

**PENJADWALAN PRODUKSI PADA PROSES *STAMPING PRESS*
UNTUK MEMINIMASI *WORK IN PROCESS (WIP)***

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



BRYAN RAMADHAN SAPUTRA

NIM. 145060700111040

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018



LEMBAR PENGESAHAN

**PENJADWALAN PRODUKSI PADA PROSES *STAMPING PRESS*
UNTUK MEMINIMASI *WORK IN PROCESS (WIP)***

**SKRIPSI
TEKNIK INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**BRYAN RAMADHAN SAPUTRA
NIM. 145060700111040**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 27 Desember 2018

Dosen Pembimbing

**Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT.
NIP. 19840426 200812 2 002**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri**

**Ovong Novareza, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19741115 200604 1 002**





PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Bryan Ramadhan Saputra

NIM : 145060700111040

Judul Skripsi : Penjadwalan Produksi pada Proses *Stamping Press* untuk Meminimasi *Work in Process (WIP)*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia Skripsi ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar, tanpa paksaan dari pihak manapun.

Malang, 26 Desember 2018

Mahasiswa



Bryan Ramadhan Saputra

NIM. 145060700111040



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Penjadwalan Produksi pada Proses *Stamping Press* untuk Meminimasi *Work in Process (WIP)*”** dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai bagian dari proses dalam memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Setelah melewati berbagai tahapan, skripsi ini akhirnya dapat diselesaikan berkat bantuan, semangat, motivasi, dan dorongan dari berbagai pihak. Penulis sepatutnya menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT. Yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Orang tua terkasih, Bapak (Alm.) Wiwin Edi Dargono, SE., dan Ibu Windayani, SE., yang telah memberikan doa serta dukungannya tanpa henti dari awal perkuliahan hingga saat ini, sehingga penulis termotivasi untuk dapat menyelesaikan skripsi dengan baik, serta kakak Ghema Deandry Putri, SE., tersayang yang selalu memberikan semangat, canda tawa, kasih sayang serta dukungan yang tiada henti untuk penulis.
3. Bapak Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya dan Ibu Rahmi Yuniarti, ST., MT., selaku Sekertaris Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya.
4. Ibu Ceria Farel Mada Tantrika, ST., MT., sebagai Dosen Pembimbing atas kesediaannya dalam meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan masukan dan saran, serta arahan yang sangat berharga bagi penulis selama masa pengerjaan skripsi.
5. Ibu Sri Widiyawati, ST., MT., sebagai Dosen Pembimbing Akademik atas masukan, bimbingan, serta arahan selama masa studi penulis di Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya.
6. Bapak dan Ibu Dosen, serta karyawan Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya yang telah membagi ilmu akademik maupun non-akademik dan berbagai pengalaman hidup selama masa perkuliahan.

7. Ibu Yuria Anaga sebagai Wakil Direktur di PT. Rimba Kencana yang telah mengizinkan penulis melakukan penelitian dan juga selaku pembimbing lapangan yang sangat baik dan sabar selama penulis melakukan penelitian di perusahaan tersebut serta bantuan informasi yang diberikan kepada penulis.
8. Seluruh karyawan dan staff di PT. Rimba Kencana yang telah memberikan masukan dan semangat bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
9. I Dewa Made Surya Pramana Putra, ST., yang telah memberikan motivasi dan arahan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
10. Teman-teman Oknum TI 2014 terbaik semenjak awal kuliah, Euro, Arka, Bobon, Ben, Kamil, Galih, Dableh, Angger, Fatih, Fadhil, Ifthor, Aland, Sodik, Yoqie, Acik, dan Inay yang selalu memberikan semangat, motivasi, bantuan, teguran dan menemani dalam suka maupun duka selama menjadi mahasiswa Teknik Industri, Universitas Brawijaya.
11. Teman-teman Himpunan Kopi Malang, Rakan, Fajri, Faiz, Ismail, Rama dan Pacil yang telah memberikan tempat terbaik bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik
12. Seluruh angkatan 2014 Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya atas kebersamaan, semangat, doa, dan kerjasama selama ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna karena keterbatasan ilmu dari penulis dan kendala-kendala yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk penyempurnaan tulisan di waktu yang akan datang. Harapannya tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk penelitian dan pengembangan yang lebih lanjut.

Malang, November 2018

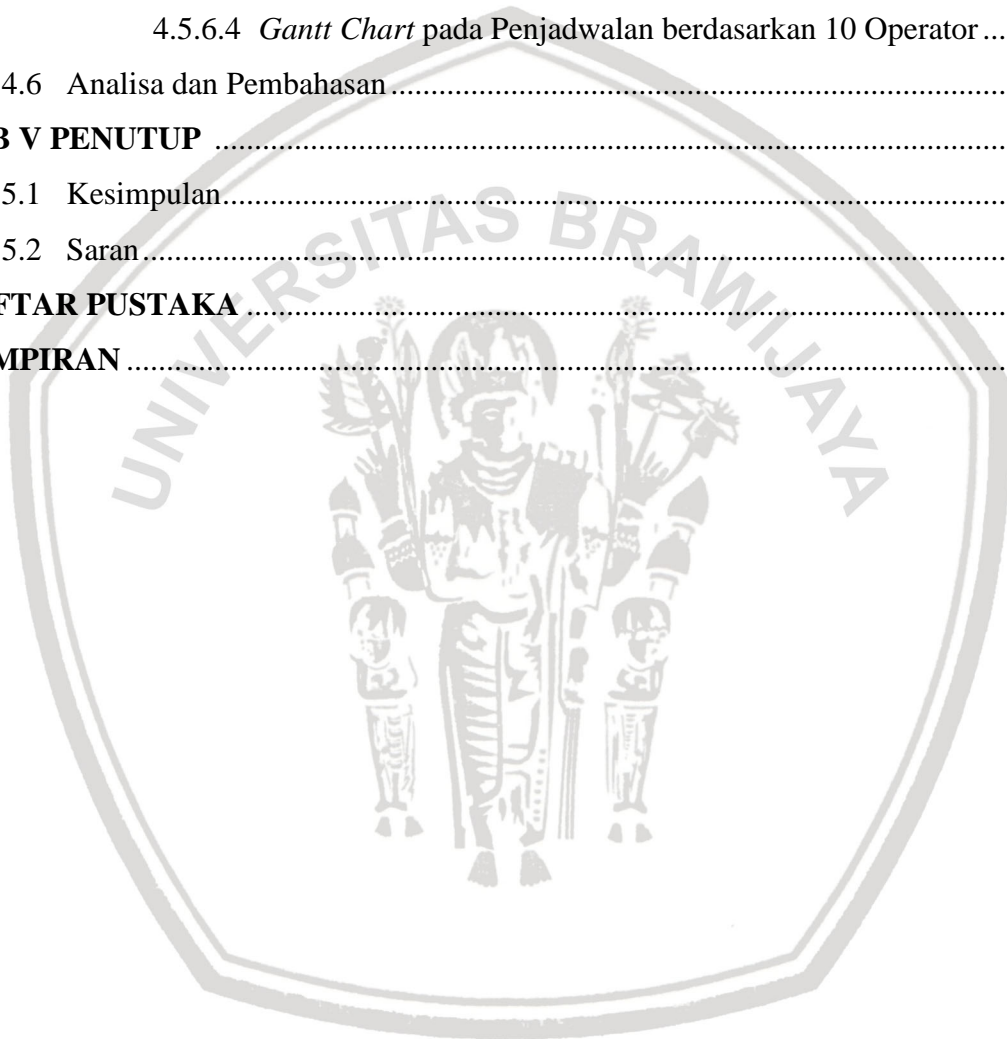
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
RINGKASAN	xiii
SUMMARY	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1 Identifikasi Masalah	7
1.3 Rumusan Masalah	7
1.4 Tujuan Penelitian	7
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Batasan Masalah	8
1.7 Asumsi Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Penelitian Terdahulu	9
2.2 Utilitas	10
2.3 Penjadwalan	10
2.3.1 Tujuan Penjadwalan	11
2.3.2 Definisi dan Notasi dalam Penjadwalan	11
2.4 <i>Input</i> dan <i>Output</i> dalam Penjadwalan	13
2.4.1 <i>Input</i> Penjadwalan	13
2.4.2 <i>Output</i> Penjadwalan	14
2.5 Penjadwalan Produksi	15
2.5.1 Jenis Penjadwalan Produksi	16
2.5.2 Penjadwalan <i>Job Shop</i>	17
2.6 Teknik <i>Priority Dispatching</i>	18
2.6.1 Definisi <i>Dispatching</i>	18
2.6.2 Pemilihan Aturan Prioritas	19
2.7 Aturan <i>Earliest Due Date</i> (EDD)	20
2.8 Aturan <i>Shortest Processing Time</i> (SPT)	20

2.9	<i>Work in Process (WIP)</i>	21
2.10	<i>Gantt Chart</i>	22
BAB III METODE PENELITIAN		23
3.1	Jenis Penelitian.....	23
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.3	Metode Pengambilan Data	23
3.4	Langkah-Langkah Penelitian	24
3.5	Diagram Alir Penelitian	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Gambaran Umum Obyek Penelitian	29
4.1.1	Profil Perusahaan PT. Rimba Kencana	29
4.1.2	Visi dan Misi PT. Rimba Kencana.....	30
4.1.3	Struktur Organisasi.....	30
4.1.4	Proses Produksi PT. Rimba Kencana.....	32
4.2	Pengumpulan Data	33
4.2.1	Data Jumlah Pesanan.....	33
4.2.2	Data Jenis Mesin	35
4.2.3	Proses Produksi <i>Part</i>	35
4.3	Skenario Pengembangan Algoritma.....	35
4.3.1	Notasi dan Definisi.....	35
4.3.2	Model Verbal dan Struktur Matematis Sistem Produksi.....	36
4.3.3	Fungsi Tujuan dan Fungsi Kendala.....	38
4.3.4	Asumsi.....	38
4.4	Pengembangan Algoritma Penjadwalan	39
4.5	Pengolahan Data	46
4.5.1	Perhitungan Kebutuhan <i>Part</i> berdasarkan Pesanan	46
4.5.2	Penjadwalan Menggunakan Algoritma dengan Aturan SPT.....	47
4.5.3	Penjadwalan Produksi dengan Aturan SPT berdasarkan 7 Operator	51
4.5.3.1	Urutan Operasi Penjadwalan berdasarkan 7 Operator	52
4.5.3.2	Perhitungan <i>Mean Flow Time</i> (\bar{F}) Penjadwalan berdasarkan 7 Operator	53
4.5.3.3	Perhitungan <i>Work in Process (WIP)</i> Penjadwalan berdasarkan 7 Operator	58
4.5.3.4	<i>Gantt Chart</i> pada Penjadwalan berdasarkan 7 Operator.....	60

4.5.4	Verifikasi dan Validasi	61
4.5.5	Perhitungan Jumlah Operator	62
4.5.6	Penjadwalan Produksi dengan Aturan SPT berdasarkan 10 Operator	63
4.5.6.1	Urutan Operasi Penjadwalan berdasarkan 10 Operator	64
4.5.6.2	Perhitungan <i>Mean Flow Time</i> (\bar{F}) Penjadwalan berdasarkan 10 Operator	65
4.5.6.3	Perhitungan <i>Work in Process</i> (WIP) Penjadwalan berdasarkan 10 Operator	69
4.5.6.4	<i>Gantt Chart</i> pada Penjadwalan berdasarkan 10 Operator	71
4.6	Analisa dan Pembahasan	72
BAB V PENUTUP		79
5.1	Kesimpulan	79
5.2	Saran	81
DAFTAR PUSTAKA		83
LAMPIRAN		85





Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Jumlah Mesin dan Operator pada Lini Produksi <i>Stamping Press</i> PT. Rimba Kencana	3
Tabel 1.2	Jenis <i>Part</i> dan Aliran Proses pada Produk TYY 231	4
Tabel 1.3	Data <i>Bottleneck</i> pada Mesin <i>Stamping Press</i> PT. Rimba Kencana	5
Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Saat Ini.....	9
Tabel 4.1	Jumlah Pesanan PT. Rimba Kencana pada Bulan April 2018.....	34
Tabel 4.2	Data Jenis Mesin Lini Produksi <i>Stamping Press</i> di PT. Rimba Kencana	35
Tabel 4.3	Jumlah Kebutuhan <i>Part</i> dari tiap <i>Job</i> berdasarkan Pesanan April 2018	46
Tabel 4.4	Urutan Operasi Penjadwalan Produksi berdasarkan 7 Operator.....	52
Tabel 4.5	Hasil <i>Mean Flow Time</i> Penjadwalan berdasarkan 7 Operator.....	56
Tabel 4.6	Nilai WIP setiap <i>Job</i> i pada Penjadwalan oleh 7 Operator.....	59
Tabel 4.7	Utilitas Tujuh Operator berdasarkan Penjadwalan	62
Tabel 4.8	Penentuan Utilitas untuk Jumlah Operator Sesuai Target	63
Tabel 4.9	Urutan Operasi Penjadwalan Produksi berdasarkan 10 Operator.....	64
Tabel 4.10	Hasil <i>Mean Flow Time</i> (\bar{F}) Penjadwalan berdasarkan 10 Operator	67
Tabel 4.11	Nilai WIP setiap <i>Job</i> i pada Penjadwalan oleh 10 Operator.....	70
Tabel 4.12	Perbandingan Hasil Penjadwalan 7 Operator dan 10 Operator	76



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Grafik jumlah permintaan kursi bus PT. Rimba Kencana bulan November 2016 sampai November 2018	2
Gambar 2.1	Grafik luas WIP	22
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	28
Gambar 4.1	Struktur organisasi PT. Rimba Kencana	31
Gambar 4.2	Diagram alir agloritma penjadwalan dengan pendekatan SPT	43
Gambar 4.3	Contoh grafik luas WIP tiap <i>job</i> i penjadwalan 7 operator.....	58
Gambar 4.4	<i>Gantt chart</i> penjadwalan 7 operator	60
Gambar 4.5	Contoh grafik luas WIP tiap <i>job</i> i penjadwalan 10 operator.....	70
Gambar 4.6	<i>Gantt chart</i> penjadwalan 10 operator	71





Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Proses Produksi <i>Part</i> Lini <i>Stamping Press</i> PT. Rimba Kencana.....	85
Lampiran 2	Jumlah Kebutuhan <i>Part</i> dari tiap <i>Job</i> berdasarkan Pesanan April 2018	90
Lampiran 3	Urutan <i>Job</i> berdasarkan Aturan <i>Short Processing Time (SPT)</i>	92
Lampiran 4	Penjadwalan Produksi berdasarkan 7 Operator	94
Lampiran 5	<i>Gantt Chart</i> Penjadwalan Produksi berdasarkan 7 Operator.....	108
Lampiran 6	Penjadwalan Produksi berdasarkan 10 Operator	115
Lampiran 7	<i>Gantt Chart</i> Penjadwalan Produksi berdasarkan 10 Operator.....	126





Halaman ini sengaja dikosongkan



RINGKASAN

Bryan Ramadhan Saputra, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, November 2018, *Penjadwalan Produksi pada Proses Stamping Press untuk Meminimasi Work in Process (WIP)*, Dosen Pembimbing: Ceria Farela Mada Tantrika.

