

# PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE *THEORY OF CONSTRAINTS* UNTUK MEMINIMASI MAKESPAN

## TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada  
Jurusan Teknik Industri

Oleh:

**FEDRIZAL. Z**  
**11352101097**



UIN SUSKA RIAU

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU**  
**PEKANBARU**  
**2020**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# LEMBAR PERSETUJUAN

PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE  
*THEORY of CONSTRAINTS* UNTUK MEMINIMASI MAKESPAN

## TUGAS AKHIR

Oleh :

**FEDRIZAL Z**  
**11352101097**

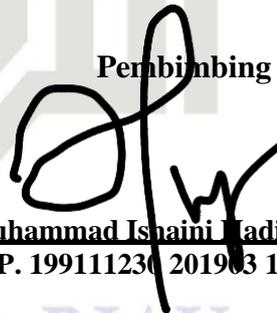
Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan  
tugas akhir di Pekanbaru, Pada Tanggal 18  
Agustus 2020

Ketua Program Studi



Dr. Fitra Lestari Norhiza, ST., M.Eng  
NIP. 19850616 201101 1 016

Pembimbing



Muhammad Ispaini Madivul Umam, ST., MT  
NIP. 199111230 201903 1 013

UIN SUSKA RIAU

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE *THEORY of CONSTRAINTS* UNTUK MEMINIMASI MAKESPAN

### TUGAS AKHIR

Oleh:

**FEDRIZAL Z**  
**11352101097**

Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji  
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
di Pekanbaru, pada tanggal 30 Juli 2020

Pekanbaru, 30 Juli 2020  
Mengesahkan,



Ketua Jurusan

  
**Dr. Fitra Lestari Norbiza, ST., M.Eng**  
NIP. 19850616 201101 1 016

#### DEWAN PENGUJI :

Ketua : Melfa Yola, ST., M. Eng

Sekretaris : Muhammad Isnaini Hadiyul Umara, ST., MT

Anggota I : Wresni Anggraini, ST., MM

Anggota II : Suherman, MT



## LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

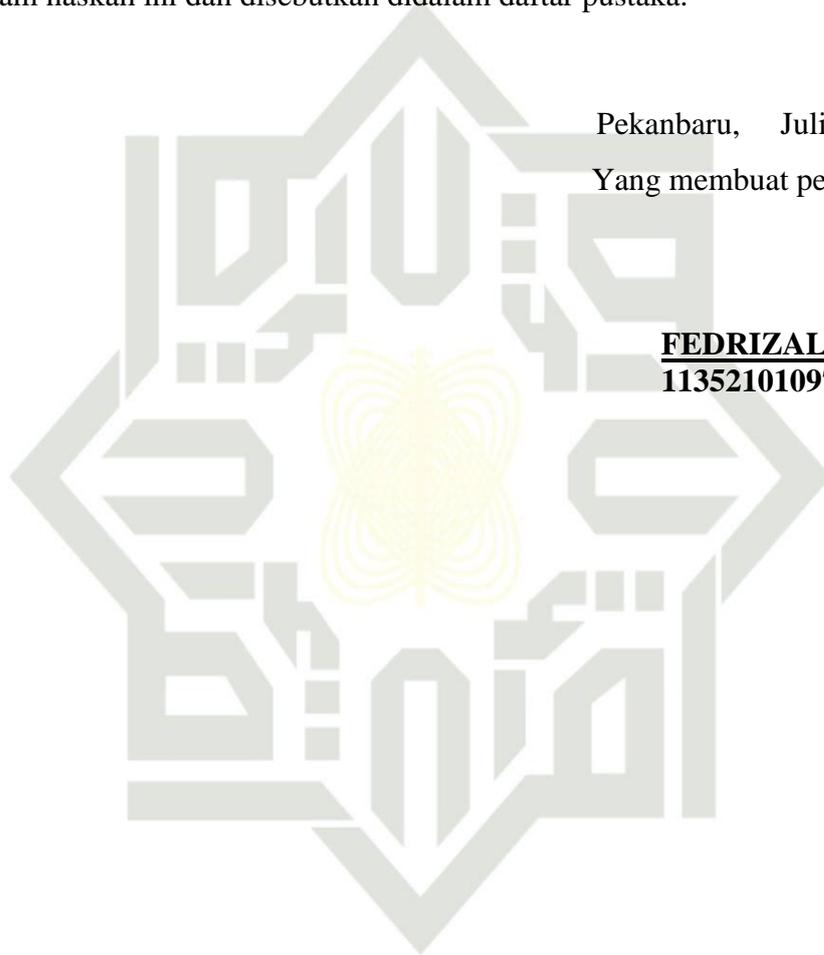
## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan didalam daftar pustaka.

Pekanbaru, Juli 2020

Yang membuat pernyataan,

**FEDRIZAL Z**  
**11352101097**



UIN SUSKA RIAU

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*“Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Robbmulah hendaknya kamu berharap”.*

*(Q.S Al-Insyirah ayat: 7-8)*

*Segala puji dan syukur kupersembahkan bagi sang penggenggam langit dan bumi, dengan Rahmaan Rahiim yang menghampar melebihi luasnya angkasa raya. Dzat yang menganugerahkan kedamaian bagi jiwa-jiwa yang senantiasa merindu akan kemaha besarannya*

*Lantunan sholawat beriring salam penggugah hati dan jiwa, menjadi persembahan penuh kerinduan pada sang revolusioner Islam, pembangun peradaban manusia yang beradab Muhammad Shallallahu „Alaihi Wasallam.*

*Tetes peluh yang membasahi asa, ketakutan yang memberatkan langkah, tangis keputus asa yang sulit dibendung, dan kekecewaan yang pernah menghiasi hari-hari kini menjadi tangisan penuh kesyukuran dan kebahagiaan yang tumpah dalam sujud panjang. Alhamdulillah maha besar Allah, sembah sujud sedalam qalbu hamba haturkan atas karunia dan rizki yang melimpah, kebutuhan yang tercukupi, dan kehidupan yang layak.*

*Ku persembahkan.....*

*Kepada kedua orang tuaku, Ayah (Zaidir) dan Ibu (Nurhayati) juga kakak ku (meri, ria, fedilla) yang selalu ada untukku berbagi, mendengar segala keluh kesahku serta selalu mendoakan anakmu ini dalam meraih impian dan cita-cita serta mendapat*

*RidhoNya...*

*Pekanbaru, Juli 2020*

*Fedrizal Z*

## PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE *THEORY of CONSTRAINTS* UNTUK MEMINIMASI *MAKESPAN*

(Studi Kasus: PT Asia Forestama Raya of Pekanbaru)

**FEDRIZAL Z**  
**NIM: 11352101097**

Tanggal Sidang: 30 Juli 2020

Jurusan Teknik Industri  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
Jl. HR. Soebrantas KM 15 No. 155, Pekanbaru  
[rizhalajha24@gmail.com](mailto:rizhalajha24@gmail.com)

### ABSTRAK

PT. Asia Forestama Raya merupakan perusahaan yang bergerak dibidang fabrikasi pembuatan *plywood*. Keseimbangan lini merupakan merupakan sesuatu yang penting dalam proses produksi, permasalahan yang terjadi pada perusahaan adalah tidak seimbangnya lini produksi, yaitu terapat *bottleneck* pada salah satu stasiun kerja, yang menyebabkan terhambatnya proses produksi yang berimbas kepada waktu penyelesaian (*makespan*) pekerjaan yang semakin lama. Oleh sebab itu diperlukan suatu sistem yang dapat memperbaiki permasalahan yang terjadi pada perusahaan dengan cara mengurangi stasiun yang mengalami *bottleneck* agar waktu penyelesaian menjadi minimal sistem penjadwalan produksi pada penelitian ini adalah menggunakan metode *Theory of constraints*. Jumlah *job* yang dijadwalkan pada penelitian ini adalah 13 *job* akan melalui proses produksi pada 11 stasiun kerja. Urutan *job* yang akan diproduksi menggunakan metode FCFS adalah *job* 1-2-3-4-5-6-7-8-9-11-12-13 dengan nilai *makespan* 660, 56 jam. Sedangkan *makespan* dengan menggunakan metode *theory of constraints* dengan nilai 604,89 jam setelah diberikan *buffer time* pada stasiun yang mengalami *bottleneck*

**Kata Kunci:** *Theory of Constraints, First Come First Serve, Flowshop, Makespan, Buffer time*

UIN SUSKA RIAU

## PRODUCTION SCHEDULING USING *THEORY OF CONSTRAINTS* METHOD To MINIMIZE *MAKESPAN*

(Case study: PT Asia Forestama Raya of Pekanbaru)

**FEDRIZAL Z**  
**NIM: 11352101097**

Session Date: July 2020

Department of Industrial Engineering  
Faculty of Science and Technology  
National Islamic University of Sultan Syarif Kasim  
Jl. HR. soebrantas KM 15 . No. 155, Pekanbaru  
[rizhalajha24@gmail.com](mailto:rizhalajha24@gmail.com)

### Abstract

PT. Asia Forestama Raya is a company engaged in fabrication manufacture of *plywood*. Line balance is an important and in the production process, the problem that occurs in the company is not the point of production line, which is a *bottleneck* in one of the workstation, which causes the production process that is affected by the time of the completion of the settlement (*Makespan*) of the old people. Therefore it is necessary a system that can fix the problems that occur in the company by reducing the stations that are experiencing *bottleneck* so that the time of completion to be a minimum production scheduling system on the Weaver is Using the *Theory of constraints method*. The number of *jobs* scheduled for the study was *13 jobs going through the production process* at 11 workstations. The order of the *job* to be produced using the method Fcfs is *job 1-2-3-4-5-6-7-8-9-11-12-13* with a value of *makespan* 660, 56 hours. While the *makespan* using the *Theory of Constraints* method with the conversion 604.89 hours after being given a buffer time in the station that has a bottleneck

**Keywords:** *Theory of Constraints, First Come first Serve, flowshop, makespan, Buffer time*

UIN SUSKA RIAU

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah rabbil'aalamiin penulis ucapkan atas kasih sayang dan pertolongan Allah SWT, atas segala rahmat, hidayah dan kemudahan yang telah dilimpahkan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **“PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE *THEORY of CONSTRAINTS* UNTUK MEMINIMASI MAKESPAN (Studi Kasus: PT. Asia Forestama Raya, Pekanbaru)”** dengan baik. Shalawat dan salam untuk panutan umat sedunia, Rasulullah Muhammad Shalallahu 'alaihi Wassalam yang keteladanannya tiada dua.

Laporan Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di jurusan Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi.

Dalam kesempatan ini, Penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih dan penghargaan yang tulus kepada semua pihak yang telah banyak memberi petunjuk, bimbingan, dorongan dan bantuan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini, baik secara langsung maupun tidak langsung, terutama pada:

1. Bapak Prof. Dr. KH. Ahmad Mujahidin, MA selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Bapak Dr. Ahmad Darmawi, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Bapak Fitra Lestari Norhiza, ST., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Ibu Zarnelly, S.Kom., M.Sc selaku Sekretaris Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Ibu Silvia, S.Si., M.Si selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Bapak Muhammad Isnaini Adiyul Umam, ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

dan memberikan petunjuk yang sangat berharga bagi Penulis dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini.

7. Ibu Wresni Anggraini, ST, MM dan Bapak Suherman M.T yang telah memberikan masukan dan saran yang membangun dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
8. Ibu Wresni Anggraini, ST, MM selaku penasehat akademis yang telah banyak membimbing, menasehati, dan memberikan ilmu pengetahuan bagi penulis selama masa perkuliahan.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang telah banyak memberikan Ilmu Pengetahuan bagi Penulis selama masa perkuliahan.
10. Teristimewa kepada kedua orang tua penulis Bapak Zaidir, Ibu Nurhayati, Kakak Meri, Kakak Ria, Abang Fedillah serta seluruh keluarga besar penulis yang selama ini telah banyak berjasa memberikan dukungan moral dan materil serta do'a restu sehingga dapat menempuh pendidikan hingga S1 di Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
11. Sahabat-Sahabat Penulis Harfaldi, Aditio, M. Rasyid Ridho, Balya, Syukri Alhamda, Noval Adam dan Marcelman yang senantiasa selalu memberikan dukungan dan semangat serta motivasi.
12. Rekan-rekan seperjuangan, Mahasiswa/i Teknik Industri UIN SUSKA Riau khususnya Kelas C dan Angkatan 13, Mantan Basecamp Bahagia, Senior, Junior, Alumni, dan yang namanya tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada Penulis.

UIN SUSKA RIAU

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

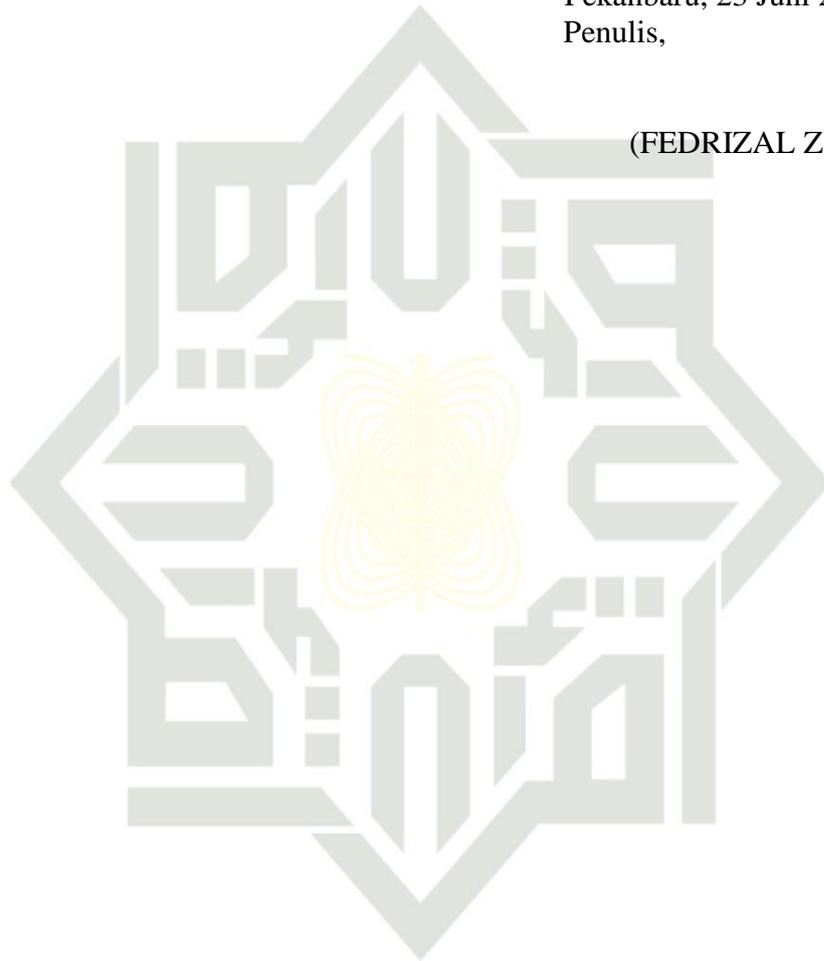
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan pada penulisan Laporan ini. Penulis mengharapkan adanya kritik maupun saran yang bersifat membangun yang bertujuan untuk menyempurnakan isi dari laporan Tugas Akhir ini serta bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan pada umumnya dan bagi Penulis untuk mengamalkan ilmu pengetahuan di tengah-tengah masyarakat.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb*

Pekanbaru, 23 Juni 2020  
Penulis,

(FEDRIZAL Z)



UIN SUSKA RIAU

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN COVER</b> .....	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>LEMBAR HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL</b> .....	iv
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	v
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xviii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xx
<b>DAFTAR RUMUS</b> .....	xxi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxii
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4
1.6 Posisi Penelitian .....	5
1.7 Sistematika Penulisan .....	6
 <b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Defenisi Penjadwalan .....	8
2.1.1 Teknik-Teknik Penjadwalan .....	9
2.1.2 Fungsi dan Tujuan Penjadwalan Produksi .....	11
2.1.3 Elemen Penjadwalan Produksi .....	12

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.1.4	Istilah dalam Penjadwalan.....	13
2.1.5	Jenis-jenis Penjadwalan Produksi .....	14
2.1.6	Lingkungan Mesin, Batasan Proses dan Fungsi Tujuan .....	16
2.2	Pengendalian <i>Input-Output</i> .....	18
2.3	Penjadwalan <i>Flowshop</i> .....	19
2.4	Pengukuran Waktu Kerja.....	21
2.5	Waktu Penyelesaian .....	21
2.6	<i>Makespan</i> .....	22
2.7	Pengurutan Pekerjaan pada Penjadwalan Produksi ( <i>Job Sequencing</i> ).....	22
2.8	Pengertian Algoritma .....	23
2.9	<i>Theory Of Constraints</i> .....	24
2.9.1	Teknik <i>Drum-Buffer-Rope</i> .....	27
2.9.2	Algoritma Zijm-Buitenhek.....	28
2.9.3	Subordinasikan semua stasiun non-constrain ke stasiun constraint.....	30

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Studi Pendahuluan .....	34
3.2	Identifikasi Masalah.....	34
3.3	Perumusan Masalah .....	34
3.4	Penetapan Tujuan.....	34
3.5	Batasan Masalah .....	35
3.6	Pengumpulan Data .....	35
3.7	Pengolahan Data .....	35
3.8	Perhitungan Menggunakan Metode <i>Theory of Constraints</i> .....	36
3.9	Penentuan waktu baku .....	36
3.10	Menentukan Stasiun Kerja <i>Constraint</i> .....	36
3.11	Menghitung <i>lead Time</i> dengan Algoritma Zijm .....	36
3.12	Penjadwalan Job Berdasarkan Stasiun Constraints.....	38

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.13	Perhitungan Release Order .....	38
3.14	Jadwal Release Order .....	38
3.15	<i>Sequence Job</i> .....	38
3.16	Hasil penjadwalan TOC .....	38
3.17	Analisa .....	39
3.18	Kesimpulan dan Saran .....	39

**BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

4.1	Pengumpulan Data .....	40
4.2	Profil Perusahaan .....	40
4.2.1	Sejarah Perusahaan.....	40
4.2.2	Visi dan Misi PT. Asia Forestama Raya .....	41
4.2.3	Struktur Organisasi Bagian Produksi.....	42
4.2.4	Proses Produksi <i>Plywood</i> .....	44
4.2.5	Data Permintaan <i>Plywood</i> .....	50
4.2.6	Data Waktu Baku, <i>Set Up</i> Mesin dan Kapasitas Produksi .....	51
4.3	Pengolahan Data .....	51
4.3.1	Menghitung Nilai <i>Makespan</i> dengan Metode Aktual Perusahaan.....	52
4.3.2	Perhitungan <i>Makespan</i> Menggunakan Metode <i>Theory Of Constraint</i> .....	60
4.3.2.1	Identifikasi Stasiun <i>Bottleneck</i> .....	61
4.3.2.2	Eksplotasi <i>Constraint</i> .....	61
4.3.2.2.1	Perhitungan laju permintaan.....	62
4.3.2.2.2	Laju kedatangan untuk setiap order....	64
4.3.2.2.3	Perhitungan waktu proses.....	66
4.3.2.2.4	Perhitungan rata-rata beban kerja.....	68
4.3.2.2.5	Perhitungan waktu tunggu.....	70
4.3.2.2.6	Perkiraan <i>lead time</i> .....	72
4.3.2.2.7	Menghitung ETC dan LTC.....	74

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4.3.2.3 Subordinasikan semua stasiun non-constrain ke stasiun constraint .....	75
a. Menjadwalkan pekerjaan pada stasiun kendala yaitu stasiun ke- 8 (WC- VIII ) <i>Putty</i> (pendempulan) .....	75
b. Menghitung <i>late finish</i> (LF) WC- VIII dengan cara backward .....	76
c. Menghitung EF ( <i>early finish</i> ) pada WC- VIII .....	77
d. Menghitung ES ( <i>earliest start</i> ) WC- VIII.....	78
e. Melakukan <i>sequencing</i> job pada stasiun kendala dengan <i>forward scheduling</i> dengan penyesuaian pada 7 stand pekerja manual pada WC- VII .....	78
f. Forward scheduling untuk operasi setelah WC- VIII.....	79
g. Backward scheduling untuk operasi sebelum WC- VIII.....	79
1. Perhitungan EF ( <i>Early finish</i> ) <i>Backward</i> .....	80
2. Perhitungan Es ( <i>Early Start</i> ) <i>Backward</i> .....	80
h. Meningkatkan performansi distasiun kendala dengan menghitung <i>buffer time</i> pada stasiun kendala .....	81
i. Pengalokasian Drum-Buffer-Rope.....	81
1. Drum.....	82
2. Buffer.....	82
3. Rope.....	82
4.3.2.4 Menjadwalkan Kembali Job Yang Ada Dengan <i>Buffer Time</i> Yang ada .....	83

