimbing penulis dalam penyusunan skripsi.
3. Bapak Agus Sukmana, M.Sc. dan Bapak Taufik Limansyah, M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan komentar dan saran-saran bermanfaat sehingga skripsi ini dapat tersusun menjadi lebih baik lagi.
4. Seluruh staff dan dosen FTIS UNPAR yang telah meluangkan waktu dan memberikan bantuan kepada penulis selama perkuliahan di program studi matematika.
5. Farel, Ardel, Gaudi, Pepita, Gemala dan semua teman-teman penulis yang tidak dapat dituliskan satu persatu yang telah setia menemani penulis selama masa perkuliahan.
6. Kakak-kakak dan teman-teman Matematika angkatan 2015, 2016, 2017, 2018, dan 2019. Terima kasih atas pengalaman, ilmu, dan waktu yang telah diberikan selama perkuliahan.
7. Semua pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi.

Bandung, 3 Agustus 2023

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xii</b>
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	2
1.3 Tujuan . . . . .	2
1.4 <i>State of the Art</i> . . . . .	3
1.5 Sistematika Pembahasan . . . . .	4
<b>2 LANDASAN TEORI</b>	<b>5</b>
2.1 Aljabar Max-Plus . . . . .	5
2.1.1 Sifat-sifat Aljabar-Max Plus . . . . .	5
2.1.2 Matriks Aljabar Max-Plus . . . . .	6
2.2 Teori Graf . . . . .	7
2.2.1 Definisi Graf Berarah . . . . .	7
2.2.2 Lintasan dan Siklus . . . . .	8
2.2.3 Graf Berbobot . . . . .	8
2.3 Aljabar Max-Plus Interval . . . . .	9
2.3.1 Matriks Aljabar Max-Plus Interval . . . . .	9
2.3.2 Sifat-sifat Matriks Aljabar Max-Plus Interval . . . . .	10
<b>3 SISTEM DISKRET, NILAI EIGEN, DAN VEKTOR EIGEN</b>	<b>12</b>
3.1 Nilai Eigen dan Vektor Eigen . . . . .	12
3.2 Sistem Diskret . . . . .	14
<b>4 PEMODELAN SISTEM PRODUKSI DENGAN ALJABAR MAX-PLUS</b>	<b>15</b>
4.1 Sistem Produksi Sederhana dengan Aljabar Max-Plus . . . . .	15
4.2 Sistem Produksi Ber-Loop Tunggal dengan Aljabar Max-Plus . . . . .	20
4.3 Sistem Produksi Ber-Loop Ganda dengan Aljabar Max-Plus . . . . .	27
<b>5 PEMODELAN SISTEM PRODUKSI DENGAN ALJABAR MAX-PLUS INTERVAL</b>	<b>35</b>
5.1 Sistem Produksi Sederhana dengan Aljabar Max-Plus Interval . . . . .	35
5.2 Sistem Produksi Ber-Loop Tunggal dengan Aljabar Max-Plus Interval . . . . .	39
5.3 Sistem Produksi Ber-Loop Ganda dengan Aljabar Max-Plus . . . . .	46
<b>6 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>55</b>
6.1 Kesimpulan . . . . .	55

6.2 Saran .....	56
<b>DAFTAR REFERENSI</b>	<b>57</b>



## DAFTAR GAMBAR

2.1	Graf Berarah	7
2.2	Graf Berbobot	8
3.1	Graf presidensi $A$	13
4.1	Graf Sistem Produksi Sederhana	15
4.2	Graf Sistem Produksi Ber-Loop Tunggal	20
4.3	Graf Sistem Produksi Modifikasi Ber-Loop Tunggal	21
4.4	Graf Sistem Produksi Ber-Loop Ganda	27
4.5	Graf Sistem Produksi Modifikasi Ber-Loop Ganda	28
5.1	Graf Sistem Produksi Sederhana	35
5.2	Graf Sistem Produksi Ber-Loop Tunggal	40
5.3	Graf Sistem Produksi Modifikasi Ber-Loop Tunggal	40
5.4	Graf Sistem Produksi Ber-Loop Ganda	46
5.5	Graf Sistem Produksi Modifikasi Ber-Loop Ganda	46