PT. Rimba Kencana merupakan sebuah perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang karoseri. Salah satu produk utama yang dihasilkan oleh PT. Rimba Kencana ialah kursi bus. Dalam menjalankan produksinya, salah satu lini produksi yang ada pada PT. Rimba Kencana ialah lini produksi *stamping press*. Pada lini ini terdapat permasalahan yaitu kurang seimbangnya jumlah operator yang hanya 7 dan mesin yang digunakan ialah 20 sehingga menyebabkan beberapa mesin *idle*. Lalu untuk penjadwalan produksi pada lini tersebut, terdapat Work in Process (WIP) yang cukup besar yaitu 46 *part* dari total 67 *part* dikarenakan penjadwalan saat ini yang dilakukan perusahaan menggunakan aturan EDD yang dirasa kurang tepat. Hal ini dapat merugikan perusahaan karena dapat mengganggu jalannya produksi.

Pada penelitian ini, untuk penambahan jumlah operator yang tidak seimbang dengan jumlah mesin yang ada dilakukan dengan menghitung nilai utilitas operator berdasarkan penjadwalan yang dilakukan. Dengan perhitungan ini akan mendapatkan hasil yaitu jumlah operator agar sesuai target dengan perbandingan nilai utilitas operator untuk setiap penambahan jumlah operator. Lalu untuk perbaikan penjadwalan produksi sendiri menggunakan aturan *Short Processing Time (SPT)* secara heuristik untuk meminimasi *mean flow time*. Dengan meminimasi *mean flow time* (\bar{F}), maka akan dapat meminimasi WIP yang ada. Penjadwalan yang dilakukan pada penelitian ini ialah penjadwalan produksi *part* sesuai *output* produk pada lini produksi *stamping press*. Penjadwalan produksi dengan aturan SPT ini dilakukan dengan menggunakan algoritma yang dibuat berdasarkan beberapa aturan tambahan. Dalam penelitian ini dilakukan penjadwalan sebanyak dua kali yaitu penjadwalan berdasarkan jumlah operator saat ini dan penjadwalan berdasarkan jumlah operator sesuai target. Kedua penjadwalan tersebut disusun berdasarkan algoritma dan didapatkan hasil yaitu urutan operasi penjadwalan, nilai *mean flow time*, nilai WIP, dan penyajian dalam bentuk *gantt chart*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk perbaikan jumlah operator agar sesuai target yaitu sebanyak 10 operator. Hal ini dikarenakan berdasarkan hasil perhitungan utilitas dengan 10 operator memiliki utilitas 70% lebih kecil dibanding 7 operator sebesar 98%. Oleh karena itu penempatan 10 operator dapat dikatakan optimal untuk menangani 20 mesin pada lini produksi *stamping press*. Lalu untuk penjadwalan produksi, didapatkan perbandingan hasil antara penjadwalan produksi berdasarkan 7 operator dan penjadwalan produksi berdasarkan 10 operator. Dari kedua penjadwalan tersebut didapatkan hasil untuk penjadwalan 7 operator masih terjadi keterlambatan produksi dibandingkan penjadwalan 10 operator yang tidak ada keterlambatan produksi. Lalu dari penjadwalan 7 operator ke penjadwalan 10 operator untuk nilai rata-rata *waiting time* turun sebesar 42,15% akan tetapi nilai rata-rata waktu proses naik sebesar 0,35%. Setelah itu juga didapatkan *mean flow time* dari penjadwalan 7 operator sebesar 1742,42 menit, dimana turun 9,31% pada penjadwalan 10 operator dengan *mean flow time* sebesar 1580,12 menit. Selain itu rata-rata WIP perusahaan yang awalnya 46 *part* atau *job* turun ketika dilakukan perbaikan dengan aturan SPT dimana berdasarkan penelitian ini penjadwalan 7 operator memiliki WIP 35 *job* sedangkan penjadwalan 10 operator memiliki WIP yang lebih rendah yaitu sebesar 33 *job*.

Kata Kunci: Penjadwalan Produksi, *Short Processing Time (SPT)*, Utilitas, *Work in Process (WIP)*



Halaman ini sengaja dikosongkan

SUMMARY

Bryan Ramadhan Saputra, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, November 2018, *Production Scheduling in Stamping Press Process to Minimize Work in Process (WIP)*, Academic supervisor: Ceria Farela Mada Tantrika.

PT. Rimba Kencana is a manufacturing company produce for the body of vehicles. One of the main products produced by PT. Rimba Kencana is a bus seat. In carrying out its production, one of the production lines at PT. Rimba Kencana is a stamping press production line. One of the problem found in this line is the imbalance between the number of operators and the number of machines, where 7 operator operate 20 machines, causing some machines to be idle. In that line, there is a large Work in Process (WIP), which is 46 parts out of a 67 parts, because the current scheduling system uses EDD rules which are deemed inappropriate. This can harm the company because it can disrupt the production process.

In this study, calculate the operators utility based on the result schedulling can be used to identify the number of operators. This results in the number of operators with a comparison of the operators utility value for each additional of operators. Then to improve the production scheduling, heuristic Short Processing Time (SPT) rules is used to minimize mean flow time. By minimizing mean flow time (\bar{F}), it will be able to minimize the existing WIP. The scheduling carried out in this study is the scheduling part production according to product output on the stamping press production line. Production scheduling with SPT rules use an algorithm made on several additional rules. In this study, scheduling is carried out twice, scheduling based on the current number of operators and scheduling based on the number of operators as targeted. Both scheduling are arranged based on algorithms and the results are sequences of scheduling operations, mean flow time, WIP value, and presentation in the form of a gantt chart.

The results of the study show that for the number of operators as targeted should be improved to 10 operators. Based on the results of operators utility, the utility value with 10 operators it has 70% smaller than the utility value with 7 operators by 98%. In addition, the production output produced is also increased by 12,600 parts. Therefore the placement of 10 operators was considered optimal for handling 20 machines on the stamping press production line. Then for production scheduling, the comparison between production scheduling based on 7 operators and based on 10 operators are established. From the two scheduling results, the scheduling of 7 operators still occurs a delay in production compared to the scheduling of 10 operators with no delay in production. Then from scheduling 7 operators to scheduling 10 operators, the average value of waiting time is decreased by 42.15%, but the average value of processing time is increased by 0.35%. Mean flow time from scheduling 7 operators is 1742.42 minutes, which fell 9.31% in scheduling 10 operators with mean flow time of 1580.12 minutes. The average WIP of a company which 46 parts or jobs decreases when it is improved by the SPT rules, the scheduling 7 operators has a WIP 35 job and scheduling 10 operators has a WIP of 33 jobs.

Keywords: Production Scheduling, Short Processing Time (SPT), Utility, Work in Process (WIP)



Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN
PENJADWALAN PRODUKSI PADA PROSES *STAMPING PRESS*
UNTUK MEMINIMASI *WORK IN PROCESS (WIP)*

SKRIPSI
TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



BRYAN RAMADHAN SAPUTRA
NIM. 145060700111040

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 27 Desember 2018

Dosen Pembimbing

Ceria Farel Mada Tantrika, ST., MT.
NIP. 19840426 200812 2 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri

Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19741115 200604 1 002



BAB I PENDAHULUAN

Sebelum melaksanakan penelitian, pada bab ini perlu ditentukan dasar pelaksanaan penelitian terlebih dahulu. Beberapa hal pokok mengenai penelitian, yaitu latar belakang masalah, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan masalah, asumsi, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian.

1.1 Latar Belakang

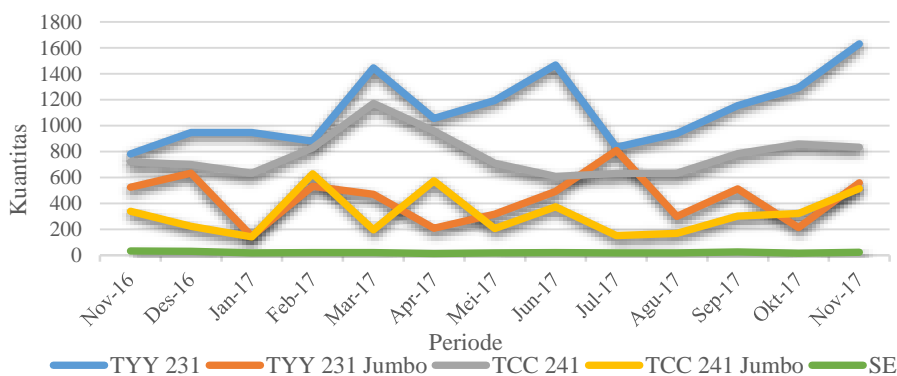
Perkembangan industri karoseri di Indonesia saat ini terbilang cukup besar, dimana hampir setiap tahunnya terus mengalami perkembangan baik dari segi jenis, model, kualitas, maupun harga. Hal tersebut juga mendasari setiap industri karoseri untuk beradaptasi akan keinginan pasar, dimana hal tersebut seiring dengan meningkatnya permintaan pasar dan juga bertambahnya jumlah dan kebutuhan penduduk. Persaingan yang semakin kompetitif, dimana ditandai dengan munculnya banyak pesaing baru yang bergerak dalam bidang karoseri, telah mendorong perkembangan industri tersebut menjadi semakin terbuka dan bersaing ketat satu dengan yang lain. Perusahaan sebisa mungkin memberikan hasil produksi terbaik untuk meningkatkan kepuasan konsumen dengan menghasilkan produk yang berkualitas.

Salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang karoseri ialah PT. Rimba Kencana. PT. Rimba Kencana merupakan perusahaan manufaktur yang awalnya bergerak dalam memproduksi *part-part* untuk memenuhi kebutuhan karoseri mobil roda empat, seperti: *seat recliner*, *seat slider*, kunci kaca. Lalu perusahaan manufaktur ini memperluas jenis barang produksinya dengan memproduksi *part-part* untuk bis, antara lain: bangku bis, *sunroof*, *electric bus mirror*, *bus interior lamp*, *recliner* untuk bis, kunci bagasi. PT. Rimba Kencana menjalankan bisnisnya sesuai dengan pesanan (*order*) yang dilakukan oleh beberapa perusahaan otobus, dimana dengan kata lain perusahaan ini menggunakan strategi produksi *Make to Order*. Strategi tersebut menyebabkan perusahaan perusahaan menerima *job* dengan proses produksi yang berbeda-beda untuk setiap produknya, tak terkecuali variannya.

Sebagai sebuah industri karoseri, PT. Rimba Kencana sudah cukup terkenal di kalangan industri karoseri dengan menjadi salah satu pemasok untuk kursi bus dan *sparepart* bus yang dikirim ke berbagai wilayah di Indonesia. Salah satu aspek agar perusahaan mampu mengikuti kondisi tersebut ialah dengan meningkatkan produktivitas dalam segi

penjadwalan produksinya. Penjadwalan produksi merupakan suatu metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan pertanyaan, seperti produk apa yang akan diproduksi, berapa banyak produk tersebut diproduksi, dan bagaimana alokasi sumber daya yang dimiliki untuk melakukan pekerjaan yang dibutuhkan dalam proses produksi tersebut (Baker, 1974). Sehingga tidak jarang penjadwalan produksi yang telah dibuat oleh perusahaan terdapat beberapa hambatan yang disebabkan adanya keterbatasan, seperti alokasi pemilihan sumber daya dan perencanaan kapasitas yang kurang baik.

Pada PT. Rimba Kencana, produk yang dihasilkan sangat bervariasi tergantung dari permintaan pelanggan. Salah satu produk PT. Rimba Kencana yang sangat diminati oleh pelanggan adalah kursi bis. Kursi bis yang dihasilkan oleh PT. Rimba Kencana pun juga bervariasi tergantung dari permintaan pelanggan. Namun secara keseluruhan PT. Rimba Kencana membagi kursi bus ke dalam tiga model, yaitu kursi bus model 2-3 (TYY 231 & TYY 231 Jumbo), model 2-2 (TCC 241 & TCC 241 Jumbo), dan model 2-1 (SE). Gambar 1.1 menunjukkan grafik jumlah data permintaan akan kursi bus di PT. Rimba Kencana pada November 2016 hingga November 2017.



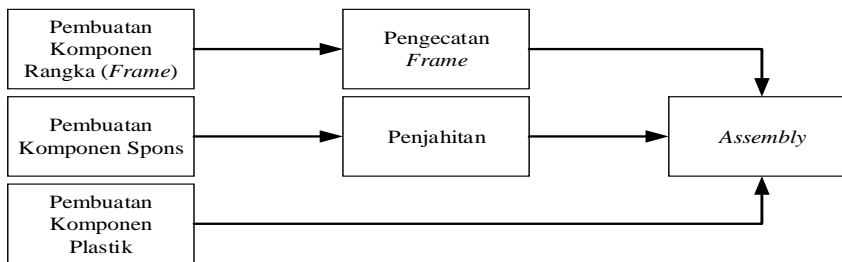
Gambar 1.1 Grafik jumlah permintaan kursi bus PT. Rimba Kencana bulan November 2016 sampai November 2017

Sumber: PT. Rimba Kencana

Dari Gambar 1.1 dapat diketahui bahwa permintaan akan produk kursi bis yang dihasilkan oleh PT. Rimba Kencana tidak menentu atau fluktuatif setiap bulannya. Hal ini mengakibatkan proses produksi yang dilakukan oleh PT. Rimba Kencana haruslah efektif dan optimal agar tidak terjadi keterlambatan dalam menyelesaikan pesanan. Selain itu, dampak yang diterima oleh perusahaan ialah menumpuknya pekerjaan yang menumpuk di lini produksi sehingga terjadi penolakan pada pesanan yang diterima dan menyebabkan kerugian.

Dalam melakukan proses produksinya, PT. Rimba Kencana didukung oleh fasilitas produksi yang mutakhir berupa mesin-mesin untuk menunjang proses produksi. Untuk

membuat suatu kursi bus dari kelima produk tersebut diperlukan beberapa tahapan proses sebagai berikut.