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

#### 4.3.2.5 Perbandingan Makespan Kondisi

Existing Perusahaan Dan Makespan

Menggunakan TOC (*Theory Of Constraints*) ..... 88

## BAB V ANALISA

<b>5.1</b>	Analisa Pengolahan Data .....	89
<b>5.1.1</b>	Analisa Perhitungan Waktu Penyelesaian (Cj) .....	89
<b>5.1.2</b>	Analisa Perhitungan Nilai <i>Makespan</i> dengan Metode Aktual Perusahaan .....	90
<b>5.1.3</b>	Analisa Perhitungan Makespan Menggunakan Metode TOC ( <i>Theory Of Constraint</i> ) .....	91
5.1.4	Analisa Identifikasi Stasiun <i>Bottleneck</i> .....	92
5.1.5	Analisa eksploitasi <i>constraints</i> .....	92
5.1.5.1	Analisa Perhitungan Laju Permintaan.....	93
5.1.5.2	Analisa laju kedatangan untuk setiap order .....	93
5.1.5.3	Analisa perhitungan waktu proses .....	93
5.1.5.4	Analisa rata-rata beban kerja stasiun.....	93
5.1.5.5	Analisa perhitungan waktu tunggu .....	94
5.1.5.6	Analisa perhitungan perkiraan <i>lead time</i> .....	94
5.1.5.7	Analisa ETC dan LTC.....	94
5.1.5.8	Analisa subordinasikan stasiun non-constraints dengan semua bagian ke stasiun constraints .....	95
a.	Analisa menjadwalkan pekerjaan pada stasiun kendala yaitu stasiun ke- 8 (WC- VIII ) <i>Putty</i> (pendempulan).....	95
b.	Analisa <i>forward scheduling</i> untuk operasi setelah stasiun kendala.....	95
c.	Analisa <i>backward scheduling</i> untuk operasi sebelum stasiun kendala .....	96
5.1.5.9	Analisa DBR (Drum-Buffer-Rope).....	96
1)	Drum .....	96

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2) Buffer .....	97
3) Rope .....	97

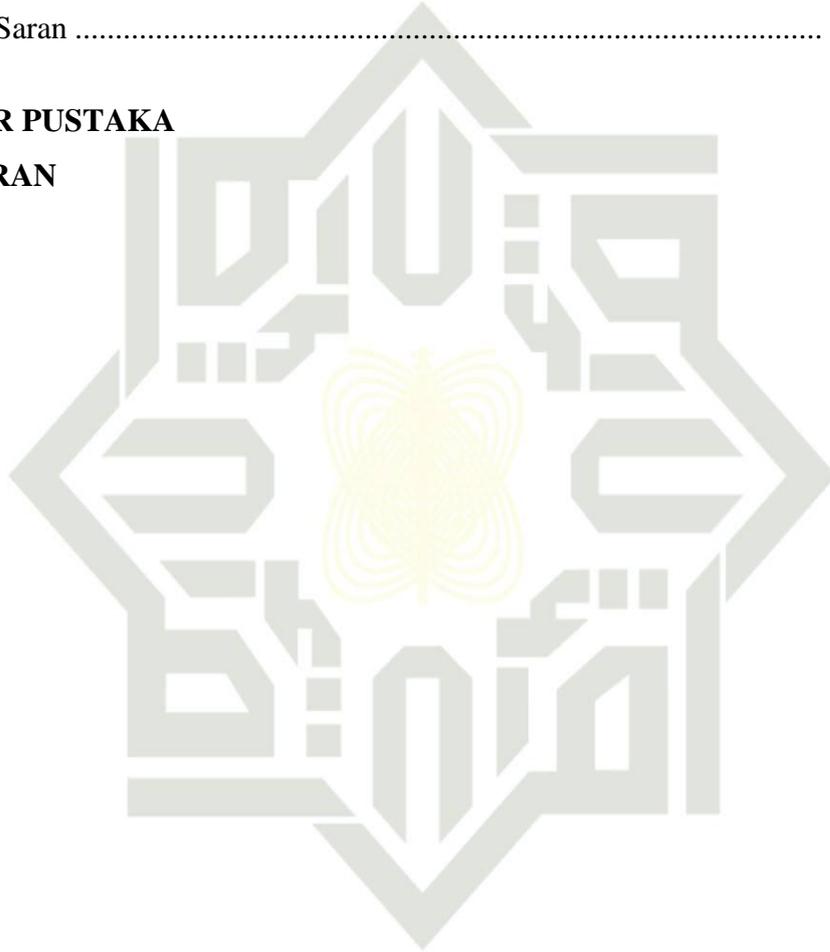
5.1.5.10 Analisa penjadwalan kembali job yang ada dengan menggunakan buffer time yang ada .....	97
--	----

## BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan .....	99
6.2 Saran .....	100

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN



UIN SUSKA RIAU

## DAFTAR TABEL

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Tabel	Halaman
1.1 Rekapitulasi Kapasitas Tiap Stasiun PT. Asia Forestama Raya .....	2
1.2 Rekapitulasi Status Job <i>Plywood</i> PT. Asia Forestama Raya.....	3
1.3 Posisi Penelitian .....	5
1.4 Posisi Penelitian .....	6
4.1 Data Permintaan <i>Plywood</i> PT. Asia Forestama Raya .....	50
4.2 Data Waktu Baku, Waktu <i>Set Up</i> Mesin dan Kapasitas Produksi .....	51
4.3 Data Rekapitulasi Perhitungan Waktu Penyelesaian Seluruh Job Pada Masing-Masing <i>Work Center</i> .....	54
4.4 Data Hasil Perhitungan <i>Makespan</i> dengan Menggunakan Metode FCFS .....	55
4.5 Data Hasil Perhitungan <i>Makespan</i> dengan Menggunakan Metode FCFS( Lanjutan) .....	56
4.6 Data Hasil Perhitungan <i>Makespan</i> dengan Menggunakan Metode FCFS (Lanjutan) .....	57
4.7 Data Hasil Perhitungan <i>Makespan</i> dengan Menggunakan Metode FCFS (Lanjutan) .....	58
4.8 total waktu proses setiap stasiun .....	61
4.9 Hasil Perhitungan Laju Permintaan .....	63
4.10 Hasil Perhitungan Laju Permintaan Dalam Satuan Jam .....	65
4.11 hasil perhitungan waktu proses (jam) .....	67
4.12 hasil perhitungan waktu beban kerja mesin (jam).....	69
4.13 hasil perhitungan waktu tunggu (jam) .....	71
4.14 tabel rekapitulasi perhitungan <i>lead time</i> (jam).....	73
4.15 rekapitulasi perhitungan ETC dan LTC .....	74
4.16 rekapitulasi perhitungan MLT setelah WC- VII.....	76
4.17 rekapitulasi perhitungan LF ( <i>last finish</i> ) setelah WC- VII.....	77
4.18 rekapitulasi perhitungan LF ( <i>last finish</i> ) setelah WC- VII.....	77
4.19 rekapitulasi perhitungan LF ( <i>last finish</i> ) setelah WC- VII.....	78

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4.20 rekapitulasi perhitungan LF ( <i>last finish</i> ) setelah WC- VII.....	78
4.21 rekapitulasi perhitungan <i>Forward LF (last finish)</i> setelah WC- VII.....	79
4.22 rekapitulasi perhitungan EF ( <i>Early finish</i> ) backward sebelum WC- VIII.....	80
4.23 rekapitulasi perhitungan ES ( <i>Early Start</i> ) backward sebelum WC- VIII.....	80
4.24 rekapitulasi perhitungan ES ( <i>Early Start</i> ) backward sebelum WC- VIII (lanjutan) .....	81
4.25 rekapitulasi <i>buffer time</i> sebelum WC- VIII.....	81
4.26 Rekapitulasi Hasil Perhitungan <i>Makespan</i> penjadwalan dengan Menggunakan Metode <i>Theory of constraints</i> .....	84
4.27 Rekapitulasi Hasil Perhitungan <i>Makespan</i> penjadwalan dengan Menggunakan Metode <i>Theory of constraints</i> ( Lanjutan) .....	85
4.28 Rekapitulasi Hasil Perhitungan <i>Makespan</i> penjadwalan dengan Menggunakan Metode <i>Theory of constraints</i> (Lanjutan) .....	86
4.29 Rekapitulasi Hasil Perhitungan <i>Makespan</i> penjadwalan dengan Menggunakan Metode <i>Theory of constraints</i> (Lanjutan) .....	87

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
2.1 Pola Aliran Kerja <i>Job Shop</i> .....	15
2.2 Pola Alir <i>Flow Shop</i> Murni.....	16
2.3 Pola Alir <i>Flow Shop</i> Umum.....	16
2.4 Aliran Linier Dari Produk X dengan Sebuah Kendala ( <i>bottleneck</i> ) .....	26
3.1 Metodologi Penelitian.....	33
4.1 Lantai Produksi PT. Asia Forestama Raya .....	41
4.2 Struktur Organisasi Bagian Produksi.....	43
4.3 Aliran Produksi <i>Plywood</i> .....	49

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR RUMUS

<b>Rumus</b>	<b>Halaman</b>
2.1 Waktu penyelesaian ( $C_j$ ).....	21
2.2 Laju Kedatangan Setiap Job .....	29
2.3 Waktu Proses Setiap <i>Job</i> .....	29
2.4 Rata-Rata Beban Kerja Setiap Mesin .....	29
2.5 Ekspektasi Rata-Rata Waktu Menunggu Setiap <i>Job</i> Di Mesin .....	29
2.6 Ekspektasi Rata-Rata <i>Lead Time</i> Produksi Operasi K <i>Job</i> h Di Mesin j.....	29
2.7 Ekspektasi Rata-Rata <i>Lead Time</i> <i>Job</i> h .....	30
2.8 Hitung ETC.....	30
2.9 Hitung LTC.....	30
2.10 MLT setelah Stasiun Constraints .....	30
2.11 LF Stasiun Constraints <sub>i</sub> .....	31
2.12 EF Stasiun Constraints .....	31
2.13 ES Stasiun Constraints .....	31
2.14 <i>Forward</i> ES operasi ke $n+1$ .....	31
2.15 <i>backward</i> EF operasi <sub><math>n-i</math></sub> .....	31
2.16 <i>backward</i> ES operasi <sub><math>n-i</math></sub> .....	31
2.17 <i>backward</i> EF operasi <sub><math>n-i</math></sub> .....	32

UIN SUSKA RIAU



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran

A	Surat Balasan Instansi .....
B	Foto Observasi .....
C	Perhitungan Aktual Perusahaan .....
D	Perhitungan Laju Permintaan.....
E	Perhitungan Laju Kedatangan Order .....
F	Perhitungan Waktu Proses Pengerjaan .....
G	Perhitungan Waktu Rata-Rata Beban Kerja.....
H	Perhitungan Waktu Tunggu .....
I	Perhitungan Perkiraan Lead Time.....

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Seiring berjalannya era pasar bebas, persaingan adalah suatu hal yang tidak dapat dihindari. Setiap perusahaan dituntut untuk berbenah dalam setiap aspek-aspek kinerja perusahaannya, sehingga perusahaan dapat tetap berkompetisi dalam persaingannya dengan perusahaan lain. Perusahaan dituntut menerapkan sistem manajemen yang fleksibel dan dinamis dalam menghadapi setiap perubahan yang terjadi.

Koordinasi pada rantai produksi yang baik, sangat berpengaruh pada output yang akan dihasilkan, diantaranya penyelesaian pekerjaan tepat pada waktu yang telah ditargetkan. Hal ini akan berdampak pada kepuasan pelanggan yang mendapati barang yang mereka inginkan telah tersedia dengan kurun waktu pengerjaan yang telah dijanjikan.

PT. Asia Forestama Raya adalah sebuah perusahaan yang memproduksi berbagai jenis kebutuhan *Plywood*. Perusahaan ini menghasilkan berbagai Jenis *Plywood*. Antara lain yaitu, *raw plywood*, *product secondary process (polyester plywood dan film face)* dan kayu gergajian atau *moulding*. Pola aliran proses pada PT. Asia Forestama Raya adalah pola aliran *flowshop* yang terdiri dari beberapa mesin yang sama baik bentuk dan fungsinya. Sistem Penjadwalan yang diterapkan pada perusahaan selama ini adalah *First Come First Serve (FCFS)* dimana perusahaan memproduksi pesanan yang terlebih dahulu datang, sehingga pesanan berikutnya harus menunggu sampai pesanan yang sebelumnya selesai dikerjakan.

Permasalahan yang terjadi pada PT. Asia Forestama Raya adalah penumpukan (*bottleneck*) di salah satu stasiun yakni stasiun pendempulan (*Putty*), dikarenakan kemampuan penyelesaian di stasiun tersebut tidak sesuai dengan waktu yang tersedia, secara otomatis membuat waktu penyelesaian yang berlangsung dilantai produksi semakin panjang, sehingga penyelesaian produk tidak tepat pada waktunya. Berikut rekapitulasi kapasitas setiap stasiun dalam mengerjakan job per jam.

Tabel 1.1 Rekapitulasi Kapasitas Tiap Stasiun PT. Asia Forestama Raya

No	Stasiun Kerja	Nama Mesin	Jumlah Mesin	Kapasitas Produksi/ mesin (m <sup>3</sup> )	Jumlah kapasitas produksi / stasiun
1	I	<i>Cutting</i>	1	30	30 m <sup>3</sup> / jam
2	II	<i>Rotary</i>	3	20	20 m <sup>3</sup> / jam
3	III	<i>Dryer</i>	3	20	20 m <sup>3</sup> / jam
4	IV	<i>Arranger</i>	Manual (10psg)	20	20 m <sup>3</sup> / jam
5	V	<i>Glue spreader</i>	3	20	20 m <sup>3</sup> / jam
6	VI	<i>Cold press</i>	3	24	24 m <sup>3</sup> / jam
7	VII	<i>Hot press</i>	3	24	24 m <sup>3</sup> / jam
8	VIII	<i>Putty</i>	Manual(7psg)	11	11 m <sup>3</sup> / jam
9	IX	<i>Double saw</i>	1	20	20 m <sup>3</sup> / jam
10	X	<i>Sander</i>	1	20	20 m <sup>3</sup> / jam
11	XI	<i>Finish selection</i>	Manual (3 psg)	20	20 m <sup>3</sup> / jam

(Sumber: Asia Foresta ma Raya, 2017),

Tabel 1.1 memperlihatkan, terdapat 3 stasin yang menggunakan tenaga manusia dalam proses pengerjaannya. Terlihat pada stasiun pendempulan (*putty*) memiliki kapasitas 21m<sup>3</sup>/jam dengan kemampuan setiap pasang pekerjajanya mampu menyelesaikan 3 m<sup>3</sup>/jam nya, dengan kemampuan terbatas, menyebabkan terjadi penumpukan (*bottleneck*). Hal ini disebabkan pada stasiun sebelumnya yaitu stasiun *hot press* mampu menyelesaikan 36m<sup>3</sup>/jam nya, sedangkan pada stasiun pendempulan (*putty*) hanya mampu menyelesaikan 21m<sup>3</sup>/jam. Berarti ada sekitar 15m<sup>3</sup> plywood yang menunggu untuk diproses pada stasiun pendempulan (*putty*).

Penumpukan yang terjadi secara terus menerus akan mengakibatkan tergangunya proses produksi yang berdampak besar bagi perusahaan seperti keterlambatan penyelesaian pesanan. Berikut adalah rekapitulasi data keterlambatan penyelesaian pemesanan konsumen PT. Asia Forestama Raya Tahun 2017

Tabel 1.2 Rekapitulasi Status Job *Plywood* PT. Asia Forestama Raya

No	Keterangan Penyelesaian Pesanan	Jumlah	Persentase (%)
1	Pesanan Selesai Tepat Waktu	82	59
2	Pesanan Selesai Sebelum Tanggal Jatuh Tempo	8	5,7
3	Pesanan Selesai Melewati Tanggal Jatuh Tempo	50	36
<b>Total Pesanan</b>		140	100

(Sumber: Asia Forestama Raya, 2017)

Tabel 1.2 menjelaskan tentang rekapitulasi data permintaan *Plywood* di PT. Asia Forestama Raya selama bulan Januari 2017 - Desember 2017. Selama jangka waktu tersebut terdapat 140 pesanan dan di antaranya ada 36% pesanan yang tidak selesai tepat pada waktu yang telah dijanjikan. Ini dapat mengakibatkan kerugian pada perusahaan seperti berkurang atau bahkan hilangnya kepercayaan konsumen terhadap perusahaan, sehingga berkurangnya pesanan produk dari konsumen dan perusahaan tidak mendapatkan keuntungan yang seharusnya didapatkan, karena konsumen akan mencari perusahaan lain yang bisa memenuhi permintaannya sesuai dengan waktu yang telah disepakati.

Berdasarkan permasalahan tersebut perlu adanya solusi yang dapat mengurangi kerugian dari penumpukan (*Bottleneck*) yang terjadi pada stasiun bermasalah tersebut,. Salah satu metode untuk memperoleh penjadwalan yang baik adalah dengan menggunakan metode *Theory Of Constraint (TOC)*. *Theory of constraints*(TOC), merupakan suatu filosofi manajemen yang berdasarkan prinsip-prinsip pencapaian peningkatan terus-menerus (*continous improvement*) melalui pemfokusan perhatian pada kendala sistem (*system constraint*) (Anastasia, 2015). *Theory Of Constraint (TOC)* dapat digunakan pada *item* pabrikasi yang menggunakan mesin-mesin besar dikarenakan pada proses pabrikasi memiliki waktu siklus yang panjang. Oleh karena itu metode *Theory of constrains* cukup sesuai dengan permasalahan yang terjadi pada PT. Asia Forestama Raya yang menggunakan mesin-mesin besar.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah maka dapat dirumuskan masalah yaitu terdapat penumpukan (*bottleneck*) bahan setengah jadi pada salah satu stasiun, yaitu stasiun pendempulan (*Putty*), serta belum adanya penjadwalan

produksi yang lebih baik yang mengakibatkan keterlambatan pengiriman pesanan, oleh sebab itu diperlukan sebuah sitem penjadwalan yang lebih baik dan terstruktur sehingga menghasilkan waktu proses produksi (*makespan*) yang lebih rendah dari sebelumnya, guna mengatasi keterlambatan pengiriman pesanan.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah memberikan prioritas perbaikan kepada stasiun yang mengalami kendala (*Constraint*) yang mengakibatkan terjadinya penumpukan (*bottleneck*) agar dapat beroperasi secara optimal, serta untuk mengurangi total waktu proses produksi (*makespan*) dari sebelumnya guna mensiasati keterlambatan. Serta mendapatkan penjadwalan terbaik agar seluruh *job* dapat diselesaikan dengan *makespan* yang relatif kecil.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi peneliti  
Dapat mengetahui bagaimana penerapan dari ilmu-ilmu yang telah dipelajari di bangku perkuliahan sistem produksi khususnya di bidang penjadwalan produksi dengan menggunakan metode *Theory Of Constraint*
2. Bagi perusahaan  
Menjadi bahan pertimbangan atau memberikan usulan kepada PT. Asia Forestama Raya tentang penjadwalan produksi yang dapat mengurangi total waktu penyelesaian seluruh *job* (*makespan*) dengan menggunakan metode metode *Theory Of Constraint*

### 1.5 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini terfokus dan tidak melebar cakupannya, maka peneliti membatasi masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada produksi *plywood* untuk ekspor
2. Perencanaan perbaikan penjadwalan produksi dilakukan dengan mengambil data pesanan pada bulan November 2017
3. Penelitian ini tidak membahas tentang perhitungan biaya

Selain batasan masalah di atas, dalam penelitian ini peneliti juga menggunakan beberapa asumsi, yaitu:

1. Seluruh bahan baku dalam kondisi normal
2. Orderan datang secara bersamaan dan tidak ada pembatalan pesanan
3. Tidak ada interupsi antar pesanan, sehingga satu pesanan harus dikerjakan sampai selesai dan apabila ada mesin yang menganggur baru bisa dimulai pesanan yang lain

### 1.6 Posisi Penelitian

Adapun posisi penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1.3 Posisi Penelitian

No	Judul dan Penulis	Permasalahan	Metode	Hasil
1	Aplikasi <i>theory Of Constrain</i> untuk Alokasi <i>buffer</i> lintasan Produksi Pada <i>assembly Manufacturing</i> (Anastasia Lidya Maukar, 2015)	Perencanaan kapasitas <i>buffer</i> diantara stasiun kerja	<i>Theory Of Constraint (TOC)</i>	untuk mengetahui kapasitas <i>buffer</i> yang diperlukan
2	Upaya Penyeimbangan Kapasitas Stasiun Kerja Dengan Pendekatan <i>Theory Of Constraint</i> (Dini Wahyuni, 2016)	penyeimbangan kapasitas stasiun kerja <i>bottleneck</i>	Pendekatan <i>Theory Of Constraint</i>	merekomendasikan penambahan <i>shift</i> kerja
3	Penjadwalan Produksi Tegel Keramik Untuk Meminimasi <i>Makespan</i> Dengan Menggunakan Metode <i>Algoritma Heuristic Pour</i> Dan <i>Algoritma Nawaz, Enscore And Ham (Neh)</i> (Hendrastuti Hendro, 2014)	banyaknya jam lembur dalam memenuhi jumlah permintaan	<i>Algoritma Heuristic Pour</i> Dan <i>Algoritma Nawaz, Enscore And Ham (NEH)</i>	metode yang paling baik untuk <i>sequencing</i> pekerjaan tegel keramik.
4	Penjadwalan <i>flowshop</i> menggunakan algoritma <i>nawaz Enscore Ham</i> (Ilyas Masudin, 2014)	Keterlambatan penyelesaian pengerjaan produksi koran, tabloid dll	<i>Nawaz, Enscore And Ham (NEH)</i>	meminimumkan waktupenyelesaian pekerjaan ( <i>makespan</i> )

#### Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 1.4 Posisi Penelitian (lanjutan)

No	Judul dan Penulis	Permasalahan	Metode	Hasil
5	Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan Metode TOC ( <i>Theory Of Constraint</i> ) Dan NEH ( <i>Nawaz Ensore Ham</i> ) (Fedrizal. Z, 2017)	Terjadinya bottleneck pada stasiun stasiun pendempulan	<i>Theory Of Constraint</i>	Meminimasi bottleneck yang terjadi serta Memperbaiki urutan pengerjaan <i>job</i> dengan memberikan prioritas pada <i>job</i> yang memiliki waktu proses yang lebih besar agar makespan menjadi lebih kecil

### 1.7 Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan penelitian ini mengikuti sistematika penulisan sebagai berikut:

#### BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, posisi penelitian dan sistematika penulisan laporan.

#### BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan diuraikan teori-teori pendukung yang digunakan dalam penerapan penjadwalan produksi secara optimal dengan penjelasan tentang metode *Theory Of Constraint* dan

#### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan menjelaskan langkah-langkah yang digunakan dalam proses penelitian yang dilakukan dalam pelaksanaan laporan penelitian.

#### BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Berisikan tentang data-data serta langkah-langkah secara skematis dalam pengolahan data dan penerapannya terhadap permasalahan

**Hak Cipta Diindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

perusahaan tentang penjadwalan produksi dengan menggunakan metode *Theory Of Constraint*

**BAB V ANALISA**

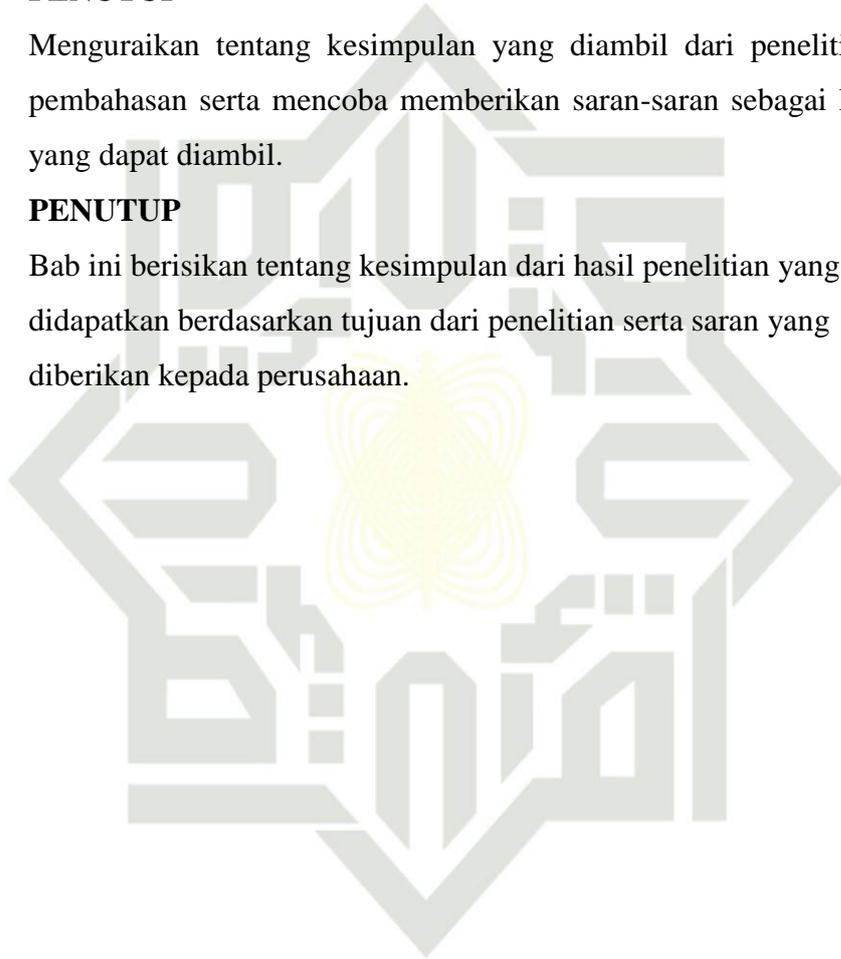
Berisikan tentang analisa-analisa tentang hasil dari pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan berdasarkan data yang ada.

**BAB VI PENUTUP**

Menguraikan tentang kesimpulan yang diambil dari penelitian dan pembahasan serta mencoba memberikan saran-saran sebagai langkah yang dapat diambil.

**BAB VI PENUTUP**

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang sudah didapatkan berdasarkan tujuan dari penelitian serta saran yang diberikan kepada perusahaan.



## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 Defenisi Penjadwalan

Penjadwalan dapat didefinisikan sebagai pengaturan waktu dari suatu kegiatan yang mencakup kegiatan mengalokasikan fasilitas, peralatan atau tenaga kerja bagi suatu kegiatan operasi dan menentukan urutan pelaksanaan kegiatan operasi. Penjawalan juga dapat diartikan sebagai proses pengalokasian sumber-sumber guna melaksanakan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu. Berbagai teknik dapat diterapkan untuk penjadwalan, teknik yang digunakan tergantung dari volume produksi, variasi produk, keadaan operasi, dan kompleksitas dari pekerjaan sendiri dan pengendalian yang diperlukan selama proses (Kuswandi, 2010).

Penjadwalan merupakan alat ukur yang baik untuk perencanaan agregat. Pesanan-pesanan pada tahap ini akan di tugaskan pertama kalinya pada sumber daya tertentu (fasilitas, pekerja, peralatan), kemudian dilakukan pengurutan kerja pada tiap-tiap pusat pemrosesan sehingga di capai optimalitas utilisasi kapasitas yang ada (Masrurroh, 2006).

Kebanyakan perusahaan menyelesaikan pekerjaan secara bersamaan, karena itu perlu menggabungkan beberapa jadwal kerja. Penggabungan ini dimungkinkan apabila tanggal penyerahan atau selesai untuk setiap pekerjaan dapat diketahui dan seluruh penggabungan tersebut akan dilaksanakan oleh setiap bagian proses sepanjang periode yang direncanakan. Proses penggabungan ini disebut penjadwalan (*scheduling*) dan hasilnya secara sederhana disebut jadwal (*schedule*) atau jadwal produksi (*production schedule*) secara keseluruhan. Salah satu kunci keberhasilan dalam meningkatkan efisiensi dalam unit operasi adalah kemampuan untuk menyusun jadwal secara efektif. Namun dalam menyusun jadwal secara efektif terdapat beberapa kesulitan, yaitu kesulitan dalam mengidentifikasi tujuan dari jadwal yang sedang dilaksanakan dan jumlah yang sangat besar dari jadwal yang mungkin (Kuswandi, 2010).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Persoalan penjadwalan adalah persoalan pengalokasian pekerjaan ke mesin, pada kondisi mesin mempunyai kapasitas dan jumlah terbatas. Secara umum masalah penjadwalan dapat dijelaskan sebagai  $n$  *job* ( $J_1, J_2, \dots, J_n$ ) yang harus diproses di  $m$  mesin ( $M_1, M_2, \dots, M_m$ ). Waktu yang diperlukan untuk memproses pekerjaan  $J_1$  pada mesin  $M$  adalah  $P$  setiap *job* harus diproses tanpa dihentikan selama waktu proses  $p$  mesin hanya dapat menangani satu *job* pada saat yang sama, dan secara terus menerus tersedia sejak waktu nol (*time zero*). Pemecahan permasalahan yang diinginkan adalah mendapatkan jadwal yang optimal, yaitu menyelesaikan semua pekerjaan dengan mendapatkan jadwal yang optimal yaitu menyelesaikan semua pekerjaan dengan adanya keterbatasan kapasitas dan ketersediaan mesin dengan memenuhi fungsi tujuannya (Kuswandi, 2010).

Unsur-unsur vital dalam penjadwalan adalah sumber-sumber (*resources*) yang dikenal dengan daya mesin dan tugas-tugas (*task*) yang dikenal dengan pekerjaan-pekerjaan (*jobs*), untuk dapat melakukan penjadwalan dengan baik, maka waktu proses kerja setiap mesin serta jenis pekerjaan (*job*) yang akan dijadwalkan perlu diketahui (Masruroh, 2006).

### 2.1.1 Teknik Penjadwalan

Operasi manufaktur harus dijadwalkan agar item-item diproduksi tepat waktu. Kapan suatu pesanan harus diselesaikan (*when is due*)? Pekerjaan apa yang seharusnya diselesaikan atau dijalankan pada *work center* tertentu? Itu semua merupakan pertanyaan inti yang berkaitan dengan pengendalian prioritas (*priority control*) (Gaspesz, 1998).

Pengendalian prioritas adalah proses *komunikasi start and completion dates* ke departemen manufakturing agar melaksanakan suatu rencana. *The dispatch list* adalah alat yang secara normal digunakan untuk memberikan informasi waktu dan prioritas menggunakan sejumlah teknik penjadwalan. Pemilihan teknik penjadwalan yang tepat tergantung pada lingkungan manufaktur. Untuk mengendalikan proses produksi, jadwal harus *up-to-date*. variabel –variabel dalam pengendalian prioritas adalah kebutuhan pelanggan,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

status peralatan, ketersediaan material, dan berbagai pertimbangan lain. Pada dasarnya terdapat metode untuk teknik penjadwalan yaitu *backward scheduling* dan *forward scheduling* (Gaspesz, 1998).

1. *Backward Scheduling*

Dimulai dengan tanggal atau waktu dimana suatu pesanan yang dibutuhkan ini harus diselesaikan yang ditetapkan oleh *MRP*, kemudian menghitung mundur (*backward*) guna menentukan waktu yang tepat untuk mengeluarkan pesanan itu. Penggunaan *backward scheduling* mengasumsikan bahwa *finished date* diketahui dan *start date* diinginkan. Biasanya kuantitas untuk *independent demand* beserta waktu kebutuhannya ditemukan dengan menggunakan *master production schedule (MPS)*. *Backward scheduling* biasanya digunakan apabila komponen-komponen yang sedang dibuat menuju ke suatu *assembled product* memiliki waktu tunggu yang berbeda (*different lead times*).

2. *Forward scheduling*, dimulai dari *start date* pada operasi pertama, kemudian menghitung *schedule date* ke depan (*forward*) untuk setiap operasi (sampai operasi terakhir) guna menentukan *completion date*. Berdasarkan perhitungan ini akan diketahui *operation start dates* untuk setiap langkah. Perlu diperhatikan di sini, bahwa *forward scheduling* menggunakan data waktu atau tanggal yang dijanjikan untuk pelanggan, serta berfokus pada operasi-operasi kritis dan penjadwalan melalui subsekuens operasi. *Forward scheduling* paling sering digunakan dalam perusahaan-perusahaan seperti: *paper and still mills* dimana produk bersifat besar (*bulky*) dengan sedikit komponen. *Forward scheduling* akan jelek apabila ditetapkan untuk struktur produk yang kompleks dengan banyak komponen. Bagaimanapun *forward scheduling* dapat melengkapi *backward scheduling* untuk menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan kebutuhan pelanggan.

Pada dasarnya *forward scheduling* menjawab pertanyaan berapa lamaa waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pesanan, sedangkan *backward scheduling* menjawab Pertanyaan: kapan harus memulai mengerjakan suatu

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pesanan agar dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang diinginkan (Gaspesz, 1998).

### 2.1.2 Fungsi dan Tujuan Penjadwalan Produksi

Adapun fungsi pokok dari penjadwalan produksi adalah untuk membuat agar proses produksi dapat berjalan lancar sesuai waktu yang telah direncanakan, sehingga bekerja dengan kapasitas penuh dengan biaya seminimal mungkin serta kuantitas produk yang diinginkan dapat diproduksi tepat pada waktunya (Masruroh, 2006).

Fungsi dari penjadwalan berbeda untuk masing-masing proses. Namun secara umum, penjadwalan berfungsi untuk (Haming dan Nurnajamuddin, 2007):

1. Mengefisienkan penggunaan sumber daya. Jika jadwal produksi kurang baik maka tingkat penggunaan kapasitas mesin dan masukan akan kurang efisien. Kapasitas dapat menghadapi gejala pengangguran (*idle*) sumber daya, termasuk sumber daya manusia. Pengolahan akan mengalami gangguan ketidaklancaran, bahkan dapat menyebabkan terjadinya keterlambatan. Hal tersebut akan mengakibatkan naiknya biaya produksi, dan pada akhirnya akan mempengaruhi daya saing perusahaan.
2. Mengefektifkan penggunaan sumber daya. Jadwal yang baik menyebabkan penyediaan sumber daya, termasuk kapasitas produksi yang sesuai dengan kebutuhan pengolahan. Pada akhirnya, kondisi selaras dan seimbang itu akan mendukung tercapainya efisiensi dalam proses produksi. Pada gilirannya nanti, kondisi tersebut akan menekan biaya pengerjaan sehingga akan menurunkan biaya produksi, dan akan meningkatkan daya saing perusahaan.

Secara rinci dapat dijabarkan bahwa penjadwalan merupakan sebuah fungsi pengambilan keputusan, yaitu dalam menentukan jadwal paling tepat atau merupakan sebuah teori yang berisi kumpulan prinsip, model, teknik dalam pengambilan keputusan. Tujuan penjadwalan adalah sebagai berikut (Manggenre, 2014):

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Meningkatkan penggunaan sumber daya atau mengurangi waktu tunggunya.
2. Mengurangi persediaan barang setengah jadi atau mengurangi sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumber daya yang ada masih mengerjakan yang lain.
3. Mengurangi beberapa kelambatan pada pekerjaan yang mempuntai batas waktu penyelesaian (*due date*) sehingga akan meminimasi *penalty cost* (biaya keterlambatan).
4. Membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan sehingga penambahan biaya yang mahal dapat dihindarkan.
5. Meminimasi rata-rata waktu proses dalam suatu sistem.
6. Memperbaiki keakuratan status informasi pekerjaan.
7. Mengurangi *set up times*.

Pada saat merencanakan suatu jadwal produksi, yang harus dipertimbangkan adalah ketersediaan sumber daya yang dimiliki, baik berupa tenaga kerja, peralatan prosesor ataupun bahan baku. Karena sumber daya yang dimiliki dapat berubah-ubah (terutama operator dan bahan baku), maka penjadwalan dapat kita lihat merupakan proses yang dinamis (Nasution dan Prasetyawan, 2008).

### 2.1.3 Elemen Penjadwalan Produksi

Proses operasi terdapat tiga elemen penjadwalan yaitu *job*, operasi dan mesin. Ketiga elemen tersebut dijelaskan sebagai berikut (Baker, 2009 dikutip oleh widodo, 2014):

1. *Job*  
*Job* dapat didefinisikan sebagai suatu pekerjaan yang harus diselesaikan untuk mendapatkan suatu produk. *Job* biasanya terdiri dari beberapa operasi yang harus dikerjakan (minimal 1 operasi). Manajemen melalui perencanaan yang telah dibuat atau berdasarkan pesanan dari pelanggan, memberikan *job* kepada bagian *shop floor* untuk dikerjakan. Informasi yang dimiliki oleh suatu *job* ketika datang ke bagian *shop floor* biasanya

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

adalah operasi-operasi yang harus dilakukan didalamnya (dari bagian *engineering*), saat *job* diselesaikan dan saat *job* mulai dapat dikerjakan.

2. Operasi

Operasi adalah bagian proses dari *job* untuk menyelesaikan suatu *job*. Operasi-operasi dalam *job* diurutkan dalam suatu urutan pengerjaan tertentu. Urutan tersebut ditentukan pada saat perencanaan proses. Suatu operasi baru dapat dikerjakan apabila operasi atau proses yang mendahuluinya sudah dikerjakan terlebih dahulu. Tabel waktu operasi berisikan informasi mengenai urutan pengerjaan dan jenis mesin yang digunakan dalam setiap operasi.

Setiap operasi memiliki waktu proses. Waktu proses operasi ( $t_{ij}$ ) adalah waktu pengerjaan yang diperlukan untuk melakukan operasi tersebut. Waktu proses operasi untuk suatu *job* biasanya telah diketahui sebelumnya dan mempunyai besar tertentu. Waktu proses operasi ditampilkan juga dalam bentuk tabel yang dikenal dengan tabel waktu operasi.

3. Mesin

Mesin adalah sumber daya yang diperlukan untuk mengerjakan proses penyelesaian suatu *job*. Setiap mesin hanya dapat memproses satu tugas pada satu saat tertentu.

#### 2.1.4 Istilah dalam Penjadwalan

Pembahasan mengenai masalah penjadwalan akan dijumpai beberapa istilah, sebagai berikut (Baker, 2009 dikutip oleh Widodo, 2014):

1. *Ready time* ( $r_j$ ), yaitu waktu yang menunjukkan saat *job* siap untuk dikerjakan.
2. *Waiting time* ( $W_j$ ), yaitu waktu yang dilalui suatu pekerjaan sebelum mulai diproses
3. *Completion time* ( $C_j$ ), yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu operasi dari pekerjaan  $j$
4. *Flow Time* ( $F_j$ ), yaitu waktu antara *job* ke- $j$  siap dikerjakan sampai *job* tersebut diselesaikan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$F_j = C_j - r_j$$

5. *Completion Time* ( $C_{ij}$ ), yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu operasi dari pekerjaan  $j$  pada mesin. Dalam waktu proses ini sudah termasuk waktu yang dibutuhkan untuk persiapan dan pengaturan (*set up*).

$$C_j = F_j + r_j$$

6. *Process Time*  $t_{i,j}$ , yaitu waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu operasi atau proses ke- $i$  dari *job* ke- $j$ . Waktu proses ini telah mencakup waktu untuk persiapan dan pengaturan proses.

7. *Due Date* ( $d_j$ ), yaitu batas waktu penyelesaian yang ditentukan untuk *job j*.

8. *Lateness* ( $L_j$ ), yaitu besarnya simpangan waktu penyelesaian *job j* terhadap *due date* yang telah ditentukan untuk *job* tersebut.

$$L_j = C_j - d_j \leq 0, \text{ artinya saat penyelesaian memenuhi batas akhir.}$$

$$L_j = C_j - d_j > 0, \text{ artinya saat penyelesaian melewati batas akhir.}$$

9. *Tardiness* ( $T_j$ ), yaitu besarnya keterlambatan dari *job j*. *Tardiness* adalah *lateness* yang berharga positif.

10. *Makespan* ( $M_s$ ) : jangka penyelesaian suatu penjadwalan (penjumlahan seluruh waktu proses).

$$M_s = C_{\max}$$

11. *Earliness* ( $e_j$ ), yaitu keterlambatan yang bernilai negatif.

### 2.1.5 Jenis-jenis Penjadwalan Produksi

Jenis dari penjadwalan produksi akan sangat bergantung pada hal-hal sebagai berikut (Nasution dan Prasetyawan, 2008):

1. Jumlah *job* yang akan dijadwalkan
2. Jumlah mesin yang dapat digunakan
3. Ukuran dari keberhasilan pelaksanaan penjadwalan
4. Cara *job* datang
5. Jenis aliran proses produksi

Penjadwalan secara garis besar dapat dibedakan dalam penjadwalan untuk *job shop* dan *flow shop*. Permasalahan yang membedakan antara *job shop* dan *flow shop* adalah pola aliran kerja yang tidak memiliki tahapan-tahapan proses

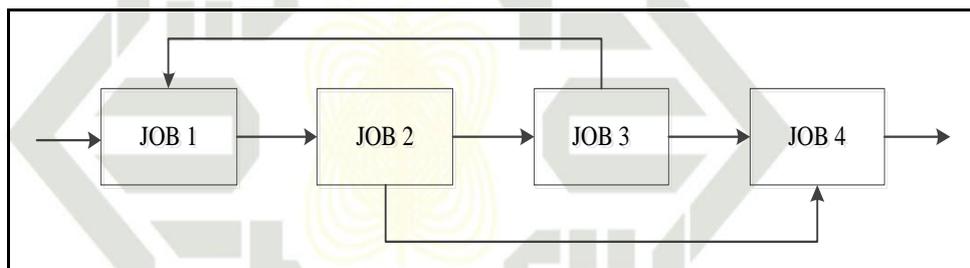
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

yang sama. Agar dapat melakukan penjadwalan dengan baik maka waktu proses kerja setiap mesin serta jenis pekerjaannya perlu diketahui, waktu tersebut dapat diperoleh dengan melakukan pengamatan dari operator pada bagian tertentu, setelah mengetahui jenis serta waktu proses kerja setiap mesin yang akan dijadwalkan maka proses penjadwalan baru dapat dilakukan. Berdasarkan urutan produksi, penjadwalan produksi memiliki dua tipe, yaitu sebagai berikut (Widodo, 2014):

1. Penjadwalan produksi tipe *job shop*

Penjadwalan *job shop* adalah pola alir dari N melalui M mesin dengan pola alir sembarang. Selain itu penjadwalan *job shop* dapat berarti setiap *job* dapat dijadwalkan pada satu atau beberapa mesin yang mempunyai pemrosesan sama atau berbeda. Aliran kerja *job shop* adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Pola Aliran Kerja *Job Shop*  
(Sumber: Widodo, 2014)

2. Penjadwalan produksi tipe *flow shop*

Penjadwalan *flow shop* adalah pola alir dari N sebuah *job* yang melalui proses yang sama (searah). Model *flowshop* merupakan sebuah pekerjaan yang dianggap sebagai kumpulan dari operasi-operasi dimana diterapkannya sebuah struktur presenden khusus.