## DAFTAR TABEL

3.1 Menentukan bobot rata-rata . . . . .	14
4.1 Waktu mulai setiap mesin dengan $x(0) = (0, 0, 0, 0)^\top$ . . . . .	18
4.2 Waktu mulai setiap mesin dengan $x(0) = (26, 22, 25, 31)^\top$ . . . . .	19
4.3 Waktu mulai setiap mesin dengan $x(0) = (4, 0, 3, 9)^\top$ . . . . .	19
4.4 Penjadwalan sistem produksi sederhana . . . . .	20
4.5 Waktu mulai setiap mesin dengan $x(0) = (0, 0, 0, 0, 0, 0)^\top$ . . . . .	25
4.6 Waktu mulai setiap mesin dengan $x(0) = (12, 18, 18, 20, 26, 32, 37)^\top$ . . . . .	26
4.7 Waktu mulai setiap mesin dengan $x(0) = (0, 6, 6, 8, 14, 20, 25)^\top$ . . . . .	26
4.8 Penjadwalan sistem produksi ber-loop tunggal . . . . .	27
4.9 Waktu mulai setiap mesin dengan $x(0) = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)^\top$ . . . . .	32
4.10 Waktu mulai setiap mesin dengan $x(0) = (12, 17, 19, 18, 22, 29, 29, 36, 36, 46)^\top$ . . . . .	33
4.11 Waktu mulai setiap mesin dengan $x(0) = (0, 5, 7, 6, 10, 17, 17, 24, 24, 34)^\top$ . . . . .	34
4.12 Penjadwalan sistem produksi ber-loop ganda . . . . .	34
5.1 Waktu mulai tercepat setiap mesin dengan $\underline{x}(0) = (4, 0, 3, 9)^\top$ . . . . .	38
5.2 Penjadwalan sistem produksi sederhana tercepat . . . . .	38
5.3 Waktu mulai terlama setiap mesin dengan $\bar{x}(0) = (5, 0, 4, 15)^\top$ . . . . .	39
5.4 Penjadwalan sistem produksi sederhana terlama . . . . .	39
5.5 Waktu mulai tercepat setiap mesin dengan $\underline{x}(0) = (0, 6, 6, 8, 14, 20, 25)^\top$ . . . . .	44
5.6 Penjadwalan sistem produksi ber-loop tunggal tercepat . . . . .	44
5.7 Waktu mulai terlama setiap mesin dengan $\bar{x}(0) = (0, 11, 12, 13, 27, 39, 45)^\top$ . . . . .	45
5.8 Penjadwalan sistem produksi ber-loop tunggal terlama . . . . .	46
5.9 Waktu mulai tercepat setiap mesin dengan $\underline{x}(0) = (0, 5, 7, 6, 10, 17, 17, 24, 24, 34)^\top$ . . . . .	52
5.10 Penjadwalan sistem produksi ber-loop ganda tercepat . . . . .	52
5.11 Waktu mulai terlama setiap mesin dengan $\bar{x}(0) = (0, 10, 12, 10, 17, 27, 25, 38, 35, 52)^\top$ . . . . .	54
5.12 Penjadwalan sistem produksi ber-loop ganda terlama . . . . .	54

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Proses produksi membutuhkan sumber daya teknologi dan sumber daya manusia. Sumber daya teknologi terdiri dari alat berupa mesin, bahan baku, dan lain-lain. Sumber daya manusia adalah orang-orang yang bekerja untuk melakukan proses produksi. Mesin menjadi salah satu alat yang dapat mempercepat suatu proses produksi. Akan tetapi, mesin memiliki daya tahan, artinya suatu saat suatu mesin dapat mengalami kerusakan dan menyebabkan proses produksi terhambat. Saat proses produksi terhambat, bisa jadi dibutuhkan waktu yang lama untuk memperbaiki mesin tersebut ataupun mempersiapkan mesin yang baru. Oleh karena itu, perusahaan yang bergerak di industri harus mempunyai jadwal produksi yang baik. Dengan adanya jadwal produksi yang baik, penggunaan mesin-mesin dalam pemrosesan bahan baku dapat dijadikan lebih efisien. Khususnya, mesin yang digunakan dalam proses produksi dapat dioperasikan sesuai kapasitas yang dimiliki, sehingga memperkecil kemungkinan timbulnya waktu yang tidak produktif dari mesin-mesin yang digunakan. Dengan kata lain, penjadwalan produksi dilakukan agar mesin-mesin dapat bekerja dengan maksimal dan dengan biaya sekecil mungkin, tetapi tetap menghasilkan kuantitas produksi yang diinginkan sesuai waktu yang ditentukan [1, hlm. 24].

Untuk mengonstruksi penjadwalan yang demikian, dapat dibuat suatu model sistem produksi dengan menggunakan aljabar max-plus. Pada suatu sistem produksi apabila suatu mesin mulai bekerja, maka harus menunggu mesin-mesin sebelumnya selesai bekerja. Kemudian, akan dimaksimumkan waktu mesin-mesin sebelumnya selesai bekerja. Pada sistem produksi dibutuhkan pula penjadwalan secara periodik, sehingga sistem produksi ini menggunakan aljabar max-plus karena terdapat operasi maksimum dan juga dapat dicari nilai eigen dan vektor eigen yang dapat digunakan untuk membuat semua mesin bekerja secara periodik. Berbagai model sistem produksi dengan aljabar max-plus telah dibuat untuk menentukan jadwal produksi dari kok badminton [1], untuk penjadwalan pada produksi tahu [2], untuk penjadwalan kereta api [3, hlm. 60], dan untuk penjadwalan pada produksi kue [4, hlm. 129]. Selain itu telah dikembangkan model sistem produksi dengan waktu berupa interval [5], yang telah digunakan antara lain untuk menentukan jadwal produksi dari minuman lidah buaya khas Pontianak [6].