Gambar 1.2 Aliran proses produksi kursi bus PT. Rimba Kencana
Sumber: PT. Rimba Kencana

Pada Gambar 1.2 dapat diketahui bahwa aliran produksi pada awalnya ialah dengan membuat komponen rangka (*frame*). Lini produksi ini menggunakan mesin *stamping press* sehingga dapat disebut juga dengan lini produksi *stamping press* dimana untuk menghasilkan rangka atau *part* yang diinginkan. Pada lini ini terdapat beberapa permasalahan diantaranya mengenai penjadwalan produksi dan tidak seimbangnya beban kerja berdasarkan jumlah operator yang digunakan belum sesuai target. Ketika pada lini *stamping press* ini masih terdapat berbagai macam permasalahan maka hal tersebut akan menghambat produksi kursi sampai ke proses-proses selanjutnya. Menurut Hilman (2005), *stamping press* ini digunakan untuk merubah dari *raw material* menjadi bentuk profil tertentu sesuai dengan desain dengan cara menekan material tersebut. *Raw material* yang digunakan dalam proses *stamping* ini ialah material yang biasanya berupa *plate*. Pada lini ini, aliran produksinya menggunakan aliran *job shop*. Aliran *job shop* memiliki aliran yang kompleks dikarenakan banyak variasi produk dengan pola aliran yang berbeda-beda melalui pusat kerja. Pada lini *stamping press* ini di perusahaan ini menggunakan tenaga manusia dan mesin untuk mengerjakan berbagai *part*.

Tabel 1.1

Jumlah Mesin dan Operator pada Lini Produksi *Stamping Press* PT. Rimba Kencana

Mesin <i>Stamping Press</i>		Jumlah Operator
Jenis	Jumlah Mesin	
A	1	7
B	1	
C	2	
D	3	
E	1	
F	2	
G	2	
H	5	
I	3	
Total	20 Mesin	

Sumber: PT. Rimba Kencana

Tabel 1.1 menunjukkan 20 mesin *stamping press* dan tujuh orang operator yang ada pada lini produksi *stamping press*. Operator yang ada pada lini produksi ini fleksibel dalam mengerjakan produk dimana mereka dapat berpindah-pindah dari mesin satu ke mesin yang lainnya atau bekerja secara paralel karena mereka dapat menguasai semua mesin *stamping press* tersebut atau dengan kata lain operator tersebut *available*. Akan tetapi ketika tiap operator mengendalikan tiap satu mesin maka akan ada 13 mesin *stamping press* yang *idle* dikarenakan mesin ini merupakan mesin manual dimana dibutuhkan tenaga manusia untuk menjalankannya. Beban kerja yang didapat oleh ketujuh operator ini cukup besar karena rata-rata utilitas tiap operatornya ialah 98% dimana jauh dari harapan perusahaan yang menginginkan utilitas untuk operator antara 65%-75%. Hal ini dikarenakan tidak seimbangnya antara jumlah operator dan mesin yang digunakan saat ini pada lini tersebut sehingga ketika terjadi penambahan operator nantinya maka utilitas operator akan menurun. Sistem manusia dan mesin yang baik ialah ketika kombinasi antara satu atau beberapa mesin dimana salah satunya saling berinteraksi untuk menghasilkan produktivitas dan biaya permesinan seminimal mungkin, sehingga dapat dicapai tingkat produksi yang optimal untuk memenuhi target dalam produksi (Wignjosoebroto, 1995). Dalam prosesnya, setiap *part* yang diproses pada lini ini tidak menggunakan keseluruhan mesin dimana menerapkan aliran *job shop* sehingga *part-part* hanya diproses pada mesin sesuai dengan kebutuhannya

Tabel 1.2
Jenis Part dan Aliran Proses pada Produk TYY 231

No	Nama Barang	Nama Part	Proses	Jenis Matras	Jenis Mesin	Waktu Setting Matras (Menit)	Waktu Produksi (Detik)	Jumlah part per Bangku
1	KAKI 2	Kaki 2.1	potong & lubang	1	D	45	13,1	2
		Kaki 2.2	potong & lubang	2	D	45	13,1	2
		Kaki 2.3	potong	3	C	39	15,2	2
			bentuk	5	C	39	13,1	
			potong 1	11	H	15	12,4	
			potong 2	12	G	18,5	13,8	
2	FRAME BAWAH TYY 1	Frame Bawah TYY 1.1	bentuk 1	13	B	45	17,1	2
			bentuk 2	14	C	39	15,2	
			lubang	15	F	20	21	
3	FRAME BAWAH TYY 2	Frame Bawah TYY 2.1	bentuk 1	13	B	45	17,1	2
			bentuk 2	14	C	39	15,2	
			lubang	15	F	20	21	

Sumber: PT. Rimba Kencana

Tabel 1.2 menunjukkan beberapa contoh jenis *part* penyusun dan aliran proses produk TYY 231 pada lini produksi stamping *press*. Ketika operator ingin mengerjakan *part frame* bawah TYY 2.1 proses bentuk 2 *part* pada mesin C tersebut akan mengalami antrian dikarenakan pada *part* lain sebelumnya juga menggunakan matras dan mesin yang sama yaitu *part frame* bawah TYY 1.1 proses bentuk 2. Meskipun waktu kerja cepat, akan tetapi jumlah *part* yang mengantri untuk diproses cukup banyak dimana hal ini akan mengakibatkan *bottleneck*. Selain itu pergantian matras juga akan mengakibatkan semakin menumpuknya antrian dikarenakan waktu yang cukup lama sehingga perlu dicari yang optimal agar mesin dapat dimanfaatkan lebih baik untuk menyelesaikan semua *job*. Hal ini akan mengakibatkan beberapa *part* memiliki nilai *flow time* cukup tinggi. *Flow time* merupakan jangka waktu dimana suatu tugas mulai siap untuk diproses sampai dengan selesai diproses (Daihani, 2001). Nilai *flow time* yang tinggi akan mengakibatkan nilai *Work in Process* (WIP) bahan baku yang akan diproses juga akan tinggi. Menurut Gaspersz (2005), *Work in Process* merupakan material yang telah memasuki proses produksi tetapi belum menjadi produk jadi. *Work in Process* juga dapat merugikan perusahaan karena dapat mengganggu jalannya produksi. Tabel 1.3 menjelaskan hasil observasi *bottleneck* pada mesin stamping *press*.

Tabel 1.3

Data *Bottleneck* pada Mesin Stamping Press PT. Rimba Kencana

No	Nama Part	Tanggal Keterlambatan	<i>Bottleneck</i> (Hari)	Penyebab
1	L. Frame TYY 2	27 Januari 2018	5	Stok bahan baku tidak tersedia dan antrian pada mesin
2	Frame Bawah TCC Jumbo 1	15 Februari 2018	10	Antrian pada seluruh mesin C
3	Frame bawah TCC 2	28 Februari 2018	8	Bahan baku belum dipotong dan antrian pada mesin
4	Kaki 1	6 Maret 2018	19	Antrian pada salah satu sisi Kaki 1.3
5	Pembatas Tuas TCC & TYY Jumbo	10 Maret 2018	3	Antrian pada mesin E

Sumber: PT. Rimba Kencana 2018

Masalah yang terjadi di PT. Rimba Kencana adalah mengenai perbaikan penjadwalan. Pada Tabel 1.3 menunjukkan masih adanya *bottleneck* dalam proses produksi yang menyebabkan aliran dari proses produksi berjalan kurang baik dan optimal. *Bottleneck* disini juga dapat disebut dengan *waiting time*. Hal tersebut ditandai dengan adanya beberapa *part* seperti *Frame Bawah TCC Jumbo 1* mengalami keterlambatan produksi hingga 10 hari. Nilai

WIP yang cukup tinggi diakibatkan dari antrian pada seluruh mesin yang lama dan juga penjadwalan yang digunakan kurang tepat. Penjadwalan produksi yang dilakukan PT. Rimba Kencana saat ini hanya mengandalkan aturan *Earliest Due Date* (EDD). Menurut Nasution (2005), EDD merupakan prioritas diberikan kepada pekerjaan-pekerjaan yang mempunyai tanggal batas waktu penyelesaian *due date* paling awal. Perusahaan menggunakan EDD untuk mengurutkan permintaan yang akan dijadwalkan karena disesuaikan dengan jadwal karoseri yang berlaku. Untuk lini produksi *stamping press* sendiri menggunakan strategi produksi *Make to Stock* (MTS) jadi perusahaan menyediakan *stock part*, ketika ada pemesanan oleh konsumen pihak perusahaan hanya membuat *stock* yang kurang dari setiap *part* sesuai dengan pesanan. Lalu untuk melakukan penjadwalan produksi untuk tiap *part* pihak perusahaan hanya melakukan *check list* data aktual *part* yang diproduksi untuk pengecekan penjadwalan mereka. Dalam melakukan penjadwalannya untuk perusahaan saat ini setelah dilakukan pengurutan pesanan pada periode tertentu sesuai dengan EDD lalu dikelompokkan perminggu untuk penjadwalan produksinya. Lalu segi penjadwalannya untuk memenuhi pesanan pada suatu minggu maka penjadwalan dilakukan satu minggu sebelumnya. Pada penelitian kali ini dilakukan untuk menjadwalkan produksi pada pesanan periode April 2018. Untuk nilai WIP penjadwalan produksi yang dilakukan di lini produksi *stamping press* PT. Rimba Kencana sebesar 46 *part* pada penjadwalan bulan April 2018. Nilai WIP tersebut cukup besar dari total jumlah *part* yaitu 67 *part* berdasarkan dari keseluruhan produk yang ada. Selain itu, ketika menggunakan aturan EDD pada perusahaan ini juga masih terdapat keterlambatan sebesar 4 *part* pada bulan April 2018. Beberapa permasalahan tersebut diakibatkan karena untuk tiap minggunya pasti terdapat *part-part* penyusun yang sama dimana akan dijadwalkan berulang-ulang tiap minggunya dan juga akan sering melakukan pergantian matras untuk memproduksi *part* yang sama tetapi dengan waktu yang berbeda.

Untuk memperbaiki kondisi penjadwalan produksi pada PT. Rimba Kencana sebelumnya yang dirasa kurang efektif dan efisien dimana dilakukan perminggu, maka pesanan digabung menjadi perbulan dimana tidak perlu adanya pengelompokkan pesanan pada bulan tersebut dan pesanan yang sejenis pada periode tersebut digabung untuk mengatasi penumpukan WIP. Lalu untuk penjadwalan produksi tersebut dilakukan satu bulan sebelum periode pesanan dimana untuk permasalahan kali ini dalam memenuhi pesanan bulan April 2018 maka penjadwalan produksi dilakukan pada bulan Maret 2018. Penjadwalan produksi *part* yang nantinya digunakan ialah dengan menerapkan aturan *Shortest Processing Time* (SPT) secara *heuristic*. Menurut Adam & Elbert (1999), SPT dijadwalkan dengan

mengurutkan *job* berdasarkan pada lamanya proses tiap *job*. Selain itu tujuan utama SPT untuk meminimasi nilai *mean flow time* sehingga nilai *work in process* (WIP) juga akan kecil. Dalam penjadwalan ini nantinya dilakukan dua kali yang pertama penjadwalan dengan menggunakan jumlah operator saat ini atau sesuai dengan perusahaan dan yang kedua ialah penjadwalan dengan menggunakan jumlah operator yang sesuai target. Hal tersebut digunakan untuk membandingkan apakah nilai *mean flow time* juga akan menurun dan *output* produksi bertambah.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka permasalahan yang dapat diidentifikasi sebagai berikut.

1. Beban kerja operator yang tidak sesuai target dikarenakan adanya mesin yang *idle* pada lini produksi *stamping press* sehingga utilitas operator tinggi
2. Penjadwalan produksi yang dilakukan oleh perusahaan pada lini produksi *stamping press* saat ini memiliki nilai *Work in Process* (WIP) *part* yang cukup besar pada penjadwalan bulan April 2018.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang beserta identifikasi masalah diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kombinasi urutan *job* dan nilai *mean flow time* menggunakan aturan *Shortest Processing Time* (SPT) di PT. Rimba Kencana?
2. Bagaimana rekomendasi jumlah operator yang digunakan agar sesuai target pada lini produksi *stamping press* PT. Rimba Kencana dengan meminimasi utilitas operator?
3. Bagaimana kombinasi urutan *job* dan nilai *mean flow time* menggunakan aturan *Shortest Processing Time* (SPT) di PT. Rimba Kencana dengan jumlah operator sesuai target?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah dibuat, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Membuat kombinasi urutan *job* dan melakukan perbandingan hasil nilai *mean flow time* menggunakan aturan prioritas *Shortest Processing Time* (SPT) dengan jumlah operator saat ini.

2. Menyusun rekomendasi perbaikan dalam hal jumlah operator yang digunakan agar sesuai target pada lini produksi *stamping press* PT. Rimba Kencana dengan meminimasi utilitas operator.
3. Membuat kombinasi urutan job dan melakukan perbandingan hasil nilai *mean flow time* menggunakan aturan prioritas *Shortest Processing Time* (SPT) dengan jumlah operator yang sesuai target.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, maka manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Perusahaan dapat mempertimbangkan kebijakan dan keputusan dalam pemenuhan kebutuhan jumlah operator agar sesuai target.
2. Meminimasi *Work in Process* (WIP) yang ada.
3. Dapat memaksimalkan output produksi.
4. Sebagai sarana informasi maupun bahan pertimbangan bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan masalah penjadwalan produksi.

1.6 Batasan Penelitian

Agar permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini lebih terfokus, maka diperlukan adanya batasan dalam penelitian. Batasan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Produk akhir yang diperhitungkan adalah kursi jenis 2-3 (TYY 231 & TYY 231 Jumbo), model 2-2 (TCC 241 & TCC 241 Jumbo), dan model 2-1 (SE).
2. Pesanan yang dijadwalkan adalah pesanan yang terjadi pada bulan April 2018.

1.7 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tidak ada *job* yang disisipkan pada periode penjadwalan.
2. Tidak ada perbaikan atau perawatan mesin pada periode penjadwalan.
3. Operator bekerja dalam keadaan normal.
4. *Ready Time* saat melakukan penjadwalan ialah waktu ke-0.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan diuraikan mengenai landasan teori sebagai acuan yang akan digunakan dalam menyelesaikan permasalahan penelitian. Tinjauan pustaka digunakan sebagai pedoman agar pelaksanaan penelitian dapat terfokus pada tujuan yang diinginkan.