Penjadwalan *flowshop* dicirikan oleh adanya aliran kerja yang satu arah dan tertentu. Pada dasarnya ada beberapa macam pola *flow shop* yaitu:

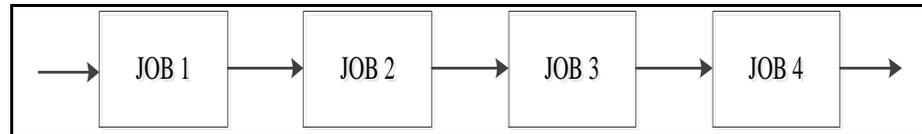
a. *Flow shop* murni

Kondisi dimana sebuah *job* diharuskan menjalani satu kali proses untuk tiap-tiap tahapan proses. Misalnya, masing-masing *job* melalui mesin 1,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

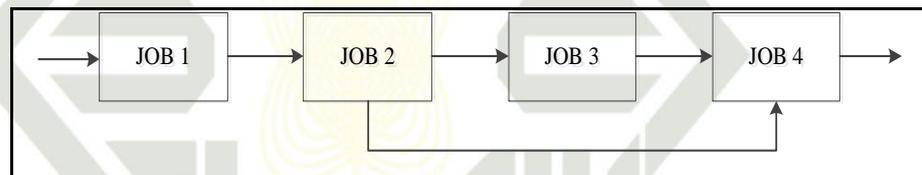
kemudian mesin 2, mesin 3 dan seterusnya sampai dengan mesin pada proses yang paling akhir. Berikut gambaran sistem produksi dengan *flow shop* murni:



Gambar 2.2 Pola Alir *Flow Shop* Murni  
(Sumber: Widodo, 2014)

b. *Flow shop* umum

Kondisi dimana sebuah *job* boleh melalui seluruh mesin produksi, dimana mulai awal sampai dengan yang terakhir. Selain itu sebuah *job* boleh melalui beberapa mesin tertentu, yang mana mesin tersebut masih berdekatan dengan mesin-mesin lainnya dan masih satu arah lintasannya. Berikut contoh sistem produksi dengan pola *flow shop* umum:



Gambar 2.3 Pola Alir *Flow Shop* Umum  
(Sumber: Widodo, 2014)

### 2.1.6 Lingkungan Mesin, Batasan Proses dan Fungsi Tujuan

Kemungkinan lingkungan mesin antara lain (Pinedo, 1995 dikutip oleh Su parman, 2006):

1. *Single machine* (1): Kasus *single machine* merupakan keungkinan lingkungan mesin yang paling sederhana
2. *Identical machine in parallel* (Pm): Terdapat m buah mesin yang identik secara paralel. *Job* j membutuhkan suatu operasi tunggal dan dapat diproses pada salah satu di antara mesin mana pun yang dipilih
3. *Machines in parallel with different speeds* (Qm): Terdapat m buah mesin paralel dengan kecepatan yang berbeda, kecepatan mesin i dinotasikan  $v_i$ . Waktu proses  $p_{ij}$  yang dihabiskan oleh *job* j pada mesin i, dengan asumsi h

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

anya diproses pada mesin  $i$ , sama dengan  $p_j/v_i$ . Bila semua mesin memiliki kecepatan yang sama, yaitu  $v_i = 1$  untuk semua  $i$  dan  $p_{ij} = p_j$ , maka lingkungan tersebut identik dengan lingkungan sebelumnya.

4. *Unrelated machines in parallel* ( $R_m$ ): Lingkungan ini merupakan perluasan dari sebelumnya. Terdapat  $m$  buah mesin yang berbeda secara *parallel*. Mesin  $i$  dapat memproses *job*  $j$  pada kecepatan  $v_j$ . Waktu proses  $p_{ij}$  yang dihabiskan oleh *job*  $j$  pada mesin  $i$ , dengan asumsi hanya diproses pada mesin  $i$ , sama dengan  $p_j/v_{ij}$ . Apabila kecepatan mesin tidak tergantung pada pesanan, yaitu  $v_{ij} = v_i$  untuk semua  $i$  dan  $j$ . maka lingkungan tersebut identik dengan lingkungan sebelumnya.
5. *Flow shop* ( $F_m$ ): Terdapat  $m$  buah mesin seri. Tiap *job* harus diproses pada setiap mesin. Semua *job* memiliki rute yang sama, yaitu mereka harus diproses pertama kali pada mesin 1, kemudian pada mesin 2, dan seterusnya. Setelah selesai pada satu mesin, *job* bergabung dengan antrian pada mesin berikutnya. Pada umumnya, semua antrian diasumsikan beroperasi dengan aturan *first in first out* (FIFO), sehingga suatu *job* tidak dapat mendahului pesanan yang lain sewaktu mengantri.
6. *Flexible Flow Shop* (FFs): *Flexible Flow Shop* merupakan perluasan dari *flow shop* dan lingkungan mesin paralel. Terdapat  $s$  tahapan secara seri dengan sejumlah mesin paralel pada tiap tahap. Setiap *job* harus diproses pertama kali pada tahap 1, kemudian tahap 2, dan seterusnya. Tiap tahapan berfungsi sebagai kumpulan mesin paralel; pada tiap tahap *job*  $j$  membutuhkan hanya satu mesin dan pada umumnya tiap mesin dapat memproses *job* yang mana saja. Antrian diantara tahapan yang bervariasi biasanya menurut aturan FIFO
7. *Open Shop* ( $O_m$ ): Terdapat  $m$  mesin. Tiap *job* harus diproses kembali pada salah satu mesin. Waktu proses dapat bernilai nol. Tidak ada pembatas berkaitan dengan rute tiap *job* melalui mesin. Penjadwalan diijinkan untuk menentukan rute tiap *job*, dan *job* yang berbeda dapat memiliki rute yang berbeda.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

8. *Job Shop* (Jm): Pada *job shop* dengan  $m$  mesin, tiap *job* memiliki rute masing-masing.

Tujuan (objektif yang akan diminimasi selalu merupakan fungsi dari waktu penyelesaian *job*, yang tentu saja tergantung pada jadwal. Waktu penyelesaian operasi *job*  $j$  pada mesin  $i$  dinotasikan  $C_{ij}$ . Waktu saat *job*  $j$  meninggalkan sistem (yaitu waktu penyelesaian pada mesin terakhir di mana *job* tersebut butuh diproses) dinotasikan  $C_j$ . Tujuan juga bisa merupakan fungsi *due dates*. Salah satu contoh berikut merupakan fungsi objektif yang mungkin diminimasi. Makespan ( $C_{\max}$ ): didefinisikan sebagai  $\max(C_1, \dots, C_n)$ , ekuivalen dengan waktu penyelesaian *job* terakhir yang meninggalkan sistem (Suparman, 2006).

## 2.2 Pengendalian Input-Output

Pengendalian input-output (*input/output control*) merupakan suatu metode yang efektif untuk mengendalikan antrian, *work in process* (WIP), dan waktu tunggu manufaktur (*manufacturing lead time*). Pengendalian input-output memungkinkan perencana untuk menentukan tindakan apa yang diperlukan agar mencapai tujuan-tujuan berupa *output* yang diinginkan WIP, dan *manufacturing lead time*. Metode ini menggunakan prinsip dasar perencanaan dan pengendalian yaitu : perencanaan, pelaksanaan, pengukuran dan perbaikan terus menerus. Dengan demikian perencanaan dan pengendalian input-output akan mencakup (Gaspersz, 1998)

1. Perencanaan *range* performansi input dan output yang dapat diterima per periode waktu dalam setiap pusat kerja
2. Pelaksanaan dari rencana yang telah ditetapkan
3. Pengukuran dan pelaporan input dan output aktual, guna memberikan umpan balik (*feedback*) dan,
4. Perbaikan terus menerus terhadap situasi yang berada diluar pengendalian (*out-of control-situation*)

Pengendalian input output merupakan dasar untuk memonitor rencana kapasitas dimana *planned input* dan *planned output* pada suatu pusat kerja akan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dibandingkan terhadap *actual input* dan *actual output*. Teknik perencanaan kapasitas yang digunakan menggambarkan *planned input*. *Planned output result* dari pembuatan keputusan manajerial menspesifikasikan tingkat kapasitas yang mana *planned output* didasarkan pada *staffing levels*, jam kerja dan sebagainya. Dalam pusat-pusat kerja yang memiliki kapasitas terbatas, *planned output* didasarkan pada tingkat kapasitas yang ditetapkan oleh manajemen, sedangkan dalam pusat-pusat kerja yang tidak memiliki keterbatasan kapasitas, *planned output* adalah sama dengan *planned input*

Terdapat beberapa prinsip dasar dari pengendalian input-output, antara lain:

1. *Planned output* harus realistis dan sesuai dengan kapasitas peralatan dan tenaga kerja yang tersedia
2. *Planned or actual input* yang lebih besar daripada actual output akan meningkatkan WIP dan *manufacturing lead time*
3. Semua penyimpangan yang dignifikan dari *planned input*

### 2.3 Penjadwalan *Flowshop*

Tipe penjadwalan *Flow Shop* adalah pergerakan dari unit secara terus menerus atau secara simultan melewati rangkaian *workstation* dan disusun berdasarkan produk. Desain *Flow Shop* umumnya digunakan untuk jenis produksi masal dengan variasi minim pada mekanisme produksi produk. Menurut Pinedo (2002) yang juga ditulis didalam *paper*-nya oleh Maulidya, dkk, teman-teman asisten laboratorium Sistem Produksi Tipe produksi *flowshop* memiliki berbagai aturan yakni (dikutip oleh Tannady, 2013):

1. *Flowshop (FM)*, dimana *job* yang belum dikerjakan karena menunggu proses dari *job* yang mendahului harus menunggu hingga *job* yang mendahului selesai diproses pada suatu mesin.
2. *Flexible Flowshop (FFs)*, dimana tipe *flowshop* ini memiliki *routing* yang berbeda yang memungkinkan *Job* yang datang untuk langsung masuk kedalam stasiun kerja, kecuali bila tetap harus diproses pada *routing* yang sama.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pengelompokkan tugas yang diperlukan di dalam *workstation* merupakan sebuah masalah kritis, sehingga dicapai kesetimbangan pada tingkat *output*, selain itu karena melakukan pekerjaan yang terus menerus probabilitas dari pekerja yang berhadapan langsung dengan produksi akan merasa lebih tegang dan merasa bosan yang diakibatkan minimnya variasi produk dan produksi, prioritas pemesanan dimana faktor pengirim akan memiliki prioritas lebih besar dibandingkan dengan waktu proses. Pentingnya pertimbangan dalam memutuskan pemilihan urutan *job* menjadi penting di dalam proses produksi, berbicara tentang proses produksi *flow shop* memang dalam prakteknya tidak serumit sistem produksi dengan menggunakan aliran *job shop*, namun efisiensi waktu menjadi penting ketika kompetisi memaksa organisasi dan perusahaan memiliki kapabilitas lebih dan nilai unggul. Dalam satu aliran produksi dengan melibatkan serangkaian mesin, kompleksitas akan sulit ditemui apabila jenis pekerjaan yang berjalan dalam lini produksi hanya satu jenis pekerjaan, dalam banyak jenis pekerjaan dan dikerjakan dalam satu rangkaian mesin, strategi yang baik dapat meminimumkan waktu akhir dari proses (Ginting, 2009 dikutip oleh Tannady, 2013).

Penjadwalan *flowshop* adalah penjadwalan dimana setiap *job* melalui urutan proses atau operasi yang sama, sedangkan penjadwalan *flexible flowshop* memiliki konsep yang sama dengan *flowshop*, hanya perbedaannya terdapat pada setiap proses atau operasi yang memiliki sejumlah mesin identik yang disusun paralel. Operasi produksi dapat diproses oleh semua mesin yang identik dalam satu grup. *Flexible flowshop* dapat dilihat sebagai lingkungan manufaktur dengan multiproses dan multimesin (Palit, 2003).

Penjadwalan *flowshop* dicirikan dengan adanya aliran proses yang searah untuk setiap jenis *job* yang dikerjakan. Metode yang digunakan biasanya mengasumsikan bahwa *setup* operasi independen terhadap urutan pengerjaan dan termasuk dalam waktu proses. Sedangkan dalam kondisi yang dijumpai di beberapa industri adalah adanya waktu *setup* mesin untuk setiap pergantian *job* yang berbeda, sehingga hal ini akan mempengaruhi urutan penjadwalan.

Permasalahan akan makin kompleks bila dalam suatu operasi terdapat beberapa mesin yang digunakan (*flexible flowshop*) (Palit, 2003).

## 2.4 Pengukuran Waktu Kerja

Tujuan yang ingin dicapai dari pengukuran waktu adalah memperoleh waktu yang pantas untuk diberikan kepada pekerja dalam menyelesaikan suatu pekerjaan. Tentu suatu sistem kerja dengan kondisi yang telah ada selama ini termasuk di antara yang dapat dicarikan waktu yang pantas tersebut. Artinya akan didapat juga waktu yang pantas untuk menyelesaikan pekerjaan, namun dengan kondisi yang bersangkutan itu. Suatu Perusahaan biasanya menginginkan waktu kerja yang sesingkat-singkatnya agar dapat meraih keuntungan yang sebesar-besarnya. Keuntungan demikian tidak akan diperoleh jika kondisi kerja dari pekerjaan-pekerjaan yang ada di perusahaan tersebut tidak menunjang tercapainya hal tadi (Sutalaksana, 2006).

Penelitian dengan data waktu baku mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan dengan penelitian langsung, terutama dalam segi ongkos dan kecepatan. Pada prinsipnya data waktu baku berisi komplikasi waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan berbagai elemen pekerjaan dari pengukuran-pengukuran atas elemen-elemen itu pada waktu yang lalu. Dengan demikian bila pekerjaan tersebut diulang, waktu yang pantas untuk menyelesaikannya sudah diketahui. Memang karena diperlukan biaya yang tinggi dalam pembentukan data waktu baku, cara ini mendatangkan keuntungan bila pekerjaan-pekerjaan di suatu pabrik atau tempat kerja lain mengandung banyak elemen-elemen yang sama (Sutalaksana, 2006).

## 2.5 Waktu Penyelesaian

Waktu penyelesaian ( $C_j$ ) dipengaruhi oleh waktu *set up* mesin dan kapasitas produksi per proses. Waktu penyelesaian ( $C_j$ ) didapat dengan menggunakan rumus (Saragih, 2014):

$$C_j = W.Set\ up + \left[ \frac{W.Baku \times \text{Jumlah Permintaan}}{\text{Kapasitas Produksi}} \right] \dots\dots\dots (2.1)$$

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## 2.6 *Makespan*

*Makespan* ( $M_s$ ) adalah jangka penyelesaian suatu penjadwalan (penjumlahan seluruh waktu proses) (Yosan dan Erwandi, 2012).

$$M_s = C_{\max}$$

Dengan adanya prosesor jamak, maka *makespan* akan tergantung pada penyusunan urutan pekerjaan (pada prosesor tunggal *makespan* tidak tergantung dari urutan pekerjaan). Oleh karena itu pada prosesor jamak paralel, masalah minimasi *makespan* perlu dibahas (Kusuma, 2009).

## 2.7 *Pengurutan Pekerjaan pada Penjadwalan Produksi (Job Sequencing)*

Guna mengurangi suatu denda akibat keterlambatan digunakan sebuah prioritas. Aturan prioritas memberikan panduan urutan pekerjaan yang harus dilaksanakan. Aturan prioritas mencoba untuk mengurangi waktu penyelesaian, jumlah pekerjaan dalam sistem dan keterlambatan kerja sementara penggunaan fasilitas bisa maksimum (Widodo, 2014).

Pengurutan menentukan urutan pekerjaan yang harus dikerjakan pada suatu pusat kerja. Misalnya, terdapat 5 jenis pekerjaan yang akan diproses. Pekerjaan mana yang harus dikerjakan lebih dulu, apakah lebih dulu datang atau yang paling cepat selesai. Metode pengurutan menentukan urutan pekerjaan yang dilakukan oleh suatu pusat kerja berdasarkan aturan prioritas yang telah ditentukan (Herjanto, 2007).

Terdapat beberapa aturan dalam pengurutan, setiap urutan tentunya mempunyai pengaruh yang berbeda, baik terhadap kecepatan selesainya pekerjaan maupun terhadap faktor lainnya seperti tingkat rata-rata persediaan, biaya set up maupun rata-rata keterlambatan pekerjaan. Urutan yang dipilih tentu harus disesuaikan dengan tujuan yang hendak dicapai (Herjanto, 2007).

Sebelum masuk ke dalam penyusunan pengurutan pekerjaan, berikut ini beberapa terminologi yang dipakai (Herjanto, 2007):

1. Lama proses menunjukkan waktu yang diperlukan untuk memproses pekerjaan itu sampai selesai.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Waktu selesai menunjukkan total waktu suatu pekerjaan berada pada sistem. Waktu selesai ini mencakup lama proses ditambah dengan waktu menunggu sampai pekerjaan yang bersangkutan mendapat giliran diproses.
3. Jadwal selesai (*due date*) merupakan batas waktu yang diharapkan pekerjaan yang bersangkutan telah selesai diproses (jatuh tempo), yaitu beberapa hari sejak pekerjaan masuk ke dalam sistem
4. Keterlambatan menunjukkan jumlah hari keterlambatan dari batas yang diharapkan selesai, yaitu perbedaan antara waktu selesai dan jadwal selesai
5. Rata-rata waktu penyelesaian pekerjaan (*average completion time*), dihitung dari jumlah waktu selesai semua pekerjaan dibagi dengan jumlah pekerjaan. Rata-rata waktu penyelesaian yang rendah dapat memperkecil jumlah persediaan dalam proses yang pada akhirnya dapat mempercepat pelayanan.

## 2.8 Pengertian Algoritma

Para ahli sejarah matematika menemukan asal kata *Algorism* yang berasal dari nama penulis buku Arab yang terkenal yaitu Abu Ja'far Muhammad Ibnu Musa Al Khuwarizmi. Al- Khuwarizmi dibaca orang Barat menjadi *Algorism*. Al- Khuwarizmi menulis buku yang berjudul *Kitab Al Jabar Wal-Muqabala* yang artinya "Buku pemugaran dan pengurangan" (*The book of restoration and reduction*). Dari judul buku itu kita juga memperoleh akar kata "Aljabar" (*Algebra*). Perubahan kata dari *Algorism* menjadi *Algorithm* muncul karena kata *Algorism* sering dikelirukan dengan *Arithmetic*, sehingga akhiran *-sm* berubah menjadi *-thm*. Karena perhitungan dengan angka Arab sudah menjadi hal yang biasa. Maka lambat laun kata *Algorithm* berangsur-angsur dipakai sebagai metode perhitungan (komputasi) secara umum, sehingga kehilangan makna kata. Algoritma adalah langkah-langkah yang disusun secara tertulis dan berurutan untuk menyelesaikan suatu masalah (Ritayani, 2016).

Menurut Rinaldi Munir, algoritma adalah urutan langkah-langkah logis penyelesaian masalah yang disusun secara sistematis. Menurut KBBI Algoritma adalah urutan logis pengambilan keputusan untuk pemecahan masalah. Jadi, Berdasarkan dua pengertian algoritma di atas, dapat disimpulkan bahwa algoritma

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

merupakan suatu istilah yang luas, dan masih banyak lagi pengertian–pengertian tentang algoritma. Algoritma tidak hanya berkaitan dengan dunia komputer akan tetapi algoritma juga berlaku dalam kehidupan sehari-hari (Ritayani, 2016).

Beberapa contoh sederhana mengenai algoritma yang dapat kita ditemui dalam kehidupan sehari – hari misalnya (Ritayani, 2016):

1. Memasak mie instant.

Prosesnya adalah sebagai berikut:

- a. Memanaskan air.
- b. Membuka pembungkus mie instant.
- c. Memasukkan mie ke dalam air mendidih.
- d. Taruh bumbu di piring.
- e. Angkat mie jika sudah masak.
- f. Campurkan mie dengan bumbu yang sudah ada di piring.
- g. Mie siap disajikan.

2. Menelepon.

Prosesnya adalah sebagai berikut:

- a. Angkat telepon.
- b. Tekan nomor teleponnya yang dituju.  
Jika diangkat maka mulai berbicara setelah selesai tutup teleponnya.  
Jika tidak diangkat, maka tutup teleponnya.

## 2.9 Theory Of Constraints

*The theory of constraints*(TOC), yang diperkenalkan oleh Dr. Eliyahu Goldratt, merupakan suatu filosofi manajemen yang berdasarkan prinsip-prinsip pencapaian peningkatan terus-menerus (*continuous improvement*) melalui pemfokusan perhatian pada kendala sistem (*system constraint*). Suatu kendala sistem membatasi performansi dari sistem itu, sehingga semua upaya seyogyanya ditujukan untuk memaksimumkan performansi dari kendala ini. Setiap sistem produksi membutuhkan beberapa titik kendali (*control points*) atau titik-titik kunci (*key points*) untuk mengendalikan aliran dari produk yang melewati sistem itu. Jika sistem produksi mengandung kendala (*constraint*), maka pada kendala itu

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

merupakan tempat terbaik untuk dikendalikan. Titik kendali (*control points*) disebut sebagai “*drum*”(Maukar, 2005).