Dalam skripsi ini, dibahas aljabar max-plus yang akan digunakan untuk memodelkan sistem produksi. Sistem produksi akan dimodelkan pertama-tama dalam bentuk graf berarah, di mana simpul-simpulnya menyatakan mesin-mesin dalam sistem produksi tersebut, dan busur-busurnya menyatakan hubungan antarmesin. Setiap busur yang menghubungkan dua mesin diberi bobot yang menyatakan waktu perjalanan bahan baku dari mesin pertama ke mesin kedua. Setiap simpul

diberi bobot yang menyatakan waktu pemrosesan bahan baku di mesin yang dilambangkan oleh simpul tersebut. Dari graf berarah tersebut kemudian dibentuk suatu sistem persamaan dalam aljabar max-plus yang selanjutnya ditentukan nilai dan vektor eigen dari matriks koefisien sistem tersebut. Nilai eigen tersebut menyatakan jeda waktu antara dua produk berurutan diproses di setiap mesin. Entri-entri dari vektor eigen tersebut menyatakan waktu di mana tiap-tiap mesin pertama kali bekerja. Akan dipelajari dua kasus, yaitu kasus di mana waktu-waktu perjalanan dan pemrosesan merupakan bilangan, dan kasus di mana waktu-waktu tersebut merupakan interval. Dalam kasus pertama, di mana waktu-waktu perjalanan dan pemrosesan merupakan bilangan, dipelajari tiga subkasus, yaitu subkasus di mana graf yang dibuat tidak memiliki *loop* (sistem produksi sederhana) [7, hlm. 5], memiliki *loop* tunggal (sistem produksi *loop* tunggal), dan memiliki *loop* berganda (sistem produksi *loop* berganda) [4, 8]. Untuk kasus kedua, di mana waktu-waktu perjalanan dan pemrosesan merupakan interval, dipelajari tiga subkasus, yaitu sistem produksi sederhana [5, 6], sistem produksi ber-*loop* tunggal, dan sistem produksi ber-*loop* ganda. Sistem produksi ber-*loop* tunggal dan ber-*loop* ganda dengan waktu-waktu perjalanan dan pemrosesan yang merupakan interval belum ditemukan di literatur, dan merupakan kontribusi penulis.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berikut masalah-masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini.

1. Bagaimana memodelkan suatu sistem produksi dalam bentuk suatu sistem persamaan dalam aljabar max-plus?
2. Bagaimana menentukan nilai eigen dan vektor eigen dari matriks yang terlibat dalam sistem produksi sederhana untuk diaplikasikan dalam masalah penjadwalan?
3. Bagaimana menentukan nilai eigen dan vektor eigen dari matriks yang terlibat dalam sistem produksi ber-*loop* tunggal untuk diaplikasikan dalam masalah penjadwalan?
4. Bagaimana menentukan nilai eigen dan vektor eigen dari matriks yang terlibat dalam sistem produksi ber-*loop* ganda untuk diaplikasikan dalam masalah penjadwalan?

## 1.3 Tujuan

Tujuan skripsi ini adalah

1. memodelkan suatu sistem produksi dalam bentuk suatu sistem persamaan dalam aljabar max-plus,
2. menentukan nilai eigen dan vektor eigen dari matriks yang terlibat dalam sistem produksi sederhana untuk diaplikasikan dalam masalah penjadwalan,
3. menentukan nilai eigen dan vektor eigen dari matriks yang terlibat dalam sistem produksi ber-*loop* tunggal untuk diaplikasikan dalam masalah penjadwalan,
4. menentukan nilai eigen dan vektor eigen dari matriks yang terlibat dalam sistem produksi ber-*loop* ganda untuk diaplikasikan dalam masalah penjadwalan.

## 1.4 *State of the Art*

Skripsi ini membahas pemodelan sistem produksi dengan aljabar max-plus [7], pertama-tama berdasarkan [7, 4, 8], di mana telah dibahas pemodelan yang demikian dengan waktu-waktu perjalanan dan pemrosesan yang berupa bilangan. Ada tiga jenis sistem produksi yang akan dibahas, yaitu sistem produksi sederhana, sistem produksi ber-*loop* tunggal, dan sistem produksi ber-*loop* ganda. Di lain pihak, dalam [6], telah dibahas sistem produksi dengan waktu-waktu perjalanan dan pemrosesan yang berupa interval [5], dengan menggunakan aljabar max-plus interval, tetapi hanya sistem produksi sederhana. Kebaruan skripsi ini terletak pada pengembangan sistem produksi ber-*loop* tunggal dan ber-*loop* ganda, dengan waktu-waktu perjalanan dan pemrosesan yang berupa interval.