2.1 Penelitian Terdahulu

Dasar yang digunakan untuk penelitian terdahulu adalah penelitian yang berkaitan dengan metode dan kendala yang terjadi dalam sistem. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan disini ialah berhubungan dengan penjadwalan produksi yang diantaranya pada Tabel 2.1 adalah:

Tabel 2.1
Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Saat Ini

Peneliti	Setiawan (2014)	Santoso, dkk (2012)	Anna (2012)	Penelitian yang dilakukan
Objek Penelitian	PT. Dirgantara Indonesia	PT. XYZ	UD. X	PT. Rimba Kencana
Permasalahan	Belum optimalnya penjadwalan dimana masih besarnya nilai <i>flow time</i> dan biaya pengiriman yang dikeluarkan	Sistem penjadwalan FIFO sebelumnya yang kurang optimal sehingga nilai <i>makespan</i> yang cukup besar	Perusahaan memiliki nilai waktu alir yang cukup besar sehingga melakukan lembur dan subkontrak untuk menyelesaikan produksi	Perusahaan memiliki nilai <i>Work in Process</i> yang cukup besar pada lini produksi <i>stamping press</i> yang diakibatkan oleh penjadwalan yang belum optimal
Metode	Aturan <i>Shortest Processing Time</i> dan <i>Genetic Algorithm</i>	Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	Aturan <i>Shortest Processing Time</i>	Aturan <i>progreest Processing Time</i>
Hasil Penelitian	Metode SPT nilai rata-rata <i>flow time</i> yang lebih kecil dibandingkan metode GA dikarenakan kurangnya jumlah iterasi dan penentuan parameter pada metode GA	Hasil dari algoritma <i>Simulated Annealing</i> untuk penjadwalan produksi pada PT XYZ dapat menghemat lebih dari 300 menit untuk tiap 15 <i>job</i>	Dengan menggunakan metode <i>Shortest Processing Time</i> maka didapatkan waktu untuk menyelesaikan satu kursi adalah 226,26 menit	Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah terjadinya nilai <i>flow time</i> turun sehingga nilai WIP pada lini produksi juga berkurang, dan juga dapat menghasilkan output produksi yang optimal



2.2 Utilitas

Utilisasi adalah pecahan yang menggambarkan presentase *clock time* yang tersedia dalam pusat kerja yang secara aktual digunakan untuk produksi berdasarkan berdasarkan data pengalaman periode sebelumnya. Utilisasi dapat ditentukan untuk mesin atau tenaga kerja atau keduanya, tergantung mana yang lebih cocok untuk situasi dan kondisi aktual perusahaan. Angka utilisasi yang dicapai merupakan *range* dari nilai 0%-100% atau 0-1,0. Berikut merupakan formula untuk menghitung utilisasi (Gaspersz, 2005).

$$\text{Utilitas} = \frac{\text{Jam Aktual yang digunakan untuk produksi}}{\text{Jam yang tersedia menurut jadwal}} \times 100\% \quad (2-1)$$

2.3 Penjadwalan

Penjadwalan adalah aktivitas perencanaan untuk menentukan kapan dan dimana setiap operasi sebagai bagian dari pekerjaan secara keseluruhan harus dilakukan pada sumber daya yang terbatas. Menurut Baker (1974), penjadwalan adalah proses untuk melakukan tugas dengan menggunakan sumber-sumber yang tersedia pada waktu yang telah ditetapkan. Menurut Stevenson (1999) penjadwalan adalah membangun penentuan waktu penggunaan dari peralatan, fasilitas dan aktivitas manusia dalam suatu organisasi. Menurut Pinedo (2002) penjadwalan adalah proses pengambilan keputusan yang memegang peranan yang penting dalam manufaktur dan sistem produksi. Dengan kata lain, penjadwalan dapat diartikan suatu kegiatan perancangan berupa pengalokasian sumber daya baik mesin maupun tenaga kerja untuk menjalankan sekumpulan tugas sesuai prosesnya dalam jangka waktu tertentu.

Penjadwalan mempunyai beberapa elemen-elemen penting yang harus diperhatikan seperti *job*, operasi, mesin serta hubungan yang terjadi diantaranya:

1. *Job*

Job dapat diartikan 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* dilakukan didalamnya, saat harus diselesaikan dan saat *job* mulai dikerjakan.

2. Operasi

Operasi adalah himpunan bagian 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. Setiap operasi mempunyai waktu proses, waktu proses (t_{ij}) adalah waktu pengerjaan yang diperlukan untuk melakukan operasi tersebut. Waktu proses operasi untuk suatu *job* biasanya telah diketahui sebelumnya dan mempunyai nilai tertentu.

3. Mesin

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

2.3.1 Tujuan Penjadwalan

Dalam melakukan penjadwalan perlu diketahui terlebih dahulu tujuan penjadwalan, baik yang dapat menguntungkan bagi konsumen dan juga bagi perusahaan industri. Salah satu tujuan penjadwalan adalah untuk meminimalkan waktu proses, waktu tunggu langganan dan tingkat persediaan, serta penggunaan yang efisien dari fasilitas, tenaga kerja (Sofyan, 2013). Beberapa tujuan dari aktivitas penjadwalan yaitu sebagai berikut (Bedworth, 1987).

1. Meningkatkan penggunaan sumberdaya atau mengurangi waktu tunggu, sehingga total waktu proses dapat berkurang, dan produktivitas dapat meningkat.
2. Mengurangi persediaan barang setengah jadi atau mengurangi sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumberdaya yang ada masih mengerjakan tugas lain.
3. Mengurangi beberapa keterlambatan pada pekerjaan yang memiliki batas waktu penyelesaian sehingga meminimisasi *penalty cost* atau biaya keterlambatan.
4. Membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan sehingga penambahan biaya yang mahal dapat dihindarkan.

2.3.2 Definisi dan Notasi dalam Penjadwalan

Sebelum membahas teori yang berkenaan dengan penjadwalan yang akan dikerjakan pada mesin-mesin yang ada dalam sistem produksi, terlebih dahulu diberikan pengertian dari beberapa definisi yang digunakan dalam penjadwalan (Ginting, 2007).

1. *Processing Time* (t_i)

Adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan suatu pekerjaan. Dalam waktu proses ini sudah termasuk waktu yang dibutuhkan untuk persiapan dan pengaturan (*set-up*) selama proses berlangsung.

2. *Due Date* (d_i)

Adalah batas waktu dimana operasi terakhir dari suatu pekerjaan harus selesai. Batas waktu yang ditentukan untuk tugas yang telah lewat, yang akan dinyatakan dengan terlambat. Diasumsikan bahwa akan diberikan denda bila terlambat. *Due date* dinyatakan dengan d_i .

3. *Slack Time* (SL_i)

Adalah waktu tersisa yang muncul akibat dari waktu prosesnya lebih kecil dari *due date* nya.

$$SL_i = d_i - t_i \quad (2-2)$$

Sumber: Ginting (2007)

4. *Flow Time* (F_i)

Flow time, rentang waktu antara satu titik dimana tugas tersedia untuk diproses dengan suatu titik ketika tugas tersebut selesai. Jadi, *flow time* sama dengan *processing time* dijumlahkan dengan waktu ketika tugas menunggu sebelum diproses. *Flow time* dinyatakan dengan F_i .

$$F_i = C_i - r_i \quad (2-3)$$

Sumber: Ginting (2007)

$$F_i = t_i + W_i \quad (2-4)$$

Sumber: Ginting (2007)

Keterangan:

C_i = Waktu penyelesaian (*completion time*)

r_i = Waktu kesiapan untuk memproses pekerjaan i (*release date*)

W_i = *Waiting time* pekerjaan i

5. *Completion Time* (C_i)

Adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan mulai dari saat tersedianya pekerjaan ($t=0$) sampai pada pekerjaan tersebut selesai dikerjakan.

$$C_i = F_i + r_i \quad (2-5)$$

Sumber: Ginting (2007)

6. *Lateness* (L_i)

Adalah selisih antara *completion time* (C_i) dengan *due date* nya (d_i). Suatu pekerjaan memiliki *lateness* yang bernilai positif apabila pekerjaan tersebut diselesaikan setelah *due date*. Pekerjaan tersebut akan memiliki keterlambatan yang negatif. Sebaliknya jika pekerjaan diselesaikan setelah batas waktunya, pekerjaan tersebut memiliki keterlambatan yang positif.

$$L_i = C_i - d_i, \quad (2-6)$$

$L_i \leq 0$, saat penyelesaian memenuhi batas waktu

$L_i > 0$, saat penyelesaian melebihi batas waktu

Sumber: Ginting (2007)

7. *Tardiness* (T_i)

Adalah ukuran waktu terlambat yang bernilai positif jika suatu pekerjaan dapat diselesaikan lebih cepat dari *due date*, pekerjaan tersebut akan memiliki keterlambatan yang negatif. Sebaliknya jika pekerjaan diselesaikan setelah batas waktunya, pekerjaan tersebut memiliki keterlambatan positif. *Tardiness* dinyatakan dengan T_i , dimana T_i adalah maksimum dari $\{0, L_i\}$.

8. *Maskepan* (M)

Adalah total waktu penyelesaian pekerjaan-pekerjaan mulai dari urutan pertama yang dikerjakan pada mesin atau *work center* pertama sampai kepada urutan pekerjaan terakhir pada mesin atau *work center* terakhir.

$$M = \sum_{i=1}^{n+1} s_{[i-1],[i]} + \sum_{i=1}^n t_i \quad (2-7)$$

Sumber: Ginting (2007)

9. *Heuristic*

Prosedur penyelesaian suatu masalah atau aturan ibu jari (*rule of thumb*) yang ditunjukkan untuk memproduksi hasil yang baik tetapi tidak menjamin hasil yang optimal.

2.4 *Input dan Output dalam Penjadwalan*

Dalam melakukan penjadwalan, semua aspek yang berkaitan tentang penjadwalan sangat berpengaruh dalam menunjang hasil yang optimal. Hal-hal tersebut dimulai dari awal persiapan penjadwalan sampai ke hasil yang didapat. Oleh karena itu, perlunya pemahaman tentang *input* penjadwalan dan *output* penjadwalan agar penjadwalan yang dikerjakan lebih maksimal.

2.4.1 *Input Penjadwalan*

Pekerjaan-pekerjaan yang merupakan alokasi kapasitas untuk setiap pesanan, penugasan prioritas *job*, dan pengendalian jadwal produksi membutuhkan informasi terperinci, dimana informasi-informasi tersebut akan menyatakan input dari sistem penjadwalan. Kebutuhan-kebutuhan kapasitas dari setiap pesanan yang dijadwalkan dalam hal jumlah dan macam sumber daya yang digunakan. Untuk produk-produk tertentu,

informasi ini bisa diperoleh dari lembar kerja operasi dan *Bill of Material* (BOM). Kualitas dari keputusan-keputusan penjadwalan sangat dipengaruhi oleh ketetapan estimasi input-input tersebut. Oleh karena itu, pemeliharaan catatan terbaru tentang status tenaga kerja dan peralatan yang tersedia, dan perubahan kebutuhan kapasitas yang diakibatkan perubahan desain produk/proses menjadi sangat penting.

2.4.2 Output Penjadwalan

Untuk memastikan bahwa suatu aliran kerja yang lancar akan melalui tahapan produksi, maka sistem penjadwalan harus membentuk aktivitas-aktivitas *output* sebagai berikut (Ginting, 2007).

1. Pembebanan (*loading*)

Pembebanan melibatkan penyesuaian kebutuhan kapasitas untuk order- order yang diterima/diperkirakan dengan kapasitas yang tersedia. Pembebanan dilakukan dengan menugaskan order-order fasilitas-fasilitas, operator-operator, dan peralatan tertentu.

2. Pengurutan (*sequencing*)

Pengurutan merupakan penugasan tentang order-order mana yang diprioritaskan untuk diproses dahulu bila suatu fasilitas harus memproses banyak *job*.

3. Prioritas *Job* (*dispatching*)

Dispatching merupakan prioritas kerja tentang job-job mana yang diseleksi dan diprioritaskan untuk diproses.

4. *Updating Schedules*

Pelaksanaan jadwal biasanya selalu ada masalah baru yang berbeda dari saat pembuatan jadwal, maka jadwal harus segera di-update bila ada permasalahan baru yang memang perlu diakomodasi.

5. Pengendalian Kinerja Penjadwalan

Pengendalian kinerja penjadwalan dilakukan dengan:

- a. Meninjau kembali status setiap pesanan pada saat melalui sistem tertentu.
- b. Mengatur kembali urutan-urutan, misalnya *expediting order-order* yang jauh dibelakang atau mempunyai prioritas utama.

6. *Up-dating* Jadwal

Up-dating jadwal dilakukan sebagai refleksi kondisi operasi yang terjadi dengan merevisi prioritas-prioritas.

2.5 Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi secara umum didefinisikan sebagai penetapan waktu dari penggunaan peralatan, fasilitas, dan aktivitas manusia dalam sebuah organisasi (Adam dan Elbert, 1992). Penjadwalan produksi mencakup tahapan *loading*, *sequencing*, dan *detailed scheduling*. Pada tahap *loading*, setiap *job* ditentukan prosesnya, kemudian beban (*load*) setiap mesin ditentukan melalui pekerjaan yang harus diproses, dan ditentukan urutan pengerjaan *job* yang dikenal dengan sebutan *sequencing*. Dari urutan tersebut diatur waktu mulai dan selesainya pekerjaan melalui penjadwalan secara mendetail.

Salah satu penerapan penjadwalan adalah pada mesin, penjadwalan mesin merupakan pengurutan pembuatan atau pengerjaan produk secara menyeluruh yang dikerjakan pada beberapa buah mesin. Dengan demikian masalah antrian senantiasa melibatkan pengerjaan sejumlah komponen yang sering disebut dengan istilah *job* (pekerjaan). *Job* sendiri masih merupakan komposisi dari sejumlah elemen-elemen dasar yang disebut aktivitas atau operasi. Tiap aktivitas atau operasi ini membutuhkan alokasi sumber daya tertentu selama periode waktu tertentu yang sering disebut dengan waktu proses. Sebelum melakukan penjadwalan, terlebih dahulu harus diketahui hal-hal sebagai berikut.

1. Jumlah dan jenis pekerjaan yang harus diselesaikan selama periode tertentu
Jumlah dan jenis pekerjaan ini sangat tergantung pada rencana produksi yang disusun, serta negosiasi antara perusahaan dengan pelanggan.
2. Perkiraan waktu penyelesaian suatu pekerjaan atau *processing time*
Perkiraan waktu penyelesaian pekerjaan ini merupakan masukan yang sangat penting dalam proses penjadwalan pekerjaan. Perkiraan waktu penyelesaian suatu pekerjaan seringkali digunakan untuk menentukan prioritas pekerjaan yang dikerjakan terlebih dahulu. Sumber perkiraan dapat berupa data waktu baku yang dimiliki perusahaan atau estimasi *supervisor* berdasarkan pengalaman.
3. Batas waktu atau *due date* penyelesaian pekerjaan
Batas waktu selesainya suatu pekerjaan penting diketahui untuk memperkirakan keterlambatan yang mungkin terjadi. Besaran ini menjadi penting terutama untuk mengantisipasi denda/*penalty* yang mungkin timbul akibat keterlambatan pengiriman.
4. Tujuan Penjadwalan
Tujuan penjadwalan perlu diketahui terlebih dahulu agar pemilihan teknik penjadwalan dapat dilakukan dengan sebaik-baiknya.

5. Situasi pekerjaan yang dihadapi

Terdapat beberapa situasi yang dihadapi, yaitu penjadwalan pekerjaan di satu prosesor, penjadwalan pekerjaan di beberapa prosesor seri, penjadwalan pekerjaan di beberapa prosesor paralel, atau penjadwalan pekerjaan di fasilitas produksi.