Suatu kendala didefinisikan sebagai suatu sumber daya yang tidak memiliki kapasitas untuk memenuhi permintaan, oleh karena itu salah satu alasan untuk menggunakan kendala sebagai titik kendali (*control points*) adalah untuk meyakinkan agar operasi sebelumnya tidak memproduksi lebih atau menghasilkan inventori WIP(*work-in-process inventory*) yang tidak tertangani. Jika tidak terdapat kendala, maka tempat terbaik berikut untuk menetapkan “*drum*” adalah CCR (*capacity constrained resource*). Suatu CCR didefinisikan sebagai operasi yang mendekati kapasitas tetapi, pada tingkat rata-rata, memiliki kapabilitas yang cukup memadai sepanjang itu tidak dijadualkan secara salah (misalnya : dengan terlalu banyak *setups*, produksi dengan ukuran *lot* terlalu besar, dan lain-lain, sehingga menyulitkan operasi sesudahnya). Jika kendala maupun CCR tidak ada dalam sistem, maka titik kendali dapat ditempatkan dimana saja dalam sistem itu (Maukar, 2005).

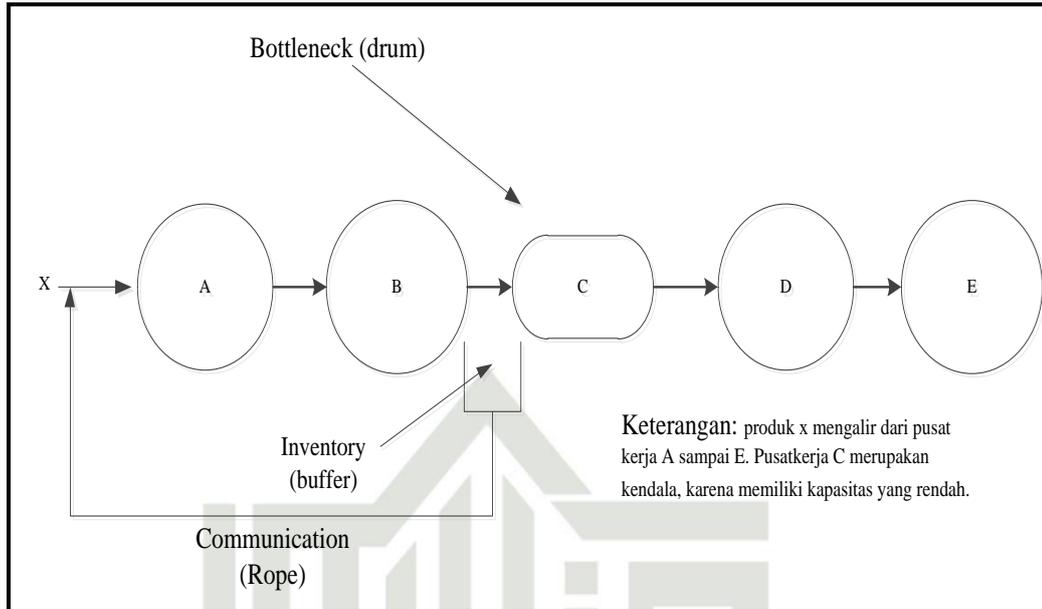
Terdapat dua hal yang harus dilakukan terhadap kendala, yaitu (Maukar, 2005):

1. menjaga atau menyiapkan suatu “*buffer inventory*” didepan tempat kendala itu, dan
2. mengkomunikasikan kepada operasi paling awal untuk membatasi produksi sesuai jumlah kemampuan dari kendala itu. Proses komunikasi ini disebut sebagai “*rope*”

Dengan demikian dalam konsep TOC dikenal istilah “*drum–buffer-rope*”, yang merupakan teknik umum yang digunakan untuk mengelola sumber-sumber daya guna memaksimumkan perforansi dari sistem. *Drum* adalah tingkat produksi yang ditetapkan oleh kendala sistem, *buffer* menetapkan proteksi terhadap ketidakpastian sehingga sistem dapat memaksimumkan performansi dan *rope* adalah suatu proses komunikasi dari kendala kepada operasi awal (*gating-operation*) untuk memeriksa atau membatasi material yang diberikan ke dalam sistem. Konsep *drum–buffer-rope* ini dapat dijelaskan secara lebih mudah melalui Gambar berikut.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.4 Aliran Linier Dari Produk X dengan sebuah Kendala (*Bottleneck*) (Sumber: Maukar 2005)

Dari Gambar 2.1 dapat dijelaskan sebagai berikut (Maukar, 2005):

1. Terdapat sebuah kendala pada pusat kerja C dalam sistem yang membatasi performansi dari sistem itu. Oleh karena itu harus ditetapkan titik kendali (*controlpoint*) pada C dan titik kendali ini disebut *drum*.
2. Menyediakan suatu "buffer" di depan pusat kerja C sebagai inventori pengaman. Karena pusat kerja C merupakan kendala (*bottleneck*), maka output dari C akan menentukan performansi sistem.
3. Mengkomunikasikan ke pusat kerja A tentang kendala yang ada pada C, sehingga Ahanya memberikan input sesuai dengan kemampuan C. Proses komunikasi ini disebut *rope*, yang dapat berbentuk formal seperti jadwal atau informal seperti diskusi harian.

Guna kepentingan peningkatan terus-menerus (*continous improvement*), TOC pada umumnya menggunakan lima langkah berikut (Maukar, 2005):

1. Mengidentifikasi kendala atau keterbatasan sistem. Hal ini analogi dengan mengidentifikasi titik terlemah dalam rantai operasi, dimana titik itu membatasi kemampuan sistem.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Memutuskan bagaimana cara mengungkapkan kendala sistem itu, melalui memaksimalkan performansi sistem berdasarkan kendala yang telah diidentifikasi dalam langkah 1.
3. Menanggihkan hal-hal yang lain yang bukan kendala dari pertimbangan pembuatan keputusan. Alasannya, segala sesuatu yang hilang pada kendala sistem akan menghilangkan keuntungan, sedangkan kehilangan pada sumber daya yang bukan kendala tidak memberikan pengaruh karena sumber-sumber daya itu masih cukup tersedia.
4. Memprioritaskan solusi masalah pada kendala sistem, dalam hal ini apabila performansi sistem tidak memuaskan.
5. Kembali ke langkah 1 untuk peningkatan terus-menerus, jika langkah-langkah sebelumnya memunculkan kendala-kendala baru dalam sistem itu.

*TOC* menyarankan beberapa pendekatan yang spesifik untuk mengimplementasikan lima langkah tersebut. Salahsatu Teknik penjadwalan pada *TOC drumbuffer-rope*.

### 2.9.1 Teknik *Drum-Buffer-Rope*

*Drum-Buffer-Rope (DBR)* merupakan teknik pengendalian produksi untuk mengimplementasikan langkah-langkah dalam *TOC*, yaitu eksploitasi, subordinasi, dan elevasi. Jika suatu sistem memiliki stasiun *bottleneck* maka secara alami stasiun *bottleneck* ini menjadi titik pengendali sistem secara menyeluruh. Tingkat produksi stasiun *bottleneck* menentukan tingkat produksi sistem keseluruhan. Stasiun *bottleneck* disebut “*drum*” sebagai titik pengendali. Alasan utama menggunakan stasiun *bottleneck* sebagai titik pengendali adalah untuk menjamin stasiun *upstream* berproduksi sesuai dengan kebutuhan stasiun *bottleneck* sehingga tidak menimbulkan inventori yang tinggi di lantai produksi. Sistem *bottleneck* dan teknik *DBR* ditunjukkan pada (Fogarty, 1995).

Selanjutnya adalah *Buffer*, *Buffer* ini berfungsi agar laju produksi tidak terganggu oleh gangguan pada sistem, oleh karena itu *buffer* ini disebut juga

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

*buffer* pelindung (*protective buffer*). *Buffer* atau penyangga terbagi menjadi 2 macam, (Umble dan Srikanth, 1996 dalam Hunusalela, 2013) yaitu :

a) *Time Buffer*

Waktu yang dijadikan penyangga dengan tujuan untuk melindungi laju produksi (*throughput*) sistem dari gangguan yang selalu terjadi dalam sistem produksi.

b) *Stock Buffer*

Produk akhir maupun produk antara yang dijadikan penyangga dengan tujuan untuk memperbaiki sistem produksi dalam hal menanggapi permintaan.

Kemudian *Rope* adalah suatu proses komunikasi dari stasiun kendala kepada operasi awal (*gating operation*) untuk memeriksa atau membatasi material yang diberikan kepada sistem. Adanya *rope* ini akan mengurangi jumlah persediaan yang terjadi di setiap stasiun kerja dan menjaga pada tingkat tertentu yang sesuai. Karena setiap stasiun akan melakukan produksi sesuai dengan kebutuhan stasiun konstrain, bukan sesuai kapasitasnya (Hunusalela, 2013)

### 2.9.2. Algoritma Zijm-Buitenhek

*Zijm* merupakan algoritma untuk memperkirakan waktu tunggu (*delay time*) dengan menggunakan pendekatan antrian. Setiap order yang masuk kelantai produksi mungkin tidak akan langsung diproses, melainkan menunggu dahulu order lain yang sedang diproses. Besarnya kemungkinan sebuah order harus menunggu sebelum diproses dan lamanya waktu order tersebut menunggu order lain yang sedang diproses, tergantung pada beban produksi yang ada di sebuah stasiun produksi. Semakin besar beban di sebuah stasiun produksi semakin panjang antrian yang terjadi pada stasiun tersebut dan waktu tunggu pun semakin lama. Stasiun dengan waktu tunggu terbesar adalah merupakan stasiun konstrain, artinya proses pada stasiun tersebut adalah proses dengan waktu paling panjang.

Menghitung *buffer time* dengan menggunakan Algoritma *Zijm* (Purwani, 2008)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

*Buffer Time* diperoleh dengan menghitung *lead time* sebelum dan setelah stasiun kendala. *Lead time* didapat melalui perhitungan dengan menggunakan teori antrian. *Lead time* yang diperoleh sebelum stasiun kendala dijumlahkan sehingga menjadi *buffer time* bagi stasiun kendala. Sedangkan *lead time* setelah stasiun kendala hingga stasiun pengiriman dijumlahkan menjadi *buffer* bagi stasiun pengiriman (Hunusalela, 2013)

Langkah- langkahnya sebagai berikut (Zijm dan Buitenhok, 1996)

1. Hitung laju kedatangan setiap job.

$$\lambda_{(jk)}^{(h)} = \frac{D^{(h)}}{Q^{(h)}} \times \delta_{jk}^{(h)} \quad (2.2)$$

Dengan:  $\lambda_{(jk)}^{(h)}$  = laju kedatangan *Job* h operasi ke- k dimesin j

$D^{(h)}$  = Laju permintaan *job* h

$Q^{(h)}$  = Ukuran *lot* produksi *job* h = 1

$\delta_{jk}^{(h)} \begin{cases} 1, & \text{jika } \textit{job} \textit{ h, proses k, dikerjakan pada mesin j} \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(d^{(h)} - r^{(h)}) m} \quad (2.3)$$

MLT = *Manufacturing Lead Time* ( waktu pengerjaan)

m = Jumlah mesin

2. Hitung waktu proses Setiap *job*

$$P_{jk}^{(h)} = Z_{jk}^{(h)} + (P_{jk}^{(h)} \times a_{jk}^{(h)}) \quad (2.4)$$

Dengan:

$Z_{jk}^{(h)}$  = waktu *set-up* *job* h, proses ke- k dimesin j

$a_{jk}^{(h)}$  = waktu proses *job* h, proses ke- k di mesin j

3. Hitung rata-rata beban kerja setiap mesin

$$P_j = \sum_{h,k} \lambda_{jk}^{(h)} \times P_{jk}^{(h)} \quad (2.5)$$

4. Hitung ekspektasi rata-rata waktu menunggu setiap *job* di mesin

$$E(j) = \frac{\sum_{h,k} \lambda_{jk}^{(h)} \times (P_{jk}^{(h)})^2}{2(1-P_j)} \quad (2.6)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5. Hitung ekspektasi rata-rata *lead time* produksi operasi k *job* h di mesin j

$$E(T_{jk}^{(h)}) = E(j) + P_{jk}^{(h)} \quad (2.7)$$

6. Hitung ekspektasi rata-rata *lead time* *job* h

$$E(T^h) = \sum_{j,k} \delta_{jk}^{(h)} \times E(T_{jk}^{(h)})$$

$$ETC = R + \sum_{i=1}^m (ti - wi) \quad (2.8)$$

$$LTC = d - \sum_{i=1}^m (ti + wi) + tb \quad (2.9)$$

Dengan:

m = jumlah mesin sebelum mesin *bottleneck*

r = *release time*

d = *duedate*

ti = waktu proses

wi = waktu tunggu

M = jumlah mesin dari *bottleneck* sampai akhir

tb = waktu pengerjaan di mesin *bottleneck* sebelum ditambah waktu tunggu

ETC = *Early Time Complete*

LTC = *Last Time Complete*

### 2.9.3 Subordinasikan semua stasiun non-constrain ke stasiun constraint

Subordinasi stasiun kendala dengan semua bagian stasiun non-kendala dengan stasiun kendala dengan menggunakan penjadwalan *Backward* dan penjadwalan *Forward*.

1. Menjadwalkan pekerjaan pada Stasiun Constraints

Menghitung *manufacturing lead time* setelah stasiun kendala

Dengan ;

MLT setelah Stasiun Constraints = EF operasi terakhir – EF Stasiun

Constraints- *Moving Time* 2.10

Keterangan; EF = Early Finish

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Menghitung *late finish* (LF) Stasiun Constraints dengan cara backward.

Untuk mendapatkan *late finish* pada urutan pertama yaitu dengan cara;

$$LF \text{ Stasiun Constraints}_i = LF \text{ finishing }_i - MLT \text{ setelah Stasiun Constraint} \quad 2.11$$

3. Menghitung EF (*early finish*) pada Stasiun Constraints

Untuk menghitung *early finish* pada Stasiun Constraints pada urutan pertama yaitu dengan cara

$$EF \text{ Stasiun Constraints} = LF \text{ Stasiun Constraints} - \textit{space time} \quad 2.12$$

4. Menghitung ES (*earliest start*) Stasiun Constraints

Dari hasil perhitungan *earliest start*, maka dapat dihitung *earliest start* pada Stasiun Constraints yaitu;

$$ES \text{ Stasiun Constraints} = EF (\text{Stasiun Constraints}) - \textit{process time} \quad 2.13$$

5. Melakukan *sequencing* job pada stasiun kendala dengan *forward scheduling*

6. Forward scheduling untuk operasi setelah Stasiun Constraints

Setelah mendapatkan ES dan EF pada Stasiun Constraints maka dapat diperoleh ES dan EF setelah operasi Stasiun Constraints adalah.

$$ES \text{ operasi ke }_{n+1} = \text{waktu proses} + EF \text{ operasi} + \textit{moving time} \quad 2.14$$

7. Backward scheduling untuk operasi sebelum Stasiun Constraints

Setelah mendapatkan ES dan EF pada operasi Stasiun Constraints, maka untuk memperoleh ES dan EF sebelum operasi Stasiun Constraints

adalah.

$$EF \text{ operasi}_{n-i} = ES \text{ operasi}_n - \textit{moving time} \quad 2.15$$

$$ES \text{ operasi}_{n-i} = EF \text{ operasi}_n - \textit{process time} \quad 2.16$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

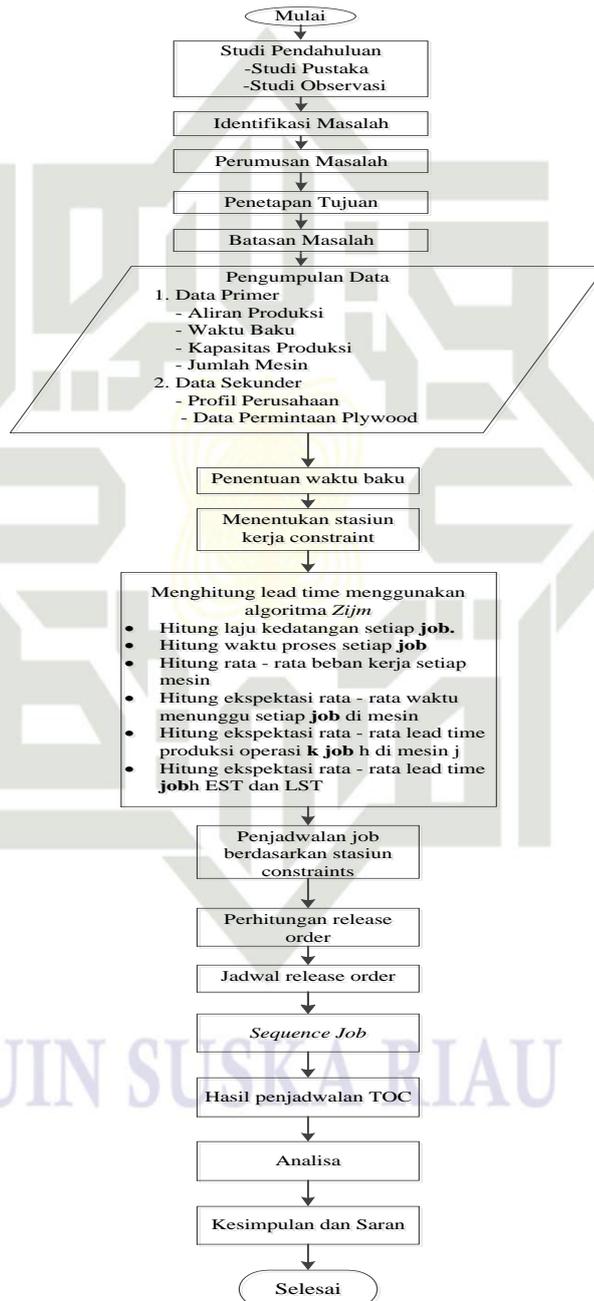
8. Perhitungan EF (*Early finish*) backward  
Perhitungan EF operasi pada Job- 1  
$$EF \text{ operasi}_{n-i} = ES \text{ operasi}_n - \text{moving time} \quad 2.17$$
9. Meningkatkan performansi distasiun kendala dengan menghitung buffer time pada stasiun kendala  
Buffer time yaitu waktu yang dijadikan penyangga untuk melindungi laju produksi sistem dari gangguan yang sering terjadi dilantai produksi. Ukuran buffer yang disarankan adalah  $\leq 10\%$  dari total lead time existing. (sipper dan bulfin, 1997 dalam latifani, 2017)
10. Menjadwalkan Kembali Job Yang Ada Dengan *Buffer Time* Yang ada  
Setelah didapatkan buffer time pada stasiun yang mengalami bottleneck, maka perlu dilakukan pembuktian untuk mengetahui pengaruh dari buffer time tersebut pada lead time sebelumnya yaitu pada penjadwalan yang ada pada perusahaan
11. Perbandingan Makespan Kondisi Existing Perusahaan Dan Makespan Menggunakan TOC (*Theory Of Constraints*)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan tahapan yang harus dibuat sebelum melakukan penelitian, karena pada bab ini akan membahas dan menjelaskan tentang langkah-langkah yang akan di lewati dalam melakukan penelitian, seperti pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 3.1 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan meruakan tahap awal yang harus dilalui untuk melakukan suatu penelitian. Tujuan studi pendahuluan ini adalah untuk mempermudah peneliti dalam pengolahan data, menganalisa dan menarik kesimpulan sesuai dengan tujuan awal penelitian. Dalam penelitian ini studi pendahuluan dibagi menjadi dua bagian yaitu studi pustaka dan studi observasi. Studi pustaka menjelaskan tentang teori-teori yang berhubungan dengan penjadwalan produksi, metode *Theory of Constraints* Sedangkan studi observasi merupakan studi yang dilakukan dengan cara mempelajari permasalahan yang terjadi pada studi kasus dengan melihat langsung kelapangan.

### 3.2 Identifikasi Masalah

Setelah dilakukan studi pendahuluan dengan cara observasi langsung ke PT. Asia Forestama Raya maka dapat diambil kesimpulan permasalahan yang terjadi adalah adanya *Bottleneck* di salah satu stasiun dikarenakan perbedaan kapasitas, yang berdampak pada sering terjadi keterlambatan dan penyelesaian order yang terlalu cepat. Permasalahan ini terjadi karena belum adanya sistem penjadwalan produksi yang terstruktur yang dapat mengurangi atau mengatasi permasalahan tersebut.

### 3.3 Perumusan Masalah

Rumusan masalah berisikan tentang masalah yang akan diteliti. Permasalahan yang terjadi pada PT. Asia Forestama Raya adalah belum adanya penjadwalan produksi yang lebih baik sehingga membuat lamanya waktu total penyelesaian produksi (*makespan*) dan mengakibatkan penyelesaian produk tidak dapat dilakukan sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan. Oleh sebab itu diperlukan suatu sistem penjadwalan yang terstruktur sehingga menghasilkan *makespan* yang lebih kecil dari sebelumnya yang dapat mengatasi keterlambatan.