Dalam Bab 2 pada skripsi ini, dibahas aljabar max-plus meliputi definisinya, sifat-sifatnya, dan matriks aljabar max-plus, berdasarkan referensi [3, 7, 9]. Kemudian dibahas pula graf berarah, meliputi definisinya, konsep lintasan dan siklus, serta graf berbobot, berdasarkan referensi [3, 9, 10]. Selanjutnya dibahas aljabar max-plus interval, sifat-sifat aljabar max-plus interval, dan matriks aljabar max-plus interval, berdasarkan referensi [11].

Dalam Bab 3 pada skripsi ini dibahas nilai eigen dan vektor eigen dari matriks yang entri-entrinya merupakan anggota aljabar max-plus, berdasarkan referensi [3, 10]. Untuk menentukan nilai eigen dan vektor eigen dari suatu matriks yang demikian, dibentuk terlebih dahulu sebuah graf yang disebut graf presidensi dari matriks tersebut. Kemudian, nilai eigen dari matriks tersebut adalah nilai maksimum dari bobot rata-rata siklus-siklus dalam graf tersebut. Vektor-vektor eigen yang terkait nilai eigen tersebut dapat ditentukan dengan memperhatikan simpul-simpul yang dilalui oleh siklus dalam graf presidensi yang memiliki bobot rata-rata maksimum. Kemudian dibahas pemodelan sistem produksi sebagai suatu sistem diskret dalam aljabar max-plus, berdasarkan referensi [7, hlm. 5].

Dalam Bab 4 dibahas suatu model sistem produksi sederhana (sistem dengan graf tanpa *loop*), berdasarkan referensi [7, hlm. 5], namun menggunakan contoh yang berbeda. Contoh sistem produksi sederhana tersebut disajikan dalam bentuk sistem persamaan dalam aljabar max-plus, dengan menggunakan gagasan yang telah dibahas dalam bab sebelumnya. Sistem tersebut dapat disajikan dalam bentuk matriks yang kemudian dicari nilai dan vektor eigennya menggunakan bantuan dari aplikasi *Scilab*. Nilai dan vektor eigen tersebut dapat digunakan untuk membuat penjadwalan sistem produksi.

Setelah itu dibahas suatu model sistem produksi dengan *loop* tunggal dan suatu model sistem produksi dengan *loop* ganda, berdasarkan referensi [4, 8], namun menggunakan contoh-contoh yang berbeda. Untuk tiap-tiap model, dilakukan langkah-langkah yang sama seperti pada sistem produksi sederhana untuk membuat suatu penjadwalan sistem produksi.

Pada Bab 5 dalam skripsi ini sebagai pengembangan dari sistem-sistem produksi yang dibahas dalam [4, 7, 8], dengan waktu-waktu perjalanan dan pemrosesan berupa bilangan menjadi interval. Untuk sistem produksi sederhana, digunakan referensi [6], namun dengan menggunakan contoh yang berbeda. Sistem produksi ber-*loop* tunggal dan ber-*loop* ganda merupakan pengembangan lebih lanjut dari penulis.

## 1.5 Sistematika Pembahasan

Skripsi ini dibagi menjadi enam bab berikut.

### **Bab 1 : Pendahuluan**

Dalam bab ini dibahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan, dan sistematika pembahasan.

### **Bab 2 : Landasan Teori**

Dalam bab ini dibahas aljabar max-plus dan teori graf.

### **Bab 3 : Sistem Diskret, Nilai dan Vektor Eigen.**

Dalam bab ini dibahas sistem diskret, nilai eigen dan vektor eigen.

### **Bab 4 : Pemodelan Sistem Produksi dengan Aljabar Max-Plus**

Dalam bab ini dibahas sistem produksi ber-*loop* tunggal dan ber-*loop* ganda.

### **Bab 5 : Pemodelan Sistem Produksi dengan Aljabar Max-Plus Interval**

Dalam bab ini dibahas sistem produksi ber-*loop* tunggal dan ber-*loop* ganda dengan waktu-waktu pemrosesan dan waktu-waktu perjalanan antarmesin yang berupa interval.

### **Bab 6 : Kesimpulan dan Saran**

Dalam bab ini dibahas kesimpulan dan saran dari pemodelan sistem produksi dengan aljabar max-plus dan aljabar max-plus interval.