2.5.1 Jenis Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi menurut Pinedo dan Chao (1999) dibagi menjadi beberapa kriteria, yaitu:

1. Berdasarkan mesin yang dipergunakan dalam proses:
 - a. Penjadwalan pada mesin tunggal (*single machine shop*)
 - b. Penjadwalan pada mesin jamak
2. Berdasarkan pola kedatangan *job*:
 - a. Penjadwalan statis
Pekerjaan datang bersamaan dan siap dikerjakan pada mesin yang sedang tidak beroperasi. Kondisi semua stasiun kerja dan perlengkapannya selalu tersedia pada saat itu.
 - b. Penjadwalan dinamis
Pekerjaan datang terus-menerus pada waktu yang berbeda-beda. Pendekatan yang sering digunakan pada penjadwalan ini adalah penggunaan aturan *dispatching* yang berbeda untuk setiap stasiun kerja.
3. Berdasarkan lingkungan penjadwalan:
 - a. *Flow Shop*
Tiap *job* atau pesanan memiliki rute pengerjaan (*routing*) yang sama. Aliran bias bersifat diskrit, kontinu, maupun semikontinu.
 - b. *Job Shop*
Setiap *job* atau pesanan memiliki rute pengerjaan yang berbeda-beda, sesuai permintaan konsumen (*complex routing*). Karena kompleksnya aliran, maka penjadwalan pun sangat kompleks. Aliran bersifat diskrit, dan *part* tidak bersifat multiguna (*part* yang mungkin menjadi WIP pada *job* yang satu tidak bisa digunakan pada *job* yang lain).
 - c. *Assembly Line*
Hampir serupa dengan *flow shop*, akan tetapi proses hanya meliputi bagian perakitan dengan volume yang tinggi dan karakteristik produk yang sedikit. Tidak ditemui *buffer inventory*, kecuali pada bagian awal lini perakitan

2.5.2 Penjadwalan *Job Shop*

Penjadwalan pada proses produksi tipe *job shop* lebih sulit dibandingkan dengan *flowshop* (Sofyan, 2013). Hal ini disebabkan oleh 3 alasan yaitu sebagai berikut.

1. *Job shop* menangani variasi produk yang sangat banyak dengan pola aliran yang berbeda-beda melalui pusat kerja.
2. Peralatan pada *job shop* digunakan secara bersama-sama oleh bermacam-macam *order* dalam prosesnya, sedangkan peralatan pada *flowshop* digunakan khusus hanya untuk satu jenis produk.
3. *Job* yang berbeda mungkin ditentukan oleh prioritas yang berbeda pula. Hal ini mengakibatkan *order* tertentu yang dipilih harus diproses seketika pada saat *order* tersebut ditugaskan pada pusat kerja. Sedangkan pada *flow shop* tidak terjadi permasalahan seperti diatas karena keseragaman *output* yang diproduksi untuk persediaan. Prioritas *order* pada *flow shop* dipengaruhi terutama pada pengirimannya dibandingkan tanggal pemrosesan.

Faktor-faktor tersebut menghasilkan sangat banyak kemungkinan kombinasi dari pembebanan atau *loading* dan urutan atau *sequencing*. Perhitungan dari identifikasi dan evaluasi jadwal-jadwal yang mungkin menjadi sangat sulit sehingga banyak perhatian diarahkan pada riset penjadwalan *job shop* (Nasution, 2005).

Penjadwalan secara *job shop* dapat dibagi atas 2 (dua model) penjadwalan yaitu sebagai berikut.

1. *Job shop Loading*

Pesanan pada suatu *job shop* dimana kegiatan pertama dari penjadwalan merupakan menugaskan pesanan tersebut kepada beberapa pusat-pusat kerja untuk diproses. Permasalahan *loading* menjadi lebih sederhana ketika suatu *job* tidak dapat dipisah. Meskipun hal ini sering terjadi, biasanya suatu industri sering dalam prakteknya melakukan pemisahan *job* dan menugaskan bagian-bagian terpisah dari *job* tersebut kepada pusat-pusat kerja yang berbeda untuk tujuan meningkatkan utilisasi sumber daya. Untuk permasalahan yang sederhana dimana kita mengasumsikan tidak ada pemisahan *job*, maka *shop loading* dapat dibuat dengan mudah menggunakan *Gantt Chart* dan metode penugasan. *Loading* dengan metode penugasan merupakan cara pembebanan pekerjaan untuk pekerjaan-pekerjaan yang tersedia dengan tujuan meminimasi total waktu kerja atau total biaya kerja yang dapat dilakukan dalam situasi yang lebih kompleks.

2. *Job Shop Sequencing*

Apabila beberapa pekerjaan telah ditugaskan atau *loading* pada pusat kerja tertentu maka langkah selanjutnya adalah menentukan urutan-urutan proses produksinya. Proses pemesanan merupakan hal yang penting karena mempengaruhi lamanya suatu pekerjaan diproses dalam sistem tertentu. Lainnya pekerjaan dalam proses ini mempengaruhi batas waktu janji pengiriman kepada konsumen. Beberapa aturan-aturan *sequencing* yang umum digunakan antara lain adalah:

- a. *First Come First Served* (FCFS), pekerjaan yang datang diproses sesuai dengan urutan pekerjaan yang datang terlebih dahulu
- b. *Earliest Due Date* (EDD), prioritas diberikan kepada pekerjaan-pekerjaan yang mempunyai tanggal batas waktu penyelesaian *due date* paling awal.
- c. *Shortest Processing Time* (SPT), pekerjaan dengan waktu proses terpendek diproses terlebih dahulu, demikian selanjutnya untuk pekerjaan yang waktu prosesnya terpendek kedua. Aturan SPT ini tidak memperdulikan *due date* maupun kedatangan pesanan baru.

2.6 Teknik *Priority Dispatching*

Salah satu strategi penjadwalan produksi yang baik ialah mampu mengetahui kendala atau *constraint* dari setiap operasi yang akan dijadwalkan. Hal tersebut perlu diperhatikan karena pada suatu permasalahan pastinya akan terdapat suatu operasi yang memiliki prioritas ketika terdapat batas tertentu. Teknik *priority dispatching* ini sangatlah membantu dalam melakukan penjadwalan produksi.

2.6.1 Definisi *Dispatching*

Menurut Kusuma (1999) *dispatching* adalah salah satu jenis metode pejadwalan dimana waktu siap dari setiap mesin ditentukan sedemikian rupa sehingga berurutan naik. Keputusan pemilihan produk yang akan diproses dapat dilakukan pada saat mesin siap menerima produk (mesin kosong).

Pada teknik *priority dispatching* ditentukan aturan prioritas untuk memilih satu operasi diantara operasi-operasi yang mengalami konflik pada mesin k pada setiap tahap. Aturan prioritas ini harus dapat menjamin agar tidak terjadi dua operasi atau lebih yang mempunyai skala prioritas yang sama. Untuk itu biasanya dipakai dua buah aturan prioritas yaitu aturan prioritas yang pertama dan aturan prioritas kedua.

2.6.2 Pemilihan Aturan Prioritas

Penjadwalan dengan pendekatan *heuristic* menggunakan aturan pengurutan atau *priority dispatching*, pada *priority dispatching* ditentukan aturan prioritasnya untuk memilih suatu operasi diantara operasi-operasi yang mengalami gangguan. Penentuan prioritas bergantung pada tujuan yang ingin dicapai. Beberapa aturan prioritas menurut Fogarty (1991), adalah:

1. *Random (R)*

Pemilihan operasi secara random artinya setiap pekerjaan yang akan dikerjakan diurutkan secara *random* (tiap *job* mempunyai kemungkinan yang sama untuk dipilih).

2. *Most Working Remaining (MWR)*

Prioritas tertinggi diberikan pada operasi dengan sisa waktu proses terlama. Aturan prioritas ini cocok digunakan untuk menghasilkan jadwal dengan *makespan* terpendek.

3. *Least Working Remaining (LWR)*

Prioritas tertinggi diberikan pada operasi dengan sisa waktu proses terpendek. Aturan ini biasanya meminimasi *flow time* rata-rata.

4. *Most Operation Remaining (MOR)*

Prioritas tertinggi diberikan pada operasi dengan *successor* terbanyak.

5. *Fewest Operation (FO)*

Prioritas tertinggi diberikan pada produk dengan sisa operasi paling sedikit. Aturan ini biasanya mengurangi WIP, waktu penyelesaian produk, dan rata-rata waktu keterlambatan.

6. *Shortest Processing Time (SPT)*

Prioritas tertinggi diberikan pada operasi dengan waktu proses terpendek, aturan ini biasanya meminimasi WIP, rata-rata keterlambatan (*mean lateness*) dan waktu penyelesaian rata-rata (*mean flow time*) produk.

7. *First Come First Serve (FCFS)*

Prioritas tertinggi diberikan pada operasi yang masuk lebih dahulu. Aturan ini untuk tipe organisasi dimana konsumen mementingkan waktu pelayanan.

8. *Earliest Due Date (EDD)*

Prioritas tertinggi diberikan pada produk dengan *due date* (batas waktu penyelesaian) terpendek. Aturan ini berjalan dengan baik bila waktu proses *job-job* relatif sama.

9. *Critical Ratio (CR)*

Urutkan *job* berdasarkan CR terkecil (mengurangi *lateness*)

$$CR = \frac{\text{Due date} - \text{Now}}{\text{Remaining lead time}} \quad (2-8)$$

Sumber: Fogarty (1991)

10. *Slack Time (ST)*

Merupakan variasi dari EDD. Aturan ini akan melibatkan selisih waktu proses dengan batas waktu yang sudah ditetapkan.

$$ST = \text{Remaining time} - \text{Setup} - \text{Run time} \quad (2-9)$$

Sumber: Fogarty (1991)

11. *Slack Per Remaining Operation (S/OPN)*

Merupakan variasi dari ST, urutkan *job* berdasarkan S/OPN terkecil (aturan ini mengurangi *lateness*).

$$S/OPN = \frac{(\text{Due date} - \text{Present date}) - \text{Remaining Processing time}}{\text{Remaining number of operations}} \quad (2-10)$$

Sumber: Fogarty (1991)

12. *Least Set Up (LSU)*

Urutkan *job* berdasarkan waktu setup terkecil (aturan ini mengurangi *makespan*).

2.7 Aturan *Earliest Due Date (EDD)*

Aturan lainnya yang perlu diketahui ialah aturan *Earliest Due Date (EDD)*. Aturan ini menyebutkan bahwa pengurutan pekerjaan berdasarkan batas waktu (*Due Date*) tercepat. Pekerjaan dengan saat jatuh tempo paling awal harus dijadwalkan terlebih dahulu daripada pekerjaan dengan saat jatuh tempo belakangan. Aturan ini bertujuan untuk meminimasi kelambatan maksimum (Maksimum *Lateness*) atau meminimasi ukuran kelambatan maksimum (Maksimum *Tardiness*) suatu pekerjaan. Buruknya, aturan ini akan menyebabkan jumlah pekerjaan yang terlambat akan menjadi besar serta akan menambah ukuran kelambatan rata-rata (*Mean Tardiness*) (Bedworth, 1982).

Proses pengerjaan *job* pada *Earliest Due Date*, dilakukan dengan mengerjakan *job* dengan *due date* yang paling awal (kecil) dijadwalkan pada urutan yang pertama. Adapun langkah penjadwalannya adalah sebagai berikut.

1. Urutkan pekerjaan berdasarkan *Earliest Due Date* atau batas waktu terawal/pendek.
2. Terapkan hasil *Earliest Due Date* pada masing-masing prosesor secara berurutan.

2.8 Aturan *Shortest Processing Time (SPT)*

Shortest Processing Time (SPT) memprioritaskan pekerjaan berdasarkan waktu proses yang paling pendek. Aturan ini secara umum meningkatkan efisiensi dan mempunyai dampak pada aliran kas perusahaan. Secara matematis dapat dibuktikan bahwa SPT dapat

meminimasi rata-rata waktu penyelesaian pekerjaan (*mean flow time*), atau rata-rata waktu yang dihabiskan oleh pekerjaan pada stasiun kerja, termasuk waktu menunggu dan waktu pemrosesan. Waktu penyelesaian (*mean flow time*) sangat erat kaitannya dengan tingkat persediaan. Meminimasi *mean flow time* mempunyai dampak yang positif terhadap pencapaian batas waktu pekerjaan selesai (Hanna dan Newman, 2001).

Selain itu, menurut Ronald G. Askin dan Jeffrey B. Goldberg (2003), SPT merupakan metode yang paling umum digunakan untuk meminimasi *mean flow time* pada sistem dimana pekerjaan yang paling cepat selesai mendapatkan prioritas pertama untuk dikerjakan lebih dahulu, cara ini sering diterapkan pada perusahaan perakitan atau jasa. Maka penjadwalan disusun berdasarkan urutan sebagai berikut.

$$t(1) \leq t(2) \leq t(3) \leq \dots \leq t(N) \quad (2-11)$$

Sumber: Askin dan Goldberg (2003)

Keterangan:

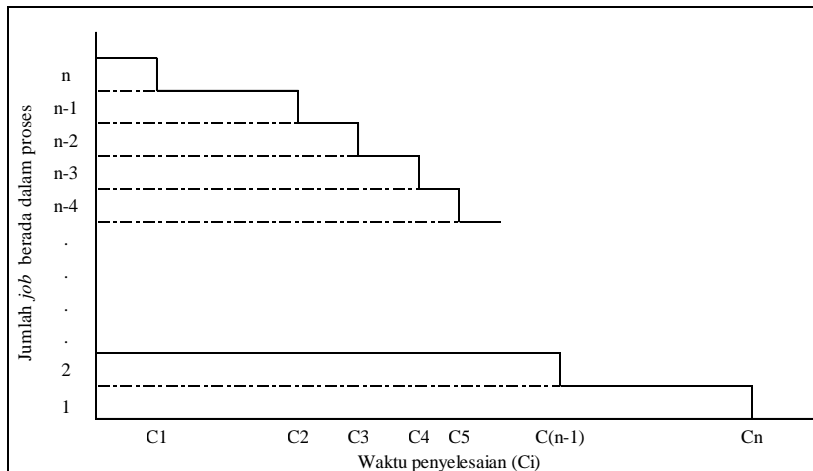
$t(N)$ = Waktu proses *job* ke- N

2.9 Work in Process (WIP)

Dalam manajemen inventori, salah satu jenis inventori yang penting untuk dibatasi jumlahnya adalah *work in process* (WIP). Persediaan WIP merupakan bahan baku atau material yang telah mengalami beberapa proses namun belum selesai atau belum menjadi *finished goods*. WIP mencakup semua barang yang digunakan dalam proses produksi atau dalam suatu siklus produksi. Semakin lama siklus produksi perusahaan, semakin tinggi pula tingkat WIP yang dihasilkan. Manajemen proses produksi yang efisien dibutuhkan untuk mengurangi inventori WIP yang dapat mempercepat kegiatan produksi dan mengurangi biaya operasional perusahaan (Conway, 2012).