### 3.4 Penetapan Tujuan

Tujuan penelitian merupakan pernyataan arah yang akan dicapai dan penindaklanjutan identifikasi masalah. Dengan kata lain, tujuan penelitian

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

mengungkapkan keinginan peneliti untuk memperoleh jawaban atas permasalahan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk meminimisasi total waktu penyelesaian seluruh *job (makespan)* pembuatan *plywood* dengan menggunakan *Theory of Constraints* dan algoritma *Nawaz Enscore Ham*

### 3.5 Batasan Masalah

Pembatasan masalah perlu diperhatikan supaya yang dibahas tidak keluar dari tujuan yang diinginkan dan masalah yang akan dicari solusinya. Batasan masalah menjelaskan tentang produk yang diteliti, kondisi semua elemen produksi dan sistem orderan yang ada di perusahaan.

### 3.6 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini yaitu data skunder dan data primer

#### 1. Data Primer

Data primer merupakan data pokok yang digunakan dalam pengolahan data. Data ini diperoleh dari hasil observasi langsung terhadap objek penelitian di lapangan, yaitu :

- a. Aliran Produksi
- b. Data permintaan plywood selama bulan Januari 2017
- c. Waktu baku setiap stasiun kerja
- d. Waktu *Set Up* Mesin
- e. Kapasitas produksi

#### 2. Data Skunder

Data sekunder merupakan data yang sudah ada rekapitulasi dari perusahaan, data sekunder didapat melalui wawancara dan observasi langsung. Data sekunder pada penelitian ini adalah data yang berkaitan dengan informasi umum tentang perusahaan, seperti profil perusahaan.

### 3.7 Pengolahan Data

Pengolahan data bertujuan untuk menghasilkan suatu nilai atau gambar yang bisa dipahami dan dimengerti oleh pembaca. setelah data-data diperoleh dan

dikumpulkan, maka langkah selanjutnya adalah mengolah data-data tersebut dengan metode-metode yang ada.

### 3.8. Perhitungan Menggunakan Metode *Theory of Constraints* (TOC)

Perhitungan dengan menggunakan *Theory of Constraints* (TOC) berguna untuk meminimasi bottleneck yang terjadi di stasiun constraint dengan menyeimbangkan aliran produksi kemudian membuat penjadwalan berdasarkan stasiun *constraint* tersebut

### 3.9. Penentuan waktu baku

Waktu baku di peroleh pengambilan data dari kapasitas produksi yang di kalikan lama waktu proses pengerjaan dan faktor kelonggaran. Waktu baku diperoleh pada penelitian ini merupakan ketetapan yang sudah ditetapkan oleh perusahaan

### 3.10. Menentukan Stasiun Kerja *Constraint*

Menentukan stasiun kerja constraints, apabila waktu yang dibutuhkan lebih besar dari waktu yang tersedia, sehingga stasiun tersebut tidak bisa memproduksi sesuai dengan target produksi yang telah ditentukan dan mengakibatkan adanya bahan yang menumpuk dengan kata lain stasiun tersebut mengalami *bottleneck*.

### 3.11. Menghitung *lead Time* dengan Algoritma Zijm

Menghitung nilai *lead time* menggunakan Algoritma Zijm berguna untuk mencari stasiun yang memiliki *bottleneck*. Selanjutnya Algoritma Zijm akan menghasilkan Time buffers yang kemudian menjaga fluktuasi stasiun kerja sebelum stasiun *bottleneck*. Berikut adalah langkah-langkah dalam perhitungan Algoritma Zijm.

#### 7. Hitung laju kedatangan setiap job.

Laju kedatangan setiap job pada tiap stasiun adalah kecepatan datangnya pesanan yang datang ke stasiun kerja selama periode tertentu

$$\lambda_{(jk)}^{(h)} = \frac{D^{(h)}}{Q^{(h)}} \times \delta_{jk}^{(h)}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dengan:  $\lambda_{(jk)}^{(h)}$  = laju kedatangan *Job* h operasi ke- k dimesin j

$D^{(h)}$  = Laju permintaan *job* h

$Q^{(h)}$  = Ukuran *lot* produksi *job* h = 1

$$\delta_{jk}^{(h)} \begin{cases} 1, & \text{jika } \textit{job} \textit{ h, proses k, dikerjakan pada mesin j} \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

8. Hitung waktu proses Setiap *job*

Menghitung waktu proses berguna untuk mengetahui seberapa lama tiap stasiun untuk menyelesaikan pekerjaan.

$$P_{jk}^{(h)} = Z_{jk}^{(h)} + (P_{jk}^{(h)} \times a_{jk}^{(h)})$$

Dengan:

$Z_{jk}^{(h)}$  = waktu *set-up job* h, proses ke- k dimesin j

$a_{jk}^{(h)}$  = waktu proses *job* h, proses ke- k di mesin j

9. Hitung rata-rata beban kerja setiap mesin

Beban kerja adalah besarnya pekerjaan yang harus diselesaikan oleh sebuah mesin . Dapat diketahui dengan formulasi sebagai berikut:

$$P_j = \sum_{h,k} \lambda_{jk}^{(h)} \times P_{jk}^{(h)}$$

10. Hitung ekspektasi rata-rata waktu menunggu setiap *job* di mesin

Waktu tunggu setiap *job* adalah waktu yang diperlukan *job* untuk menunggu *job* sebelumnya selesai dikerjakan . Dapat diketahui dengan formulasi sebagai berikut:

$$E(j) = \frac{\sum_{h,k} \lambda_{jk}^{(h)} \times (P_{jk}^{(h)})^2}{2(1-P_j)}$$

11. Hitung ekspektasi rata-rata *lead time* produksi operasi k *job* h di mesin j

Perhitungan *lead time* dilakukan untuk menghitung lamanya waktu pengerjaan produk.. Dapat diketahui dengan formulasi sebagai berikut:

$$E(T_{jk}^{(h)}) = E(j) + P_{jk}^{(h)}$$

12. Hitung ekspektasi rata-rata *lead time job* h

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Perhitungan rata-rata lead time di ETC dan LTC digunakan untuk mengetahui saat paling awal dan paling akhir job dapat dikerjakan di stasiun constraints

$$E(T^h) = \sum_{j,k} \delta_{jk}^{(h)} \times E(T_{jk}^{(h)})$$

$$ETC = R + \sum_{i=1}^m (ti-wi)$$

$$LTC = d - \sum_{i=1}^m (ti + wi) + tb$$

### 3.12. Penjadwalan Job Berdasarkan Stasiun Constraints

Penjadwalan *job* dilakukan berdasarkan stasiun *constraints* dengan memperhitungkan waktu paling awal dan waktu paling lama *job* akan mulai dikerjakan di stasiun *constraints*, berguna untuk kapanwaktu paling awal *job* dapat dikerjakan

### 3.13. Perhitungan Release Order

Perhitungan release order adalah kegiatan atau aktivitas yang menentukan kapan suatu job dapat dilepas kelantai produksi stasiun constraints

### 3.14. Jadwal Release Order

Jadwal release order merupakan ketetapan waktu yang diperoleh dari perhitungan release order yang telah diurutkan kemudian dapat direncanakan untuk selanjutnya diproses tepat waktu di stasiun constraints

### 3.15. Sequence Job

Yaitu menentukan urutan-urutan pemrosesan. Pemrosesan order merupakan hal yang penting karena akan mempengaruhi lama suatu job akan diproses dalam sistem tertentu. Lama job dalam proses ini akan mempengaruhi batas waktu janji pengiriman kepada konsumen

### 3.16. Hasil penjadwalan TOC

Penjadwalan seluruh order dilakukan berdasarkan stasiun constrain dengan melakukan pengurutan job, berdasarkan job yang memiliki EST terkecil

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 3.17. Analisa

Analisa dilakukan setelah melihat hasil pengolahan data, analisa dilakukan untuk mengetahui masalah yang terjadi serta evaluasi yang seharusnya dilakukan untuk perbaikan proses penjadwalan produksi di PT. Asia Forestama Raya. Hasil dari semua pengolahan data akan dianalisa, dimulai dari menganalisa hasil perhitungan waktu penyelesaian untuk masing-masing *job* pada setiap stasiun kerja. Kemudian analisa dilanjutkan pada stasiun yang terjadi penumpukan (Bottleneck) juga hasil perhitungan *makespan* dan penjadwalan dengan metode TOC.

### 3.18. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan berisikan tentang inti dari pembuatan laporan dan pengamatan, di dalamnya juga terdapat hasil analisa data yang didapatkan, isi kesimpulan harus sesuai dengan tujuan yang diinginkan dari awal. Saran berisikan tentang rekomendasi terhadap perusahaan dan penelitian selanjutnya.

## BAB VI PENUTUP

### 6.3 Kesimpulan

Berdasarkan tujuan dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa total waktu penyelesaian seluruh *job* (*makespan*) dapat diminimasi dengan cara memperbaiki urutan *job* yang akan diproduksi. Meminimasi *makespan* tersebut menggunakan metode *Theory of constraints*, yaitu dengan cara menghitung menghitung laju permintaan, laju kedatangan, menghitung waktu proses pengerjaan, menghitung rata-rata beban kerja, waktu tunggu dan memperkirakan lead time pada masing-masing stasiun, lalu menjadikan stasiun kendala menjadi titik control dalam proses produksi guna meminimasi bottleneck. Berdasarkan perhitungan *makespan* tersebut maka diketahui bahwa nilai *makespan* pada penjadwalan perusahaan yaitu 660,56 jam (30hari) dan setelah dilakukan penjadwalan menggunakan metode *Theory of Constraint* maka nilai *makespan* menjadi 604, 89 jam (27 hari) dengan leaditme yang semula 113,16 jam pada stasiun VIII dari keseluruhan *job* majdi 98,97 jam dengan demikian bottleneck pada staisiun VIII dapat berkurang. Maka metode *Theory of Constraints* ini sangat mungkin diterapkan oleh perusahaan untuk sistem penjadwalan produksi *plywood*.

### 6.4 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk mendukung perbaikan yang ditujukan untuk perusahaan dan penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Perusahaan
  - a. Perusahaan disarankan untuk mengaplikasikan metode *Theory of Constraints* ini untuk mengurutkan *job* yang akan diproduksi supaya dapat mengurangi total waktu penyelesaian seluruh *job* (*makespan*).
  - b. Perusahaan disarankan untuk menambah mesin dan pekerja ataupun kapasitas pada stasiun kerja yang membutuhkan waktu penyelesaian yang cukup lama sehingga dapat mengurangi waktu menunggu.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

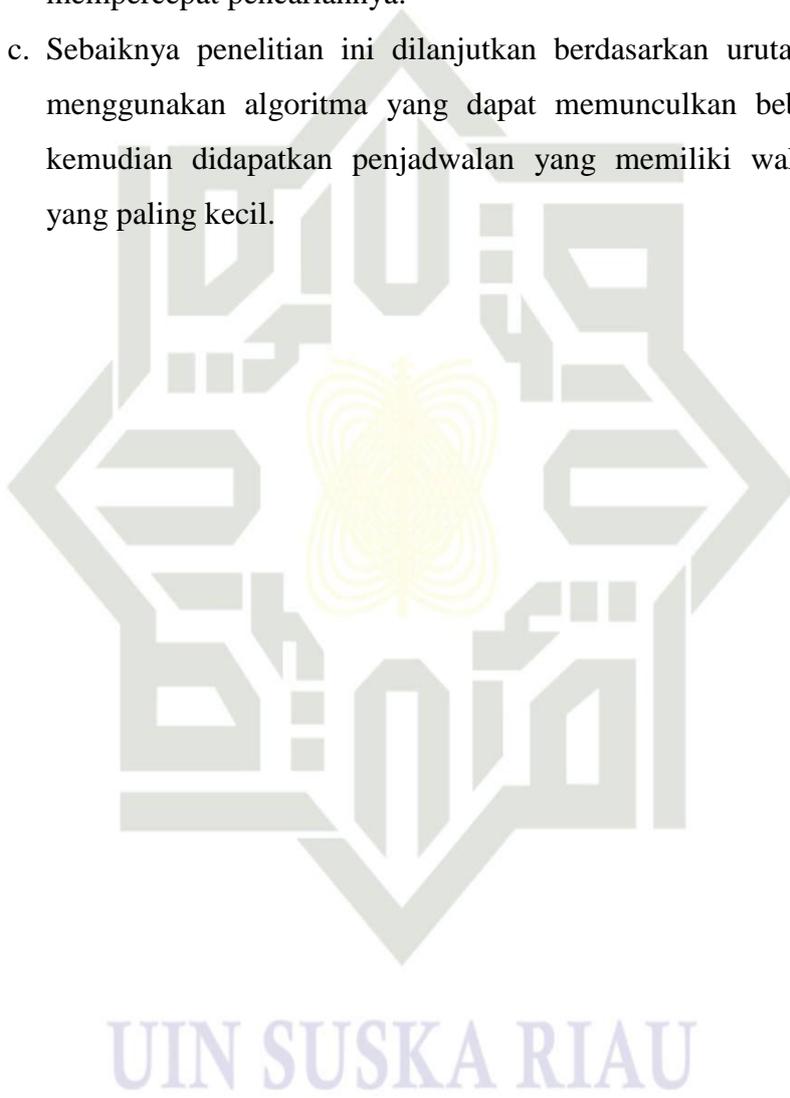
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Penelitian selanjutnya

- a. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan metode penjadwalan produksi yang lain sehingga dapat membandingkan hasil dari metode *Theory of Constraints* ini dengan metode tersebut.
- b. Penelitian selanjutnya disarankan untuk perhitungan nilai *makespan* dari semua kombinasi merancang aplikasi untuk mempermudah dan mempercepat pencariannya.
- c. Sebaiknya penelitian ini dilanjutkan berdasarkan urutan job dengan menggunakan algoritma yang dapat memunculkan beberapa iterasi, kemudian didapatkan penjadwalan yang memiliki waktu *makespan* yang paling kecil.





## DAFTAR PUSTAKA

- Fogarty, Donald W. *Production & Inventory Management*. Published in Conjunction with the America Production & Inventory Control Society. USA. 1995
- Gaspersz, Vincent. *Production Planning and Inventory Control*. Jakarta. Vincent Foundation dan PT. Gramedia Pustaka Utama. 1998
- Haming, M dan Nurnajamuddin, M. *Manajemen Produksi Modern: Operasi Manufaktur dan Jasa*. Jakarta. PT. Bumi Aksara. 2007.
- Herjanto, E. *Manajemen Operasi*. Jakarta. PT. Grasindo. 2007.
- Hunusalela, Zeny Fatimah. “Usulan Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan *Theory Of Constraint* Pada Bagian *Welding Rear Body* Pt Krama Yudha Ratu Motor”. Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik, Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam ISSN: 1979-276X. Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta. 2013.
- Kusuma, H. *Manajemen Produksi*. Yogyakarta. Penerbit Andi. 2009.
- Kuswandi, I. “Minimasi *Makespan* dengan Penjadwalan Produksi pada Tipe Produksi Berulang”. *Jurnal Teknik Industri Vol. 11, No. 1, Hal. 84-93, Februari 2010*. Universitas Trunojoyo. 2010.
- Latifani, Rahma Sabrina. dkk “Usulan Penjadwalan Order untuk Mengurangi Delay dan *Manufacturing Lead Time* Menggunakan Metode Drum Buffer Rope di PT Perkebunan Nusantara VIII, ciater. e- Proceeding of Engineering, Vol. 4, No.2 Agustus 2017 issn 2355-9365. Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Industri, Universitas Telkom. 2017.
- Manggenre, S., Rapi, A., Flannery, W. “Penjadwalan Produksi dengan Metode *Branch and Bound* pada PT. XYZ”. Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar. 2014.
- Masudin, Ilyas. “Penjadwalan *flowshop* menggunakan algoritma *Nawaz Enscore Ham*”. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri, Vol. 13, No. 1, Juni 2014* ISSN 1412-6869. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang. 2014.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

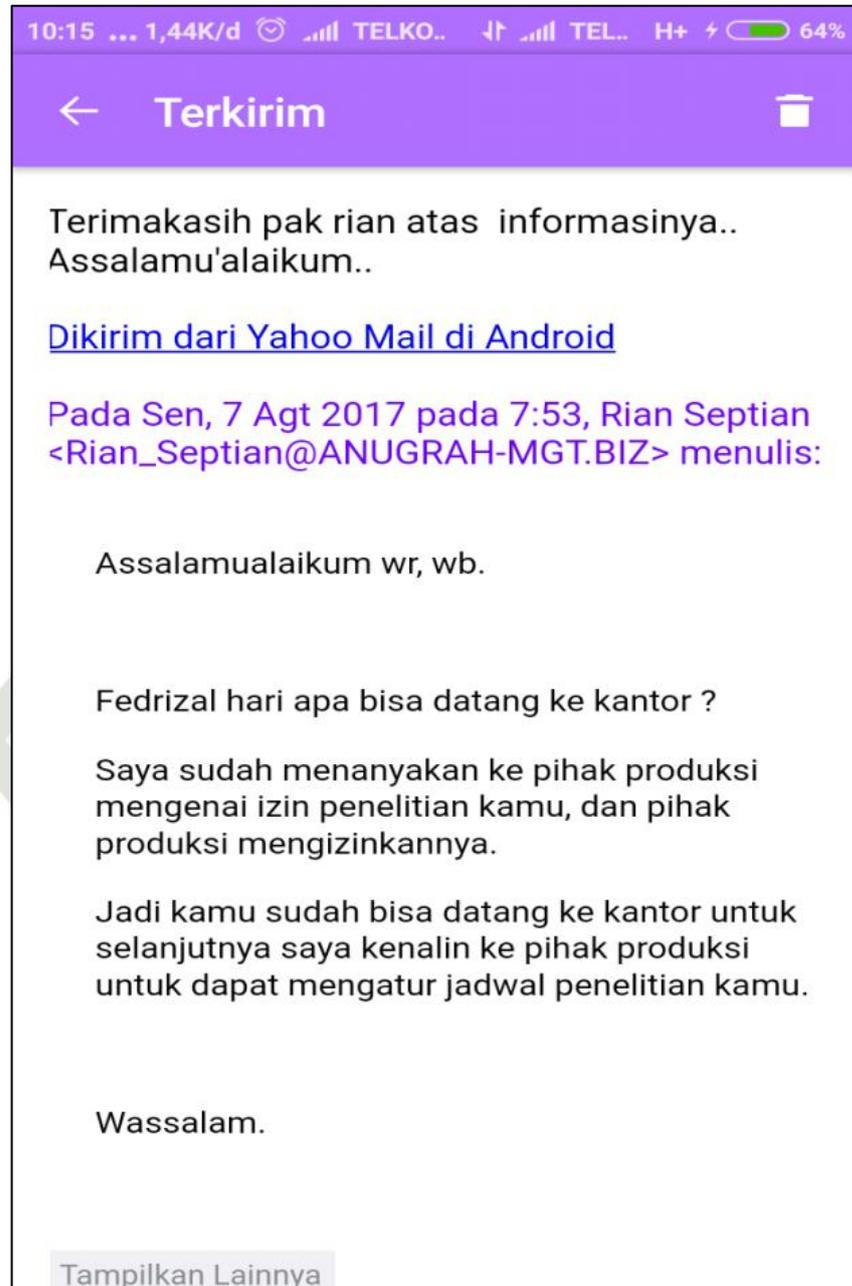
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Masruroh, N. “Analisa Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Metode *Ampbell Dudeck Smith, Palmer, dan Dannenbring* di PT.Loka Refraktorik Surabaya”. Teknik Industri FTI-UPN”Veteran” Jatim. 2006.
- Maukar, Anastasia Iyda. “Aplikasi *Theory Of Constraint* untuk Alokasi *buffer* lintasan Produksi Pada *assembly Manufacturing*”. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi II Program Studi MMT-ITS, Surabaya 30 Juli 2005*. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya. 2005.
- Nasution, A, H dan Prasetyawan, Y. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta. Graha Ilmu. 2008.
- Purwani, Annie. “Minimasi Waktu *Set Up* Menggunakan Pendekatan *Theory Of Constraints* Agar Target Produksi Tercapai”. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi 2008 – IST AKPRIND Yogyakarta. Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta. 2008
- Ritayani. “Pengantar Algoritma dan Pemrograman”. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Almuslim. 2016.
- Saragih, S, C. “*Penjadwalan Produksi Flowshop dengan Menggunakan Metode Tabu Search di PT. Jaya Beton Indonesia*”. Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan. 2014.
- Suparman. *Perancangan Program Optimasi Penjadwalan Produksi. Embroidery Menggunakan Algoritma Simulated Annealing*. T. Informatika-Matematika, Universitas Bina Nusantara, Jakarta. 2006.
- Sutalaksana, I, Z., Ruhana, A., Jann, H, T. *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung. Penerbit ITB. 2006.
- Tannady, H. “Modifikasi Mekanisme Penentuan Penjadwalan Job pada Metode *Dannenbring*”. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Vol. 12, No. 1, Juni 2013. Issn 1412-6869*. Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi dan Desain, Universitas Bunda Mulia. 2013.
- Widodo, C, E. *Optimasi Penjadwalan Mesin Produksi dengan Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith (CDS) pada Perusahaan Manufaktur*. Jurusan Pendidikan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta. 2014.
- Zijm, W.H.M dan R. Buitenhek. “Capacity Planning and Lead Time Management”. *Department of Mechanical Engineering, University of Twente*. Netherland. 1996.