Perusahaan manufaktur telah menemukan beberapa keuntungan dari pengontrolan WIP, yaitu dengan kapasitas WIP yang terbatas dapat membatasi jumlah material yang masuk kedalam sistem, memungkinkan pesanan tetap dalam kertas dan bukan menjadi material fisik pada rantai produksi. Sistem produksi memiliki tingkat fleksibilitas yang hilang ketika terdapat jumlah WIP yang besar dalam sistem. Menjaga pesanan tetap dalam kertas hingga produksi aktual terjadi mendukung eksekusi perubahan penjadwalan dan rancangan. Dengan mengontrol WIP, jumlah material yang rusak atau harus dikerjakan ulang menjadi berkurang, dan kerugian finansial dari penjualan produk sekarang dapat dikurangi. Mengacu pada Baker (1974), pada Gambar 2.1 merupakan grafik dimana luas WIP didapat

berdasarkan dari jumlah *job* yang masih didalam proses ketika suatu *job* atau pekerjaan sedang berlangsung.



Gambar 2.1 Grafik luas WIP

2.10 Gantt Chart

Menurut Stevenson (1999), *gant chart* adalah *chart* yang digunakan sebagai gambaran bagan untuk memuat dan menjadwalkan sesuatu yang dapat dijadwalkan. *Gantt chart* dapat digunakan dengan cara yang berbedabeda. Tujuan dari *gant chart* adalah mengorganisir dan memperjelas penggunaan sumber daya secara nyata atau sesuai dengan yang diharapkan dalam kurun waktu tertentu. dalam beberapa kasus, skala waktu diwakili oleh sumbu horisontal (sumbu x) dan sumber daya yang akan dijadwalkan ditulis pada sumbu vertikal (sumbu y).

Pemakaian sumber daya itu dapat dilihat didalam bagan tersebut. Ada dua jenis *gant chart* yaitu:

1. Load chart

Sebuah *gant chart* yang menunjukkan pembebanan dan waktu mengganggu sekelompok mesin atau departemen. *Chart* ini juga menunjukkan kapan pekerjaan tersebut mulai untuk dijadwalkan dan harus selesai, dan dimana seharusnya menempatkan waktu mengganggu tersebut.

2. Schedule Chart

Sebuah *gant chart* yang menunjukkan pesanan yang dipesan atau pekerjaan yang sedang dalam tahap pengerjaan dan apakah order tersebut dapat terjadwalkan. *Schedule chart* biasanya sering digunakan oleh manager untuk merekam segala jenis pekerjaan yang sedang dalam proses pengerjaan. *Chart* ini mengindikasikan pekerjaan mana yang terjadwalkan dan mana yang seharusnya berada diawal.

BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu cara atau kerangka kerja beserta tahapan-tahapan yang jelas dan disusun secara sistematis sebelum melakukan penyelesaian masalah yang akan diteliti. Pada bab ini juga akan digambarkan mengenai prosedur dalam mengumpulkan dan mengolah data, serta menjelaskan mengenai jenis penelitian, tempat dan waktu penelitian, data-data yang dikumpulkan oleh peneliti, metode penelitian, dan langkah-langkah penelitian.

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian deskriptif dengan jenis data kuantitatif. Penelitian deskriptif yaitu menggambarkan suatu keadaan dan menginterpretasikan hal tersebut yang kemudian dianalisis serta dibandingkan dengan situasi nyata yang sedang terjadi, yang berguna untuk memperoleh penyelesaian sebuah masalah yang sedang dihadapi. Ciri utama dari penelitian deskriptif ini ialah penjelasan objektif, komparatif, dan evaluatif untuk menjadi bahan pengambilan keputusan. Melalui penelitian ini, tidak akan memberikan tindak lanjut secara langsung terhadap kondisi nyata yang sedang terjadi.

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis terhadap data jumlah mesin dan operator untuk mengetahui apakah beban kerja dari kedua hal tersebut seimbang. Lalu dilakukan penjadwalan produksi yang disesuaikan dari permintaan konsumen dimana *output* yang didapatkan adalah hasil yang optimal dari penjadwalan produksi dengan metode yang digunakan.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Rimba Kencana yang berlokasi di Jl. Janti 1, Kecamatan Sukun, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Penelitian ini dimulai pada bulan April 2018 sampai dengan Desember 2018.

3.3 Metode Pengambilan Data

Dalam penelitian ini, digunakan tiga metode dalam proses pengambilan data, yaitu:

1. *Interview* (wawancara). Wawancara merupakan sebuah pembuktian terhadap beberapa informasi atau keterangan yang telah diperoleh sebelumnya. Wawancara yang

dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana alur produksi dan juga waktu proses produksi untuk setiap *part* yang ada pada lini produksi *stamping press*, dan sesegera mungkin mengetahui metode yang paling tepat untuk menangani masalah tersebut. Untuk penelitian ini dilakukan wawancara dengan wakil direktur PT. Rimba Kencana

2. Observasi. Dalam pengertian sederhana, observasi merupakan sebuah proses dimana peneliti melakukan pengamatan secara langsung dalam mengamati situasi yang sedang berlangsung selama penelitian ini. Beberapa informasi yang peneliti dapat dari pengamatan langsung adalah mengetahui data *bottleneck* yang ada pada tiap *part* yang diproses di lini produksi *stamping press*, sehingga perusahaan tidak dapat menghasilkan *output* produksi yang optimal. Untuk penelitian ini yaitu dilakukan dengan wakil direktur PT. Rimba Kencana
3. Dokumentasi. Dokumen merupakan sumber data yang digunakan untuk melengkapi penelitian, baik berupa sumber tertulis, film, foto (gambar), dan karya monumental. Metode dokumentasi digunakan untuk memperoleh data yang berkaitan dengan perusahaan, data tersebut telah didokumentasikan sebelumnya oleh PT. Rimba Kencana.

3.4 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Studi lapangan
Langkah ini dilakukan untuk menemukan data yang berkaitan dengan permasalahan dalam penelitian ini, dimana peneliti turun langsung ke lapangan. Hal tersebut dapat digunakan untuk memberikan gambaran secara jelas dan akurat mengenai obyek penelitian. Hasil yang peneliti dapatkan dari studi lapangan ini adalah teridentifikasinya permasalahan yang sedang terjadi di perusahaan saat ini.
2. Studi Pustaka
Langkah ini dilakukan untuk memahami teori dan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan permasalahan yang di teliti. Referensi bersumber dari jurnal, buku, maupun penelitian sebelumnya yang berguna untuk mendukung penelitian dengan memahami konsep penjadwalan produksi.
3. Identifikasi Masalah
Identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam sebuah penelitian. Identifikasi masalah bertujuan untuk mengetahui penyebab timbulnya sebuah masalah dan

kemudian memahaminya agar dapat mengusulkan sebuah saran dan solusi penyelesaian mengenai masalah yang sedang dihadapi oleh perusahaan. Identifikasi masalah pada PT. Rimba Kencana dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung dan wawancara dengan pihak internal perusahaan. Berdasarkan hasil pengamatan langsung dan wawancara yang dilakukan dengan pihak internal perusahaan, diketahui bahwa terdapat masalah berupa kurang meratanya beban kerja pada lini produksi *stamping press* dan besarnya *work in progress* (WIP) yang ada pada mesin *stamping press* dimana diakibatkan oleh penjadwalan produksi yang kurang optimal sehingga menyebabkan perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan pelanggan dengan baik.

4. Perumusan Masalah

Setelah mengidentifikasi masalah yang terjadi di perusahaan, langkah selanjutnya adalah melakukan perumusan masalah di PT. Rimba Kencana. Perumusan masalah adalah rincian secara detail mengenai permasalahan yang diteliti dan nantinya akan menghasilkan tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini.

5. Penentuan Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian perlu ditentukan agar penelitian terfokus kepada apa yang ingin dicapai dari penelitian ini dan agar permasalahan yang dibahas tidak menyimpang. Disamping itu, tujuan penelitian diperlukan untuk mengukur keberhasilan dari penelitian yang dilakukan. Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah ditentukan sebelumnya.

6. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan sebuah kegiatan yang dilakukan dalam penelitian yang bertujuan untuk mengumpulkan informasi serta keterangan yang dibutuhkan dalam penelitian. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh melalui kegiatan pengamatan secara langsung dan kegiatan wawancara langsung dengan pihak perusahaan.

- 1) Wawancara, adalah metode untuk mendapatkan informasi dengan cara memberikan pertanyaan secara langsung kepada staff, pekerja, maupun pemilik dari PT. Rimba Kencana. Pertanyaan tersebut mengenai alur produksi dan pengamatan langsung untuk mengetahui data waktu proses produksi di mesin *stamping press*.

- 2) Observasi atau pengamatan secara langsung, adalah sebuah kegiatan yang dilakukan untuk mengumpulkan informasi dengan cara melakukan pengamatan secara langsung terhadap keadaan yang sesungguhnya dari obyek penelitian, yaitu *raw material* yang nantinya akan melalui proses pembentukan pada lini produksi *stamping press*. Saat melakukan pengamatan, permasalahan yang terjadi diperusahaan adalah terjadinya *bottleneck* pada beberapa *part* ketika diproses.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan melalui media perantara (didapatkan dan didokumentasikan oleh orang lain) yang dapat berupa data historis, catatan yang disusun dalam arsip perusahaan. Data sekunder adalah sumber data yang tidak langsung memberikan data pada pengumpul data, misalnya lewat orang lain atau dokumen (Sugiyono, 2009). Data sekunder yang diperlukan penelitian ini antara lain adalah:

- 1) Profil perusahaan PT. Rimba Kencana
- 2) Struktur organisasi PT. Rimba Kencana
- 3) Data historis permintaan kursi bus jenis kursi bus model 2-3 (TYY 231 & TYY 231 Jumbo), model 2-2 (TCC 241 & TCC 241 Jumbo), dan model 2-1 (SE). periode November 2016 sampai November 2017
- 4) Data *part* dari tiap produk
- 5) Data jumlah mesin dan operator

7. Pengolahan Data

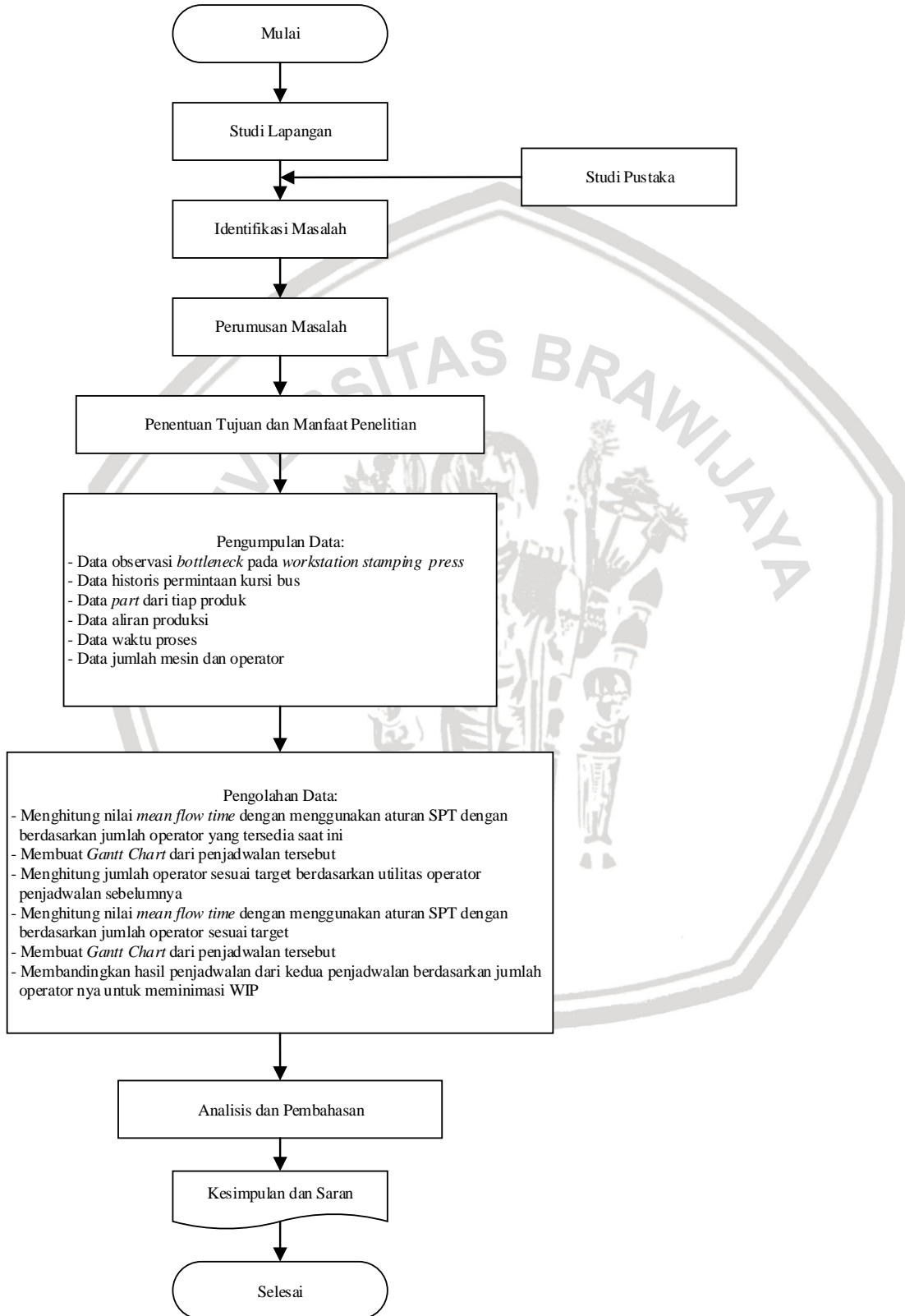
Data primer maupun data sekunder yang telah didapatkan akan diolah dan dianalisis. Berikut adalah tahap pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini.

- a. Menghitung nilai *mean flow time* dengan menggunakan metode SPT berdasarkan dengan menggunakan jumlah operator tersedia saat ini
 - 1) Menyusun urutan *job* atau *part* berdasarkan aturan SPT
 - 2) Menjadwalkan semua *job* pada mesin yang memiliki waktu minimum dan mesin yang memiliki total waktu proses yang lebih kecil dari mesin yang lainnya.
 - 3) Menghitung rata-rata *flow time* untuk setiap *job* yang telah dijadwalkan.
 - 4) Menghitung rata-rata WIP *job* dari penjadwalan
- b. Membuat *Gantt Chart* dari penjadwalan tersebut

- c. Menghitung jumlah operator sesuai target berdasarkan utilitas operator penjadwalan sebelumnya
 - d. Menghitung nilai *mean flow time* dengan menggunakan metode SPT berdasarkan jumlah operator sesuai target
 - 1) Menyusun urutan *job* atau *part* berdasarkan aturan SPT
 - 2) Menjadwalkan semua *job* pada mesin yang memiliki waktu minimum dan mesin yang memiliki total waktu proses yang lebih kecil dari mesin yang lainnya.
 - 3) Menghitung rata-rata *flow time* untuk setiap *job* yang telah dijadwalkan.
 - 4) Menghitung rata-rata WIP *job* dari penjadwalan
 - e. Membuat *Gantt Chart* dari penjadwalan tersebut
 - f. Membandingkan hasil penjadwalan produksi dengan aturan SPT dari kedua penjadwalan berdasarkan jumlah operator yang tersedia dan penjadwalan berdasarkan jumlah operator sesuai target dimana bertujuan untuk mendapatkan output produksi yang optimal dengan meminimasi WIP
8. Analisis dan Pembahasan
- Penjelasan secara sistematis mengenai tahapan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini ialah setelah selesai pada tahap pengumpulan dan pengolahan data, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis dan pembahasan tentang penjadwalan produksi dengan aturan SPT dan yang sudah dilakukan. Lalu dilakukan perbaikan dalam jumlah operator agar sesuai target untuk meminimasi utilitas operator. Selain itu rekomendasi perbaikan yang penting ialah meningkatkan hasil produksi dengan meminimasi *mean flow time* berdasarkan penjadwalan yang direkomendasikan dengan aturan SPT.
9. Kesimpulan dan Saran
- Tahap kesimpulan dan saran berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil pengumpulan, pengolahan, dan analisa yang menjawab tujuan penelitian yang ditetapkan. Dari analisa yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan atau terpilihnya metode yang terbaik, sehingga dengan adanya metode yang tepat diharapkan dapat membantu perusahaan untuk mengatasi permasalahan yang ada. Setelah itu diberikan pula saran-saran untuk penelitian mendatang yang berupa perbaikan maupun pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan demi kemajuan bersama.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dibagi dalam tiga tahap yaitu pendahuluan, tahap pengumpulan dan pengolahan data, tahap analisa dan kesimpulan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian



BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai gambaran umum dari PT. Rimba Kencana dan produk yang dihasilkan dari perusahaan tersebut. Selain itu, pada bab ini akan dijelaskan juga mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam mencapai hasil penelitian serta analisis hasil penelitian beserta rekomendasi perbaikan untuk masalah yang ada.

4.1 Gambaran Umum Obyek Penelitian

Pada sub-bab ini akan dijelaskan mengenai informasi umum tentang profil perusahaan PT. Rimba Kencana, struktur organisasi serta produk yang dihasilkan pada perusahaan tersebut.

4.1.1 Profil Perusahaan PT. Rimba Kencana

PT. Rimba Kencana didirikan pada tahun 1985 oleh Alm. Bpk. Tanto Wadimuljo yang berlokasi di Jl. Janti 1, Kecamatan Sukun, Kabupaten Malang, Jawa Timur. PT. Rimba Kencana pada saat itu bergerak di bidang produksi *part-part* untuk memenuhi kebutuhan karoseri mobil roda 4, seperti: *seat recliner*, *seat*, *seat slider*, kunci kaca, dan lain-lain. Seiring dengan berkembangnya situasi pasar, pada tahun 1992 PT. Rimba Kencana memperluas jenis barang produksinya dengan memproduksi *part-part* untuk bus, antara lain: *sunroof*, *electric bus mirror*, *bus interior lamp*, *recliner* untuk bus, kunci bagasi, dan lain-lain. PT. Rimba Kencana dalam proses produksinya didukung oleh latar belakang produksi yang kuat dan fasilitas produksi yang mutakhir, seperti: *CNC milling*, *CNC wirecut*, *CNC turning-milling*, *CNC lathe*, *stamping & hydraulic press*, *injection molding*, *die-casting*, *various welding*, dan *powder-coating finish*. PT. Rimba Kencana memulai produksi bangku bus pada tahun 2006.

Desain bangku bus yang modern dan ergonomis (meningkatkan kenyamanan saat perjalanan jauh) serta variasi bangku bus (*safety belt*, *cup holder*, *papernet*, dan *handle*) membuat bangku bus produksi PT. Rimba Kencana mendapat sambutan baik dari pasar. Ditambah lagi dengan lengkapnya fasilitas produksi *in-house* dan konsistensi dari kualitas hasil produksi PT. Rimba Kencana dapat terjamin. Saat ini, keunggulan dari bangku bus PT. Rimba Kencana telah diakui secara nasional, terbukti dengan luasnya jaringan pasar dan

kepercayaan perusahaan-perusahaan besar Indonesia seperti: Pertamina, Astratrac, PT. Chevron, PT. Bluebird, dan lain-lain terhadap bangku bus PT. Rimba Kencana.

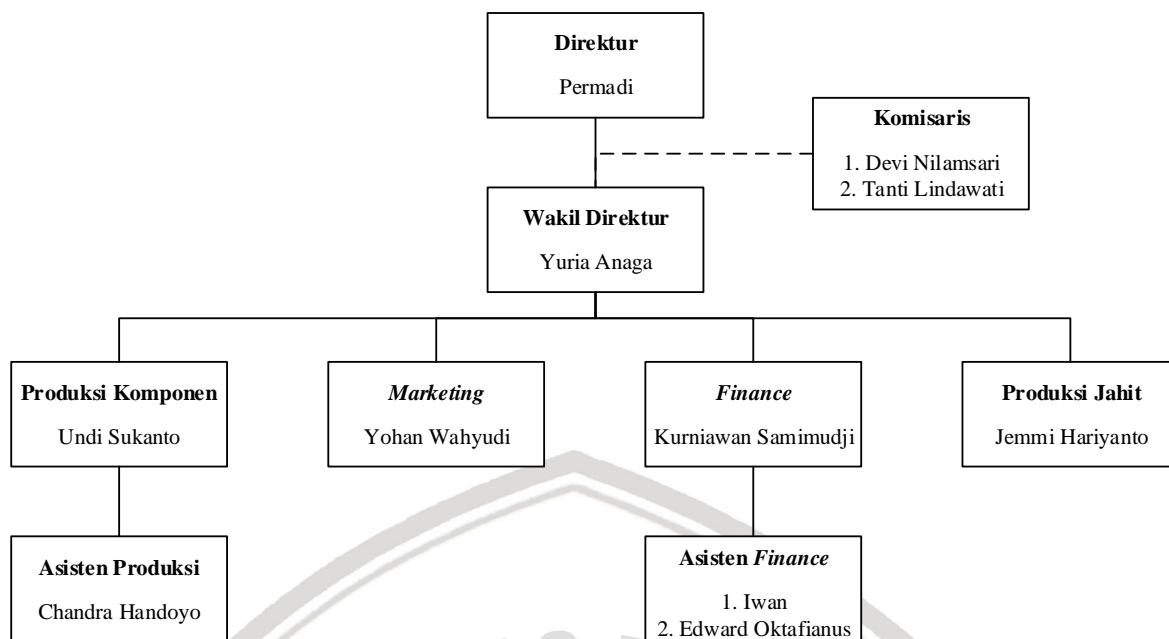
4.1.2 Visi dan Misi PT. Rimba Kencana

Visi PT. Rimba Kencana adalah menjadi inovator terdepan bagi perusahaan *autoparts*. Sedangkan misi PT. Rimba Kencana sebagai berikut.

1. Mewujudkan perusahaan *autoparts* yang kuat, unggul, inovatif, profesional, dan berdaya saing dengan menyeimbangkan struktur bisnis, strategi pertumbuhan bisnis, dan pengelolaan portofolio perusahaan.
2. Membangun sinergi yang baik dan berkesinambungan dengan para pemegang saham, *customer*, *supplier*, dan semua mitra usaha.
3. Mengembangkan sumber daya manusia dan budaya perusahaan yang bertopang pada manajemen yang prima.
4. Berkontribusi positif terhadap pengembangan sosial masyarakat dan kelestarian lingkungan hidup.

4.1.3 Struktur Organisasi

Stuktur organisasi merupakan hubungan yang menggambarkan posisi serta bagian yang terdapat dalam sebuah organisasi ataupun perusahaan dalam menjalankan segala bentuk kegiatan operasional demi mencapai tujuan yang diharapkan. Penyusunan stuktur organisasi ini sangat penting baik itu untuk organisasi atau perusahaan skala kecil maupun besar dalam mencapai tujuannya. Stuktur organisasi harus secara jelas menggambarkan hubungan antara satu dengan yang lain serta tugas, wewenang dan tanggungjawab sesuai bidang. Pada Gambar 4.1 merupakan stuktur organisasi yang pada PT. Rimba Kencana dalam menjalankan kegiatan usahanya.



Gambar 4.1 Struktur organisasi PT. Rimba Kencana
Sumber: PT. Rimba Kencana

Berdasarkan Gambar 4.1, berikut ini merupakan penjelasan masing-masing tugas dari posisi dalam stuktur organisasi CV. Subur Makmur:

1. **Direktur**
Direktur sebagai pemimpin tertinggi dalam perusahaan mempunyai wewenang dan tanggung jawab sebagai berikut.
 - a. Menentukan arah perkembangan perusahaan
 - b. Memperluas *market* (*marketing*)
 - c. Memantau keuangan perusahaan secara global
 - d. Memimpin dan mengkoordinasikan seluruh karyawan
2. **Wakil Direktur**
 - a. Memantau kegiatan operasional sehari-hari
 - b. Mendesain dan menerapkan sistem dalam perusahaan
 - c. Memantau keuangan perusahaan sehari-hari
 - d. Efisiensi proses produksi
3. **Kepala Produksi**
 - a. Mengawasi kinerja karyawan
 - b. Mengatur jadwal produksi
 - c. Mengatur jadwal *maintenance*
 - d. Menegakkan SOP
 - e. Memperbaiki mesin
 - f. *Support* pengefisiensi sistem

4. Kepala *Finance (Accounting)*
 - a. Mengatur lalu lintas kas dan keuangan perusahaan sehari-hari
 - b. Membuat laporan keuangan
 - c. Mengatur urusan perpajakan
5. *Marketing*
 - a. Memperluas pasar
 - b. Mengatur jadwal pengiriman
 - c. Memberi order produksi
6. Produksi Jahit
 - a. Mengawasi kinerja karyawan khusus divisi jahit
 - b. Mengatur jadwal produksi khusus divisi jahit
 - c. Menegakkan SOP
7. Komisaris
 - a. Memantau kinerja perusahaan secara global
 - b. Memberikan rekomendasi perbaikan untuk kinerja perusahaan

4.1.4 Proses Produksi PT. Rimba Kencana

Dalam proses pembuatan *seat* bus, terdapat dua proses utama yaitu proses pembuatan komponen dan proses perakitan (*assembly*). Di dalam proses pembuatan komponen terdapat proses sebagai berikut.

1. Pembuatan *frame* (rangka) *seat* bus

Dalam proses ini dibutuhkan bahan baku yaitu lembaran plat dan batangan besi. Sebelum *frame* dirakit, dilakukan pembentukan pola plat dan batangan sehingga membentuk sebuah *seat bus*. Salah satu mesin yang digunakan untuk membentuk plat-plat tersebut ialah dengan mesin *stamping press*.
2. Pengecatan *frame*

Setelah *frame* terbentuk, selanjutnya *frame* tersebut dilakukan pengecatan yang berfungsi untuk menghindari korosi dan memperpanjang umur *seat*.
3. Pembuatan komponen plastik

Pembuatan komponen plastik dilakukan dengan menggunakan mesin *injection molding*. Penggunaan komponen plastik pada PT. Rimba Kencana yaitu seperti *arm rest*, penutup samping, bagian belakang *seat* termasuk *handle*, dan sebagainya.

Setelah pembuatan berbagai komponen telah dilakukan, lalu terdapat beberapa proses perakitan dimana sebagai berikut.

1. Pemasangan silikon (spons) pada *frame*

Spons yang dipasang pada *frame seat* bus yang diproduksi oleh PT. Rimba Kencana didapatkan dengan melakukan *outsourcing* dari pihak luar. Sehingga PT. Rimba Kencana tidak melakukan tidak melakukan produksi sendiri tetapi tinggal langsung melakukan pemasangan.

2. Proses penjahitan

Setelah pemasangan spons pada *frame seat* bus, kemudian langkah selanjutnya adalah melapisi spons dengan bahan pelapis dan kemudian dijahit. Untuk bahan pelapisnya sendiri ditentukan oleh pihak pemesan, pada umumnya pelapis tersebut berbahan kain, kulit, dan sintetis.

3. Proses pemasangan ornamen plastik

Langkah selanjutnya adalah pemasangan ornamen pendukung yang berbahan plastik. Fungsinya selain sebagai fitur pendukung, juga merupakan sebuah ciri khas yang merupakan identitas dari produk PT. Rimba Kencana.

Proses pemasangan ornamen plastik ini merupakan proses terakhir dalam perakitan. Sebelum produknya dikirim kepada konsumen, dilakukan pengujian kualitas (*quality control*) dan pengemasan dengan plastik pembungkus.

4.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dijelaskan mengenai pengumpulan data dalam penelitian ini. Data yang dibutuhkan yaitu jenis mesin, jumlah pesanan, dan proses produksi *part* dimana untuk kemudian dilakukan pengolahan.

4.2.1 Data Jumlah Pesanan

Pesanan yang masuk ke PT. Rimba Kencana bermacam-macam mulai dari jumlah dan jenisnya. Pada Tabel 4.1 menunjukkan jumlah pesanan yang terjadi selama bulan April 2018. Pada bulan tersebut terdapat data permintaan kursi bus dari kelima produk yang dibagi lagi antara *big bus* atau *elf* pada PT. Rimba Kencana.