## Lampiran A

### Surat Balasan Instansi

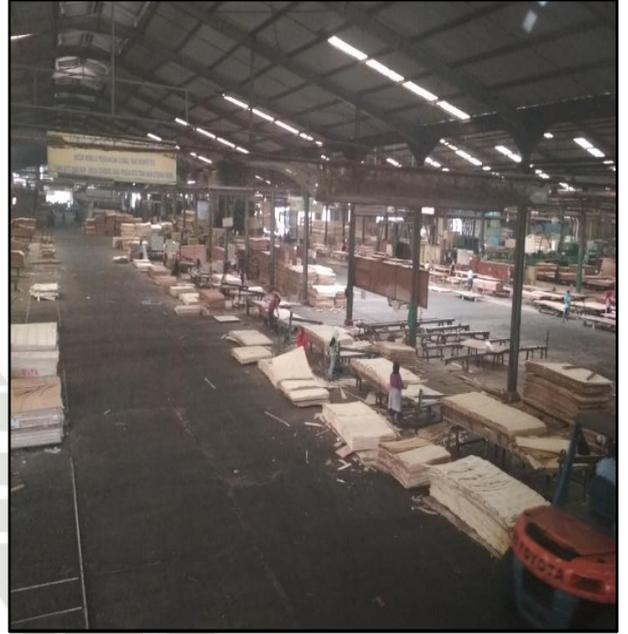


#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## Lampiran B

### Foto Observasi



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lampiran C

Perhitungan Aktual Perusahaan

1. Perhitungan waktu penyelesaian *job* 1 pada stasiun kerja 2 (WC-II) adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Permintaan} &= 205,3992 \text{ m}^3 \\ \text{Waktu Baku} &= 6,34 \text{ Menit} \\ \text{Waktu Set Up Mesin} &= 7 \text{ Menit} \\ \text{Kapasitas Produksi} &= 0,7044 \text{ m}^3/\text{proses} \\ C_j &= 7 + \left[ \frac{6,34 \times 205,3992}{0,7044} \right] \\ C_j &= 7 + \left[ \frac{1.302.23}{0,7044} \right] \\ C_j &= 7 + 1.848.709 \\ C_j &= 1.855.709 \text{ Menit} \\ C_j &= 30.92 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui bahwa waktu penyelesaian di WC-II untuk *job* 1 adalah selama 30,92 jam.

2. Perhitungan waktu penyelesaian *job* 1 pada stasiun kerja 3 (WC-III) adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Permintaan} &= 205,3992 \text{ m}^3 \\ \text{Waktu Baku} &= 35,32 \text{ Menit} \\ \text{Waktu Set Up Mesin} &= 15 \text{ Menit} \\ \text{Kapasitas Produksi} &= 3,9244 \text{ m}^3/\text{proses} \\ C_j &= 15 + \left[ \frac{35,32 \times 205,3992}{3,9244} \right] \\ C_j &= 15 + \left[ \frac{7,254,699}{3,9244} \right] \\ C_j &= 15 + 1.848.709 \end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$C_j = 1.863,613.709 \text{ Menit}$$

$$C_j = 31,06 \text{ Jam}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui bahwa waktu penyelesaian di WC-III untuk *job* 1 adalah selama 31,06 jam.

3. Perhitungan waktu penyelesaian *job* 1 pada stasiun kerja 4 (WC-IV) adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\text{Jumlah Permintaan} = 205,3992 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu Baku} = 31,3 \text{ Menit}$$

$$\text{Waktu Set Up Mesin} = 0 \text{ Menit}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 0,71 \text{ m}^3/\text{proses}$$

$$C_j = 0 + \left[ \frac{21,3 \times 205,3992}{0,71} \right]$$

$$C_j = 0 + \left[ \frac{4.375,002}{0,71} \right]$$

$$C_j = 0 + 6.161,976$$

$$C_j = 6.161 \text{ menit}$$

$$C_j = 102,69 \text{ Jam}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui bahwa waktu penyelesaian di WC-IV untuk *job* 1 adalah selama 102,69 jam.

4. Perhitungan waktu penyelesaian *job* 1 pada stasiun kerja 5 (WC-V) adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\text{Jumlah Permintaan} = 205,3992 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu Baku} = 17,48 \text{ Menit}$$

$$\text{Waktu Set Up Mesin} = 5 \text{ Menit}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 1,9422 \text{ m}^3/\text{proses}$$

$$C_j = 5 + \left[ \frac{17,48 \times 205,3992}{1,9422} \right]$$

$$C_j = 5 + \left[ \frac{3.590,378}{1,9422} \right]$$

$$C_j = 5 + 1.848,6139$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$C_j = 1.853,6139 \text{ menit}$$

$$C_j = 30,8 \text{ Jam}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui bahwa waktu penyelesaian di WC-V untuk *job* 1 adalah selama 30,89 jam.

5. Perhitungan waktu penyelesaian *job* 1 pada stasiun kerja 6 (WC-VI) adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\text{Jumlah Permintaan} = 205,3992 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu Baku} = 32,27 \text{ Menit}$$

$$\text{Waktu Set Up Mesin} = 12 \text{ Menit}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 4,3026 \text{ m}^3/\text{proses}$$

$$C_j = 12 + \left[ \frac{32,27 \times 205,3992}{4,3026} \right]$$

$$C_j = 12 + \left[ \frac{6.628,23218}{4,3026} \right]$$

$$C_j = 12 + 1.540,517$$

$$C_j = 1.552,517 \text{ menit}$$

$$C_j = 25,87 \text{ Jam}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui bahwa waktu penyelesaian di WC-VI untuk *job* 1 adalah selama 25,87 jam.

6. Perhitungan waktu penyelesaian *job* 1 pada stasiun kerja 7 (WC-VII) adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\text{Jumlah Permintaan} = 205,3992 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu Baku} = 12,5 \text{ Menit}$$

$$\text{Waktu Set Up Mesin} = 12 \text{ Menit}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 1,666 \text{ m}^3/\text{proses}$$

$$C_j = 12 + \left[ \frac{12,5 \times 205,3992}{1,666} \right]$$

$$C_j = 12 + \left[ \frac{2.567,49}{1,666} \right]$$

$$C_j = 12 + 1.541,11$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$C_j = 1.553,11 \text{ menit}$$

$$C_j = 25,87 \text{ Jam}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui bahwa waktu penyelesaian di WC-VII untuk *job* 1 adalah selama 25,87 jam.

7. Perhitungan waktu penyelesaian *job* 1 pada stasiun kerja 8 (WC-VIII) adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\text{Jumlah Permintaan} = 205,3992 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu Baku} = 144 \text{ Menit}$$

$$\text{Waktu Set Up Mesin} = 0 \text{ Menit}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 3,771 \text{ m}^3/\text{proses}$$

$$C_j = 0 + \left[ \frac{144 \times 205,3992}{3,771} \right]$$

$$C_j = 0 + \left[ \frac{29,577}{3,771} \right]$$

$$C_j = 0 + 7.843,40621$$

$$C_j = 7.843,40621 \text{ menit}$$

$$C_j = 130,71 \text{ Jam}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui bahwa waktu penyelesaian di WC-VIII untuk *job* 1 adalah selama 130,71 jam.

8. Perhitungan waktu penyelesaian *job* 1 pada stasiun kerja 9 (WC-IX) adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\text{Jumlah Permintaan} = 205,3992 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu Baku} = 1,5 \text{ Menit}$$

$$\text{Waktu Set Up Mesin} = 5 \text{ Menit}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 0,5 \text{ m}^3/\text{proses}$$

$$C_j = 5 + \left[ \frac{1,5 \times 205,3992}{0,5} \right]$$

$$C_j = 5 + \left[ \frac{308,098}{0,5} \right]$$

$$C_j = 5 + 616,1976$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$C_j = 621,1976 \text{ menit}$$

$$C_j = 10,35 \text{ Jam}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui bahwa waktu penyelesaian di WC- XI untuk *job* 1 adalah selama 10,35 jam.

9. Perhitungan waktu penyelesaian *job* 1 pada stasiun kerja 10 (WC-X) adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\text{Jumlah Permintaan} = 205,3992 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu Baku} = 3,5 \text{ Menit}$$

$$\text{Waktu Set Up Mesin} = 5 \text{ Menit}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 1,166 \text{ m}^3/\text{proses}$$

$$C_j = 5 + \left[ \frac{3,5 \times 205,3992}{1,166} \right]$$

$$C_j = 5 + \left[ \frac{718,8972}{1,166} \right]$$

$$C_j = 5 + 7616,5499$$

$$C_j = 621,5499 \text{ menit}$$

$$C_j = 10,35 \text{ Jam}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui bahwa waktu penyelesaian di WC-X untuk *job* 1 adalah selama 10,35 jam.

10. Perhitungan waktu penyelesaian *job* 1 pada stasiun kerja 8 (WC-IX) adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\text{Jumlah Permintaan} = 205,3992 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu Baku} = 12,5 \text{ Menit}$$

$$\text{Waktu Set Up Mesin} = 0 \text{ Menit}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 1,388 \text{ m}^3/\text{proses}$$

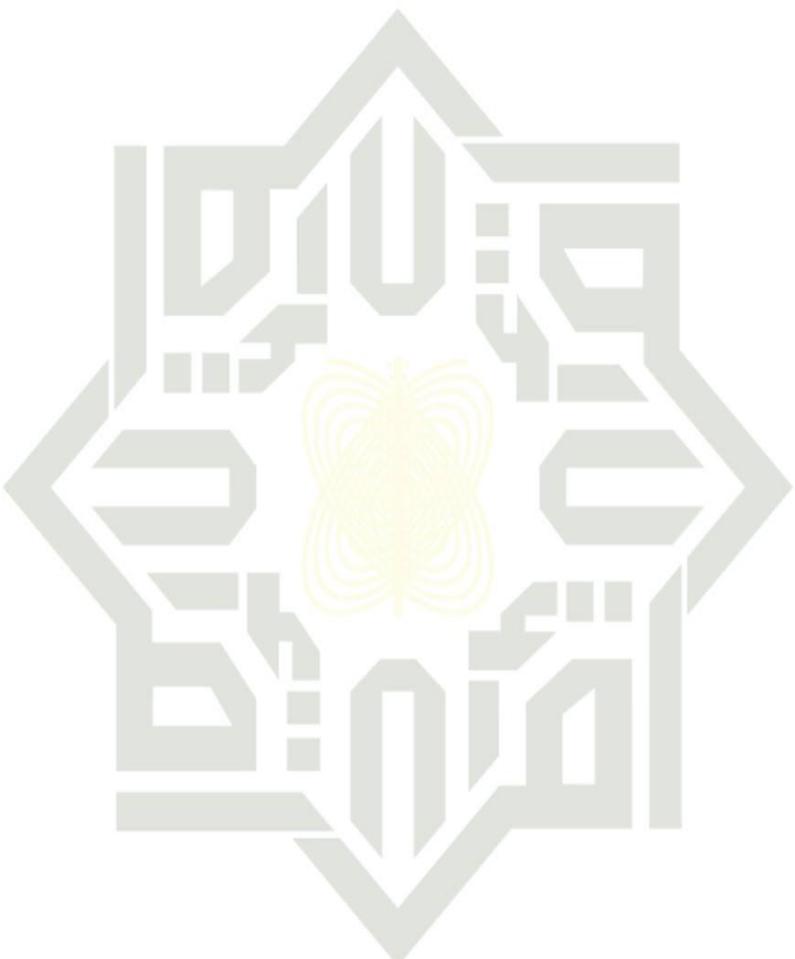
$$C_j = 0 + \left[ \frac{12,5 \times 205,3992}{1,388} \right]$$

$$C_j = 0 + \left[ \frac{2.567,49}{1,388} \right]$$

$$C_j = 0 + 1.849,776$$

$C_j = 1.849,776$  menit

$C_j = 30,81$  Jam



UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU

## Lampiran D

### Perhitungan Laju Permintaan

- 1) Perhitungan Laju permintaan Stasiun kerja II mesin *Rotary* (WC-II)

$$\text{Duedate job } d^{(h)} = 34,11 \text{ jam}$$

$$\text{Release orde } r^{(h)} = 30,92 \text{ jam}$$

$$\text{Jumlah mesin } m = 3$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(34,11 \text{ jam} - 30,92 \text{ jam})3}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(3,19 \text{ jam})3}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{9,57 \text{ jam}}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = 0,1 \text{ jam}$$

- 2) Perhitungan Laju permintaan Stasiun kerja III mesin *Drayer* (WC-III)

$$\text{Duedate job } d^{(h)} = 34,25 \text{ jam}$$

$$\text{Release orde } r^{(h)} = 31,06 \text{ jam}$$

$$\text{Jumlah mesin } m = 3$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(34,25 \text{ jam} - 31,06 \text{ jam})3}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(3,19 \text{ jam})3}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{9,57 \text{ jam}}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = 0,1 \text{ jam}$$

- 3) Perhitungan Laju permintaan Stasiun kerja IV mesin *Arranger* (WC-IV)

$$\text{Duedate job } d^{(h)} = 113,32 \text{ Jam}$$

$$\text{Release orde } r^{(h)} = 102,7 \text{ Jam}$$

$$\text{Jumlah mesin } m = 10$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(113,32 \text{ jam} - 102,7 \text{ jam})10}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(10,62 \text{ jam})10}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{106,2 \text{ jam}}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = 0,0094 \text{ jam}$$

- 4) Perhitungan Laju Permintaan Stasiun kerja V mesin *Glue Spreader* (WC-V)

$$\text{Due date job } d^{(h)} = 34,08 \text{ jam}$$

$$\text{Release orde } r^{(h)} = 30,8 \text{ jam}$$

$$\text{Jumlah mesin } m = 3$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(34,08 \text{ jam} - 30,8 \text{ jam})3}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(3,28 \text{ jam})3}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{9,84 \text{ jam}}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = 0,1 \text{ jam}$$

- 5) Perhitungan Permintaan Laju PStasiun kerja VI mesin *Cold Press* (WC-VI)

$$\text{Due date job } d^{(h)} = 28,53 \text{ jam}$$

$$\text{Release orde } r^{(h)} = 25,87 \text{ menit}$$

$$\text{Jumlah mesin } m = 3$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(28,53 \text{ jam} - 25,87 \text{ jam})3}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(2,66 \text{ jam})3}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{7,98 \text{ jam}}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = 0,12 \text{ jam}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- 6) Perhitungan Permintaan Laju PStasiun kerja VII mesin *Hot Press* (WC-VII)

$$\text{Duedate job } d^{(h)} = 28,53 \text{ jam}$$

$$\text{Release orde } r^{(h)} = 25,87 \text{ menit}$$

$$\text{Jumlah mesin } m = 3$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(28,53 \text{ jam} - 25,87 \text{ jam})3}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(2,66 \text{ jam})3}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{7,98 \text{ jam}}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = 0,12 \text{ jam}$$

- 7) Perhitungan Permintaan Laju Stasiun kerja VIII mesin *Putty* (WC-VIII)

$$\text{Duedate job } d^{(h)} = 144,23 \text{ jam}$$

$$\text{Release orde } r^{(h)} = 130,71 \text{ menit}$$

$$\text{Jumlah mesin } m = 7$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(144,23 \text{ jam} - 130,71 \text{ jam})7}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(13,52 \text{ jam})7}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{94,64 \text{ jam}}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = 0,010 \text{ jam}$$

- 8) Perhitungan Permintaan Laju Stasiun kerja IX mesin *Double Saw* (WC-IX)

$$\text{Duedate job } d^{(h)} = 11,4 \text{ jam}$$

$$\text{Release orde } r^{(h)} = 10,35 \text{ menit}$$

$$\text{Jumlah mesin } m = 1$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{11,42 \text{ jam} - 10,32 \text{ jam})1}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(1,1 \text{ jam})1}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{1,1 \text{ jam}}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = 0,9 \text{ jam}$$

9) Perhitungan Permintaan Laju Stasiun kerja X mesin *Sander* (WC-X)

$$\text{Due date job } d^{(h)} = 11,4 \text{ jam}$$

$$\text{Release orde } r^{(h)} = 10,35 \text{ menit}$$

$$\text{Jumlah mesin } m = 1$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{11,42 \text{ jam} - 10,32 \text{ jam})1}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(1,1 \text{ jam})1}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{1,1 \text{ jam}}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = 0,9 \text{ jam}$$

10) Perhitungan Permintaan Laju Stasiun kerja XI mesin *Finish Selection* (WC-XI)

$$\text{Due date job } d^{(h)} = 34 \text{ jam}$$

$$\text{Release orde } r^{(h)} = 30,81 \text{ menit}$$

$$\text{Jumlah mesin } m = 3$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{34 \text{ jam} - 30,81 \text{ jam})3}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(3,19 \text{ jam})3}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{9,57 \text{ jam}}$$

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = 0,1 \text{ jam}$$

## Lampiran F

### Perhitungan Laju Kedatangan Order

- 1) Perhitungan laju kedatangan order stasiun kerja II mesin (*Rotary*) (WC-II)

D = laju permintaan untuk permintaan

Q = ukuran lot produksi

$$\lambda = \frac{0,10 \text{ jam}}{1 \text{ unit}} \cdot 1 \text{ unit} \\ = 0,10 \text{ jam}$$

- 2) Perhitungan laju kedatangan order stasiun kerja III mesin (*Drayer*) (WC-III)

D = laju permintaan untuk permintaan

Q = ukuran lot produksi

$$\lambda = \frac{0,10 \text{ jam}}{1 \text{ unit}} \cdot 1 \text{ unit} \\ = 0,10 \text{ jam}$$

- 3) Perhitungan laju kedatangan order stasiun kerja IV mesin (*Arranger*) (WC-IV)

D = laju permintaan untuk permintaan

Q = ukuran lot produksi

$$\lambda = \frac{0,01 \text{ jam}}{1 \text{ unit}} \cdot 1 \text{ unit} \\ = 0,01 \text{ jam}$$

- 4) Perhitungan laju kedatangan order stasiun kerja V mesin (*Glue Spreder*) (WC-IV)

D = laju permintaan untuk permintaan

Q = ukuran lot produksi

$$\lambda = \frac{0,10 \text{ jam}}{1 \text{ unit}} \cdot 1 \text{ unit} \\ = 0,10 \text{ jam}$$

- 5) Perhitungan laju kedatangan order stasiun kerja VI mesin (*Cold Press*) (WC-VI)

D = laju permintaan untuk permintaan

Q = ukuran lot produksi

$$\lambda = \frac{0,13 \text{ jam}}{1 \text{ unit}} \cdot 1 \text{ unit}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$= 0,13 \text{ jam}$$

- 6) Perhitungan laju kedatangan order stasiun kerja VII mesin (*Hot Press*) (WC-VII)

D = laju permintaan untuk permintaan

Q = ukuran lot produksi

$$\lambda = \frac{0,38 \text{ jam}}{1 \text{ unit}} \cdot 1 \text{ unit}$$

$$= 0,38 \text{ jam}$$

- 7) Perhitungan laju kedatangan order stasiun kerja VIII mesin (*Putty*) (WC-VIII)

D = laju permintaan untuk permintaan

Q = ukuran lot produksi

$$\lambda = \frac{0,01 \text{ jam}}{1 \text{ unit}} \cdot 1 \text{ unit}$$

$$= 0,01 \text{ jam}$$

- 8) Perhitungan laju kedatangan order stasiun kerja IX mesin (*Double Saw*) (WC-IX)

D = laju permintaan untuk permintaan

Q = ukuran lot produksi

$$\lambda = \frac{0,94 \text{ jam}}{1 \text{ unit}} \cdot 1 \text{ unit}$$

$$= 0,94 \text{ jam}$$

- 9) Perhitungan laju kedatangan order stasiun kerja X mesin (*Sander*) (WC-X)

D = laju permintaan untuk permintaan

Q = ukuran lot produksi

$$\lambda = \frac{0,94 \text{ jam}}{1 \text{ unit}} \cdot 1 \text{ unit}$$

$$= 0,94 \text{ jam}$$

- 10) Perhitungan laju kedatangan order stasiun kerja XI mesin (*Finish Selection*) (WC-XI)

D = laju permintaan untuk permintaan

Q = ukuran lot produksi

$$\lambda = \frac{0,10 \text{ jam}}{1 \text{ unit}} \quad 1 \text{ unit} \\ = 0,10 \text{ jam}$$



UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU

## Lampiran G

### Perhitungan Waktu Proses Pengerjaan

- 1) Perhitungan waktu proses pengerjaan order di stasiun kerja II mesin

*Rotary* (WC– II)

$$Z = 0,5382 \text{ menit}$$

$$Q = 205,3992 \text{ menit}$$

$$\alpha = 0,10567 \text{ menit}$$

$$P = 0,5382 \text{ menit} + (205,3992 \text{ unit} \cdot 0,10567 \text{ unit})$$

$$P = 0,5382 \text{ menit} + (21,70385 \text{ unit/menit})$$

$$P = 22,24 \text{ menit/unit}$$

$$P = 0,37 \text{ jam/unit}$$

- 2) Perhitungan waktu proses pengerjaan order di stasiun kerja III mesin

*Drayer* (WC– III)

$$Z = 1,1538 \text{ menit}$$

$$Q = 205,3992 \text{ menit}$$

$$\alpha = 0,58867 \text{ menit}$$

$$P = 1,1538 \text{ menit} + (205,3992 \text{ unit} \cdot 0,58867 \text{ unit})$$

$$P = 1,1538 \text{ menit} + (120,9117 \text{ unit/menit})$$

$$P = 122,07 \text{ menit/unit}$$

$$P = 2,03 \text{ jam/unit}$$

- 3) Perhitungan waktu proses pengerjaan order di stasiun kerja IV mesin

*Arranger* (WC– IV)

$$Z = 0,0000 \text{ menit}$$

$$Q = 205,3992 \text{ menit}$$

$$\alpha = 1,18333 \text{ menit}$$

$$P = 0,0000 \text{ menit} + (205,3992 \text{ unit} \cdot 1,18333 \text{ unit})$$

$$P = 0,0000 \text{ menit} + (243,0557 \text{ unit/menit})$$

$$P = 243,0,5557 \text{ menit/unit}$$

$$P = 4,05 \text{ jam/unit}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- 4) Perhitungan waktu proses pengerjaan order di stasiun kerja V mesin *Glue Spreader* (WC– V)

$$Z = 0,3846 \text{ menit}$$

$$Q = 205,3992 \text{ menit}$$

$$\alpha = 0,29133 \text{ menit}$$

$$P = 0,3846 \text{ menit} + (205,3992 \text{ unit} \cdot 0,29133 \text{ unit})$$

$$P = 0,3846 \text{ menit} + (59,83963 \text{ unit/menit})$$

$$P = 60,22 \text{ menit/unit}$$

$$P = 1 \text{ jam/unit}$$

- 5) Perhitungan waktu proses pengerjaan order di stasiun kerja VI mesin *Cold Press* (WC– VI)

$$Z = 0,9231 \text{ menit}$$

$$Q = 205,3992 \text{ menit}$$

$$\alpha = 0,64540 \text{ menit}$$

$$P = 0,9231 \text{ menit} + (205,3992 \text{ unit} \cdot 0,64540 \text{ unit})$$

$$P = 0,9231 \text{ menit} + (132,5646 \text{ unit/menit})$$

$$P = 133,49 \text{ menit/unit}$$

$$P = 2,22 \text{ jam/unit}$$

- 6) Perhitungan waktu proses pengerjaan order di stasiun kerja VII mesin *Hot Press* (WC– VII)

$$Z = 0,9231 \text{ menit}$$

$$Q = 205,3992 \text{ menit}$$

$$\alpha = 0,25000 \text{ menit}$$

$$P = 0,9231 \text{ menit} + (205,3992 \text{ unit} \cdot 0,25000 \text{ unit})$$

$$P = 0,9231 \text{ menit} + (513498 \text{ unit/menit})$$

$$P = 52,27 \text{ menit/unit}$$

$$P = 0,87 \text{ jam/unit}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- 7) Perhitungan waktu proses pengerjaan order di stasiun kerja VIII mesin

*Putty* (WC– VIII)

$$Z = 0,0000 \text{ menit}$$

$$Q = 205,3992 \text{ menit}$$

$$\alpha = 184,8000 \text{ menit}$$

$$P = 0,0000 \text{ menit} + (205,3992 \text{ unit} \cdot 184,8000 \text{ unit})$$

$$P = 0,0000 \text{ menit} + (632,6295 \text{ unit/menit})$$

$$P = 632,63 \text{ menit/unit}$$

$$P = 10,54 \text{ jam/unit}$$

- 8) Perhitungan waktu proses pengerjaan order di stasiun kerja IX mesin

*Double Saw* (WC–IX)

$$Z = 0,3846 \text{ menit}$$

$$Q = 205,3992 \text{ menit}$$

$$\alpha = 0,5000 \text{ menit}$$

$$P = 0,3846 \text{ menit} + (205,3992 \text{ unit} \cdot 0,5000 \text{ unit})$$

$$P = 0,3846 \text{ menit} + (632,6295 \text{ unit/menit})$$

$$P = 2,10 \text{ menit/unit}$$

$$P = 0,03 \text{ jam/unit}$$

- 9) Perhitungan waktu proses pengerjaan order di stasiun kerja X mesin

*Sander* (WC–IX)

$$Z = 0,3846 \text{ menit}$$

$$Q = 205,3992 \text{ menit}$$

$$\alpha = 0,01944 \text{ menit}$$

$$P = 0,3846 \text{ menit} + (205,3992 \text{ unit} \cdot 0,01944 \text{ unit})$$

$$P = 0,3846 \text{ menit} + (3,9938 \text{ unit/menit})$$

$$P = 4,38 \text{ menit/unit}$$

$$P = 0,07 \text{ jam/unit}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

10) Perhitungan waktu proses pengerjaan order di stasiun kerja XI mesin

*Finis Selection (WC-IX)*

$$Z = 0,0000 \text{ menit}$$

$$Q = 205,3992 \text{ menit}$$

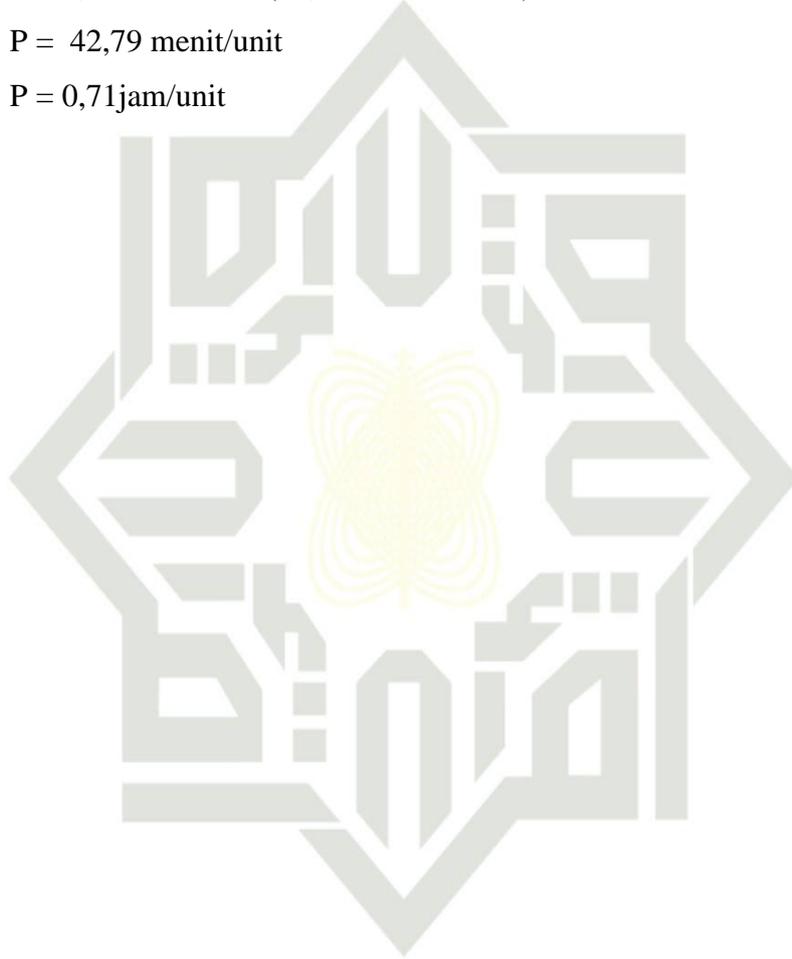
$$\alpha = 0,20833 \text{ menit}$$

$$P = 0,0000 \text{ menit} + (205,3992 \text{ unit} \cdot 0,20833 \text{ unit})$$

$$P = 0,0000 \text{ menit} + (42,7915 \text{ unit/menit})$$

$$P = 42,79 \text{ menit/unit}$$

$$P = 0,71 \text{ jam/unit}$$



UIN SUSKA RIAU

## Lampiran H

### Perhitungan Waktu Rata-Rata Beban Kerja

- 1) Perhitungan waktu rata-rata beban kerja mesin di stasiun kerja II mesin

*Rotary* (WC- II)

$$\lambda = 0,1046 \text{ jam}$$

$$p = 0,3707 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,1046 \text{ jam} \times 0,3707 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,0388 \text{ jam}$$

- 2) Perhitungan waktu rata-rata beban kerja mesin di stasiun kerja III mesin

*Drayer* (WC- III)

$$\lambda = 0,1046 \text{ jam}$$

$$p = 2,0344 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,1046 \text{ jam} \times 2,0344 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,2128 \text{ jam}$$

- 3) Perhitungan waktu rata-rata beban kerja mesin di stasiun kerja IV mesin

*Arranger* (WC- IV)

$$\lambda = 0,0094 \text{ jam}$$

$$p = 4,0509 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,0094 \text{ jam} \times 4,0509 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,0381 \text{ jam}$$

- 4) Perhitungan waktu rata-rata beban kerja mesin di stasiun kerja V mesin

*Cold Press* (WC- V)

$$\lambda = 0,1046 \text{ jam}$$

$$p = 1,0037 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,1046 \text{ jam} \times 1,0037 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,1050 \text{ jam}$$

- 5) Perhitungan waktu rata-rata beban kerja mesin di stasiun kerja VI mesin

*Hot Press* (WC- VI)

$$\lambda = 0,1255 \text{ jam}$$

$$p = 2,2248 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,1255 \text{ jam} \times 2,2248 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,2792 \text{ jam}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- 6) Perhitungan waktu rata-rata beban kerja mesin di stasiun kerja VII mesin  
*Cold Press* (WC- VII)  
 $\lambda = 0,3765$  jam  
 $p = 0,8712$  jam  
 $\rho = 0,3765$  jam x  $0,8712$  jam  
 $\rho = 0,3280$  jam
- 7) Perhitungan waktu rata-rata beban kerja mesin di stasiun kerja VIII mesin  
*Putty* (WC- VII)  
 $\lambda = 0,01$  jam  
 $p = 10,54$  jam  
 $\rho = 0,01$  jam x  $10,54$  jam  
 $\rho = 0,11$  jam
- 8) Perhitungan waktu rata-rata beban kerja mesin di stasiun kerja IX mesin  
*Double Saw* (WC- IX)  
 $\lambda = 0,9413$  jam  
 $p = 0,0349$  jam  
 $\rho = 0,9413$  jam x  $0,0349$  jam  
 $\rho = 0,0329$  jam
- 9) Perhitungan waktu rata-rata beban kerja mesin di stasiun kerja X mesin  
*Sander* (WC- X)  
 $\lambda = 0,9413$  jam  
 $p = 0,0730$  jam  
 $\rho = 0,9413$  jam x  $0,0730$  jam  
 $\rho = 0,0687$  jam
- 10) Perhitungan waktu rata-rata beban kerja mesin di stasiun kerja XI mesin  
*Finish Selections* (WC- XI)  
 $\lambda = 0,1046$  jam  
 $p = 0,0173$  jam  
 $\rho = 0,1046$  jam x  $0,0173$  jam  
 $\rho = 0,0746$  jam

## Lampiran I

### Perhitungan Waktu Tunggu

- 1) Perhitungan waktu tunggu di stasiun kerja II mesin *Rotary* ( WC- II )

$$\lambda = 0,1046 \text{ jam}$$

$$p = 0,3707 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,9141 \text{ jam}$$

$$E = \frac{\Sigma 0,1046 \text{ jam } (0,3707 \text{ jam})^2}{2 (1-0,9141 \text{ jam})}$$

$$E = 0,0006 \text{ jam}$$

- 2) Perhitungan waktu tunggu di stasiun kerja III mesin *Drayer* ( WC- III )

$$\lambda = 0,1046 \text{ jam}$$

$$p = 2,0344 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,9141 \text{ jam}$$

$$E = \frac{\Sigma 0,1046 \text{ jam } (2,0344 \text{ jam})^2}{2 (1-0,9141 \text{ jam})}$$

$$E = 0,0186 \text{ jam}$$

- 3) Perhitungan waktu tunggu di stasiun kerja IV mesin *Arranger* ( WC- IV )

$$\lambda = 0,0094 \text{ jam}$$

$$p = 4,0509 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,9141 \text{ jam}$$

$$E = \frac{\Sigma 0,0094 \text{ jam } (4,0509 \text{ jam})^2}{2 (1-0,9141 \text{ jam})}$$

$$E = 0,0066 \text{ jam}$$

- 4) Perhitungan waktu tunggu di stasiun kerja V mesin *Glue Spreader* ( WC-V )

$$\lambda = 0,1046 \text{ jam}$$

$$p = 1,0037 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,9141 \text{ jam}$$

$$E = \frac{\Sigma 0,1046 \text{ jam } (1,0037 \text{ jam})^2}{2 (1-0,9141 \text{ jam})}$$

$$E = 0,0045 \text{ jam}$$

- 5) Perhitungan waktu tunggu di stasiun kerja VI mesin *Cold Press* ( WC-VI )

$$\lambda = 0,1255 \text{ jam}$$

$$p = 2,2246 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,9141 \text{ jam}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$E = \frac{\Sigma 0,1255 \text{ jam } (2,2246 \text{ jam})^2}{2 (1-0,9141 \text{ jam})}$$

$$E = 0,0123 \text{ jam}$$

- 6) Perhitungan waktu tunggu di stasiun kerja VII mesin *hot Press* ( WC-VII )

$$\lambda = 0,3765 \text{ jam}$$

$$p = 0,8712 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,9141 \text{ jam}$$

$$E = \frac{\Sigma 0,3765 \text{ jam } (2,2246 \text{ jam})^2}{2 (1-0,9141 \text{ jam})}$$

$$E = 0,0123 \text{ jam}$$

- 7) Perhitungan waktu tunggu di stasiun kerja VIII mesin *Putty* ( WC-VII )

$$\lambda = 0,0106 \text{ jam}$$

$$p = 10,5438 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,9141 \text{ jam}$$

$$E = \frac{\Sigma 0,0106 \text{ jam } (10,5438 \text{ jam})^2}{2 (1-0,9141 \text{ jam})}$$

$$E = 0,0504 \text{ jam}$$

- 8) Perhitungan waktu tunggu di stasiun kerja IX mesin *Double Saw* ( WC-IX )

$$\lambda = 0,9413 \text{ jam}$$

$$p = 0,0349 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,9141 \text{ jam}$$

$$E = \frac{\Sigma 0,9413 \text{ jam } (0,0349 \text{ jam})^2}{2 (1-0,9141 \text{ jam})}$$

$$E = 0,0000 \text{ jam}$$

- 9) Perhitungan waktu tunggu di stasiun kerja X mesin *Sander* ( WC-X )

$$\lambda = 0,9413 \text{ jam}$$

$$p = 0,0730 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,9141 \text{ jam}$$

$$E = \frac{\Sigma 0,9413 \text{ jam } (0,0730 \text{ jam})^2}{2 (1-0,9141 \text{ jam})}$$

$$E = 0,0002 \text{ jam}$$

- 10) Perhitungan waktu tunggu di stasiun kerja XI mesin *Finish Selections* ( WC-XI )

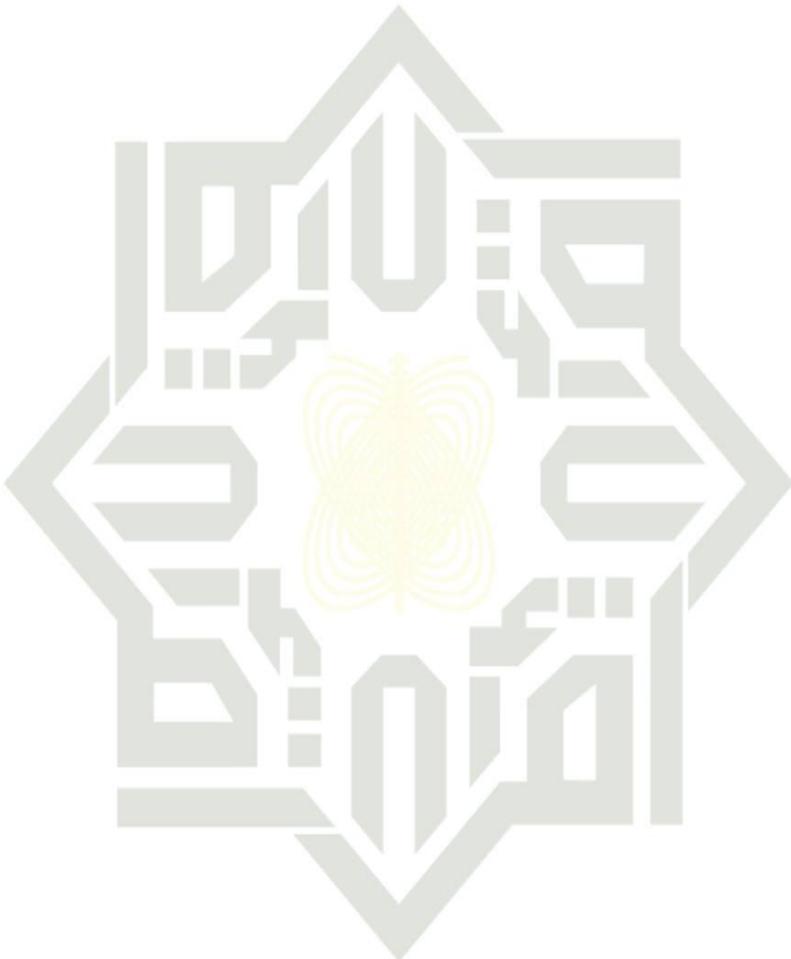
$$\lambda = 0,1046 \text{ jam}$$

$$p = 0,7123 \text{ jam}$$

$$\rho = 0,9141 \text{ jam}$$

$$E = \frac{\Sigma 0,1046 \text{ jam } (0,7123 \text{ jam})^2}{2 (1-0,9141 \text{ jam})}$$

$$E = 0,0023 \text{ jam}$$



UIN SUSKA RIAU

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## Lampiran J

### Perhitungan Perkiraan Lead Time.

- 1) Perhitungan *lead time* stasiun kerja II mesin *Rotary* ( WC- II)

$$\begin{aligned}E [W] &= 0,0006 \text{ jam} \\P' &= 0,3707 \text{ jam} \\E[T] &= 0,0006 \text{ jam} + 0,3707 \text{ jam} \\E[T] &= 0,3713 \text{ jam}\end{aligned}$$

- 2) Perhitungan *lead time* stasiun kerja III mesin *Drayer* ( WC- III)

$$\begin{aligned}E [W] &= 0,0186 \text{ jam} \\P' &= 2,0344 \text{ jam} \\E[T] &= 0,0186 \text{ jam} + 2,0344 \text{ jam} \\E[T] &= 2,0530 \text{ jam}\end{aligned}$$

- 3) Perhitungan *lead time* stasiun kerja IV mesin *Arranger* ( WC- IV)

$$\begin{aligned}E [W] &= 0,0066 \text{ jam} \\P' &= 4,0509 \text{ jam} \\E[T] &= 0,0066 \text{ jam} + 4,0509 \text{ jam} \\E[T] &= 4,0576 \text{ jam}\end{aligned}$$

- 4) Perhitungan *lead time* stasiun kerja V mesin *Glue Spreader* ( WC- V)

$$\begin{aligned}E [W] &= 0,0045 \text{ jam} \\P' &= 1,0037 \text{ jam} \\E[T] &= 0,0045 \text{ jam} + 1,0037 \text{ jam} \\E[T] &= 1,0083 \text{ jam}\end{aligned}$$

- 5) Perhitungan *lead time* stasiun kerja VI mesin *Cold Press* ( WC- VI)

$$\begin{aligned}E [W] &= 0,2667 \text{ jam} \\P' &= 2,2248 \text{ jam} \\E[T] &= 0,2667 \text{ jam} + 2,2248 \text{ jam} \\E[T] &= 2,2515 \text{ jam}\end{aligned}$$

- 6) Perhitungan *lead time* stasiun kerja VII mesin *Hot Press* ( WC- VII)

$$\begin{aligned}E [W] &= 0,0123 \text{ jam} \\P' &= 0,8712 \text{ jam} \\E[T] &= 0,0123 \text{ jam} + 0,8712 \text{ jam} \\E[T] &= 2,2515 \text{ jam}\end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

7) Perhitungan *lead time* stasiun kerja VIII mesin *Putty* ( WC- VIII)

$$\begin{aligned}E [W] &= 0,0504 \text{ jam} \\P' &= 10,5438 \text{ jam} \\E[T] &= 0,0504 \text{ jam} + 10,5438 \text{ jam} \\E[T] &= 10,5943 \text{ jam}\end{aligned}$$

8) Perhitungan *lead time* stasiun kerja IX mesin *Double Saw* ( WC- IX)

$$\begin{aligned}E [W] &= 0,0000 \text{ jam} \\P' &= 0,0349 \text{ jam} \\E[T] &= 0,0000 \text{ jam} + 0,0349 \text{ jam} \\E[T] &= 0,0350 \text{ jam}\end{aligned}$$

9) Perhitungan *lead time* stasiun kerja X mesin *Sander* ( WC- IX)

$$\begin{aligned}E [W] &= 0,0002 \text{ jam} \\P' &= 0,0730 \text{ jam} \\E[T] &= 0,0002 \text{ jam} + 0,0730 \text{ jam} \\E[T] &= 0,0732 \text{ jam}\end{aligned}$$

10) Perhitungan *lead time* stasiun kerja XI mesin *Finis Selections* ( WC- XI)

$$\begin{aligned}E [W] &= 0,0023 \text{ jam} \\P' &= 0,7132 \text{ jam} \\E[T] &= 0,0023 \text{ jam} + 0,7132 \text{ jam} \\E[T] &= 0,7155 \text{ jam}\end{aligned}$$