Tabel 4.1

Jumlah Pesanan PT. Rimba Kencana pada Bulan April 2018

Produk	Jenis Kursi	No	Kursi	Jml Bus	Total Kursi	Total
TYT 231	Elf	1	12	1	12	324
		2	21	5	105	
		3	21	1	21	
		4	22	6	132	
		5	27	1	27	
		6	27	1	27	
	Big Bus	7	31	1	31	735
		8	35	2	70	
		9	35	1	35	
		10	53	1	53	
		11	53	1	53	
		12	55	2	110	
		13	57	1	57	
		14	59	1	59	
		15	59	1	59	
		16	59	1	59	
		17	59	1	59	
		18	90	1	90	
TYT 231 Jumbo	Elf	1	25	2	50	435
	Big Bus	2	31	1	31	
		3	31	2	62	
		4	35	1	35	
		5	35	1	35	
		6	35	1	35	
		7	39	2	78	
		8	39	1	39	
		9	39	2	78	
		10	42	1	42	
Elf	1	5	1	5	140	
	2	7	1	7		
	3	9	5	45		
	4	12	5	60		
	5	23	1	23		
	6	32	1	32		
	7	38	1	38		
	8	39	2	78		
	9	39	1	39		
	10	40	1	40		
	11	40	1	40		
	12	41	2	82		
	13	41	2	82		
	14	42	1	42		
	15	43	2	86		
	16	43	1	43		
TCC 241	Big Bus	17	45	1	45	1613
		18	45	1	45	
		19	45	1	45	
		20	45	2	90	
		21	47	1	47	
		22	47	1	47	
		23	47	2	94	
		24	50	2	100	
		25	50	1	50	
		26	50	3	150	
		27	50	2	100	
		28	50	1	50	
		29	50	1	50	
		30	50	1	50	
		31	50	1	50	
		32	52	1	52	
		33	52	2	104	
		34	52	2	104	
		35	52	3	156	
		36	52	1	52	
		37	54	1	54	
38	54	1	54			
39	54	2	108			
40	54	2	108			
41	60	1	60			
TCC 241 Jumbo	Elf	1	1	1	1	141
		2	1	1	1	
		3	1	1	1	
		4	3	1	3	
		5	4	1	4	
		6	5	1	5	
		7	14	1	14	
		8	28	2	56	
		9	28	2	56	
	Big Bus	10	34	2	68	431
		11	34	2	68	
		12	45	1	45	
		13	50	5	250	
SE	Elf	1	6	1	6	6

4.2.2 Data Jenis Mesin

Dalam penelitian ini, jenis mesin yang digunakan pada lini produksi *stamping press* di PT. Rimba Kencana bermacam-macam. Total jumlah mesin yang digunakan ialah berjumlah 20 mesin berdasarkan 9 jenis mesin yang digunakan. Mesin-mesin tersebut diklasifikasikan berdasarkan *tonase* dari setiap jenis mesin. Jumlah mesin yang ada pada tiap jenisnya berbeda-beda dengan penamaan seperti pada Tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2

Data Jenis Mesin Lini Produksi *Stamping Press* di PT. Rimba Kencana

Jenis Mesin (k)	Nama Mesin (k _n)	Jumlah Mesin
A	A1	1
B	B1	1
C	C1, C2	2
D	D1, D2, D3	3
E	E1	1
F	F1, F2	2
G	G1, G2	2
H	H1, H2, H3, H4, H5	5
I	I1, I2, I3	3
Total		20 Mesin

4.2.3 Proses Produksi Part

Dalam memproduksi *part-part* dari setiap produk memiliki proses yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhannya. Untuk waktu produksi *part* itu sendiri, tiap *part* melalui beberapa mesin dan matras yang berbeda-beda dimana pergantian matras dapat juga disebut dengan waktu *setup*. Proses produksi *part* beserta waktu akan disajikan pada Lampiran 1.

4.3 Skenario Pengembangan Algoritma

Pada penelitian ini akan dikembangkan model algoritma yang mampu mengakomodasi batasan-batasan yang ada pada sistem produksi di PT. Rimba Kencana, sehingga nantinya akan dapat meminimasi nilai *mean flow time* yang nantinya juga akan meminimasi nilai WIP yang ada. Algoritma yang akan dibuat, dikembangkan dengan dasar pendekatan aturan *Shortest Processing Time (SPT)* berdasarkan jumlah operator yang ditentukan nantinya.

4.3.1 Notasi dan Definisi

Dalam melakukan penjadwalan produksi, diperlukan pembuatan notasi-notasi yang berkaitan dengan *job*, urutan proses, dan mesin, agar nantinya dapat memudahkan dalam proses penjadwalan. Notasi-notasi penjadwalan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Indeks

i : menyatakan *job* yang akan dijadwalkan, sehingga $i = 01,02,03,\dots,p$, dimana menyatakan banyaknya *job* atau *part* yang dijadwalkan.

j : urutan proses di tiap-tiap *job*, sehingga $j = 1,2,3,\dots,q$, dimana q menyatakan banyaknya urutan proses di dalam pembuatan suatu produk.

k : menyatakan jenis mesin dalam proses produksi, sehingga $k = A,B,C,\dots,r$, dimana r ialah jenis mesin yang digunakan.

2. Parameter

w_{ijk} : waktu proses operasi j *job* i di mesin k tiap satu *part*

t_{ijk} : waktu proses operasi j *job* i di mesin k dari seluruh total Q_i

l_{ijk} : waktu *setup* untuk mengganti matras sesuai dengan kebutuhan operasi j *job* i di mesin k

T_j : total waktu proses *job* i

O_{ijk} : menyatakan operasi *job* i pada proses j di mesin k

M_{ijk} : jenis matras yang digunakan untuk tiap O_{ijk}

Q_i : jumlah *part* yang dibutuhkan berdasarkan *job* i

k_n : nama mesin yang ada pada jenis mesin k

3. Variabel

R_{ijk} : Waktu dimana *job* i tersedia untuk diproses pada urutan j di sumber daya k

C_{ijk} : Waktu dimana *job* i selesai diproses pada urutan j di sumber daya k

S_{ijk} : Waktu mulai proses *job* i pada urutan j di sumber daya k

a_k : Batasan jam kerja dalam satu hari ialah 9 jam kecuali hari Jum'at 8 jam

4.3.2 Model Verbal dan Struktur Matematis Sistem Produksi

PT. Rimba Kencana adalah perusahaan yang menerapkan sistem *Job Order* akan tetapi pada lini produksi *stamping press* menggunakan sistem *Make to Stock* (MTS). Secara umum, PT. Rimba Kencana memproduksi 5 jenis produk kursi bus, yakni model TYY 231, TYY 231 Jumbo, TCC 241, TCC 241 Jumbo, dan SE dimana untuk tiap produk memiliki berbagai macam *part*. Berbagai *part* tersebut dalam hal ini dikatakan sebagai *job* yang memiliki urutan proses yang berbeda-beda. Terdapat i dengan indeks $i = 01,02,03,\dots,p$, yang harus dijadwalkan dengan masing-masing *job* memiliki j dengan indeks $j = 1,2,3,\dots,q$ yang berbeda-beda, tergantung pada tipe *part* yang akan dihasilkan. *Job-job* tersebut akan dikerjakan pada k yang berbeda-beda, bergantung pada proses yang sedang dilakukan. Proses produksi i harus diselesaikan sesuai dengan di yang ada.

Sistem produksi yang digunakan pada lini produksi *stamping press* PT. Rimba Kencana, merupakan sistem produksi bertipe *Job Shop* yang di dalamnya terdapat 9 jenis mesin paralel yang tidak identik. Dari tiap jenis mesin tersebut memiliki jumlah mesin yang berbeda-beda dan jika total maka pada lini produksi *stamping press* memiliki total 20 mesin. Pemilihan mesin disesuaikan dengan kebutuhan dari tiap *job* i ataupun urutan proses j seperti pada Lampiran 1 dimana akan berbeda untuk setiap jenis *job* (*part*) dan urutan prosesnya. *Part* yang dihasilkan pada lini produksi *stamping press* ialah sebuah plat yang mana dalam prosesnya membutuhkan matras sebagai bantalannya. Dalam hal ini tiap proses dalam pembuatan *part* menggunakan berbagai macam jenis matras, dimana ketika dalam suatu *job* i pada urutan proses j membutuhkan matras yang berbeda maka akan dilakukan pergantian matras sesuai dengan kebutuhannya. Pergantian matras membutuhkan waktu yang cukup lama dibandingkan waktu proses w_{ijk} sehingga waktu pergantian matras dijadikan waktu *setup* l_{ijk} . Selain itu, terdapat pula waktu material *handling*, karena jarak antar stasiun kerja cukup dekat, maka waktu material *handling* pada penjadwalan ini diabaikan. Suatu *job* i yang telah melalui proses j dapat langsung dikerjakan di proses $q+1$. Kedatangan pekerjaan diasumsikan tersedia di awal horizon perencanaan. Pada lini produksi ini menerapkan sistem MTS, akan tetapi untuk *stock* yang ada pada periode sebelumnya diabaikan karena pada penjadwalan kali ini tidak memperhitungkan penambahan order di tengah horizon perencanaan. Sehingga diasumsikan *stock* tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan yang tidak terduga dan penjadwalan kali ini hanya menjadwalkan pesanan pada bulan April 2018. Penjadwalan yang dilakukan dilakukan dibulan sebelumnya yaitu bulan Maret untuk memenuhi pesanan pada bulan April.

Untuk $k = A, B, C, \dots, r$, mesin yang digunakan dalam proses produksi tersebut dilakukan secara manual dengan menggunakan tenaga manusia. Terdapat 7 orang tenaga kerja tetap atau operator yang ada pada lini produksi *stamping press* untuk saat ini. Apabila nanti ketika perhitungan beban kerja antara operator dan mesin yang dimana diharuskan menambah jumlah operator, maka dilakukan penjadwalan kembali dengan menggunakan jumlah operator sesuai target. Jam kerja yang diterapkan kecuali hari Jum'at ialah 9 jam kerja perharinya dengan waktu istirahat 1 jam, lalu untuk hari Jum'at sendiri jam kerja yang diterapkan ialah 8 jam dengan waktu istirahat 2 jam. Penerapan jam kerja ini merupakan waktu optimal dimana pada kegiatan produksinya tanpa memperhatikan jam lembur dan untuk penjadwalan ini sendiri juga tanpa memperhatikan waktu material *handling*. Oleh karena itu setiap proses harus berakhir sebelum melewati jam kerja dan akan dilanjutkan

keesokan harinya. Pada penelitian ini penjadwalan proses produksi yang akan dilakukan, tidak memperkenankan adanya *preemption*, dengan menerapkan aturan *non permutation*.

4.3.3 Fungsi Tujuan dan Fungsi Kendala

Fungsi tujuan dan fungsi kendala yang harus dipenuhi dalam proses penjadwalan ini adalah sebagai berikut.

1. Fungsi tujuan

Sebagaimana yang telah disampaikan sebelumnya tujuan dari penjadwalan produksi yang akan dilakukan adalah untuk meminimasi *mean flow time*, dengan fungsi tujuan sebagai berikut.

$$\text{Min } \bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^q F_j \quad (4-1)$$

Persamaan (4-1) menjelaskan bahwa fungsi tujuan adalah untuk meminimasi *mean flow time* untuk tiap *job*.

2. Fungsi kendala dalam hal penjadwalan ini dipengaruhi oleh:

- a. Jumlah mesin dari tiap mesinnya berbeda-beda.
- b. Matras yang digunakan berbeda-beda untuk tiap *part (job)* dimana dapat mempengaruhi waktu *setup* untuk memproses suatu *job*.
- c. Jam kerja yang digunakan ialah waktu optimal dimana selain hari Jum'at ialah 9 jam kerja dan 1 jam istirahat lalu pada hari Jum'at ialah 8 jam kerja dan 2 jam istirahat.
- d. Jumlah operator awal hanya berjumlah tujuh lalu pada penjadwalan berikutnya disesuaikan dengan kondisi beban kerja operator sesuai target.
- e. Proses operasi dapat dikerjakan apabila proses operasi pada urutan sebelumnya telah selesai dikerjakan.

4.3.4 Asumsi

Dalam pengembangan algoritma terdapat beberapa asumsi yang digunakan, yakni sebagai berikut.

1. Seluruh mesin k siap memproses di $t = 0$
2. Urutan *job* awal siap diproses di $t = 0$
3. Jumlah operator tidak akan bertambah sewaktu-waktu
4. Tidak ada penambahan order di tengah horizon perencanaan
5. Jumlah dari tiap jenis matras atau M_{ijk} hanya 1

6. Waktu material *handling* diabaikan
7. Urutan *job* disetiap mesin tidak harus sama
8. Penjadwalan dilakukan dalam keadaan normal pada seluruh sumber daya yang ada, yakni tanpa adanya kerusakan dan perbaikan pada mesin
9. *Job* yang sedang diproses pada suatu mesin tidak boleh dipotong oleh *job* lain

4.4 Pengembangan Algoritma Penjadwalan

Berikut adalah algoritma penjadwalan yang dikembangkan menggunakan pendekatan SPT.

Input : $i, j, k, w_{ijk}, t_{ijk}, l_{ijk}, T_j, O_{ijk}, M_{ijk}, Q_i, k_n$

Langkah 0 : Tentukan kebutuhan Q_i pada tiap *job* i atau *part* berdasarkan jumlah pesanan yang telah ditentukan

Langkah 1 : Tentukan nilai T_j dari tiap *job* i berdasarkan kebutuhan Q_i , $T_j = \sum_{i=1}^q (t_{ijk} + l_{ijk})$
dimana $t_{ijk} = w_{ijk} \times Q_i$

Langkah 2 : Tentukan *part* yang dinyatakan sebagai *job* i , urutkan *job* yang ada dimulai dari jumlah proses j terbanyak ke terkecil lalu urutkan T_j sesuai aturan *Shortest Processing Time* (SPT) dari tiap pengelompokan jumlah proses sebelumnya

Langkah 3 : Tentukan urutan aliran proses produksi dari *part* i dengan indeks j dimulai dari $j = 1$ yang diproduksi pada mesin yang dinyatakan dengan indeks k

Langkah 4 : Jadwalkan O_{ijk} pada C_{ijk} terkecil dari semua operator, jika ada yang sama pilih operator dengan indeks tertinggi

Langkah 5 : Apakah ada proses $j = 2,3,4,5,6$ yang belum diproses ketika O_{ij-1k} sudah selesai dijadwalkan?

- Jika iya lanjut ke langkah 6
- Jika tidak lanjut ke langkah 7

Langkah 6 : Jadwalkan O_{ijk} dengan waktu terkecil, tetapkan S_{ijk} dan lanjut ke langkah 8

Langkah 7 : Jadwalkan O_{ijk} dengan $j = 1$ berdasarkan waktu terkecil, tetapkan S_{ijk}

Langkah 8 : Apakah k_n tersedia pada jenis k ?

- Jika iya lanjut ke langkah 9
- Jika tidak lanjut ke langkah 10

Langkah 9 : Apakah M_{ijk} tersedia atau sedang tidak digunakan?

- Jika iya lanjut ke langkah 11

- Jika tidak lanjut ke langkah 10

Langkah 10 : Kembali lagi ke langkah 5 sesuai dengan waktu terkecil berikutnya

Langkah 11 : Apakah terdapat M_{ijk} yang terpasang pada k_n sebelumnya sesuai dengan operasi yang dijadwalkan?

- Jika iya lanjut ke langkah 16
- Jika tidak lanjut ke langkah 12

Langkah 12 : Prioritaskan k dengan k_n yang tidak terpasang dengan M_{ijk} untuk operasi-operasi yang sejenis lainnya

Langkah 13 : Apakah operasi telah dilakukan penjadwalan sebelumnya dan terjadi pengurangan l_{ijk} ?

- Jika iya lanjut ke langkah 14
- Jika tidak lanjut ke langkah 15

Langkah 14 : Set $l_{ijk} = l_{ijk} - l_{ijk}0$

Langkah 15 : Hitung $C_{ijk} = S_{ijk} + t_{ijk} + l_{ijk}$, lanjut langkah 19

Langkah 16 : Apakah operasi telah dilakukan penjadwalan sebelumnya dan terjadi pengurangan Q_i ?

- Jika iya lanjut ke langkah 17
- Jika tidak lanjut ke langkah 18

Langkah 17 : Set $Q_i = Q_i - Q_{in}$

Langkah 18 : $L_{ijk} = 0$, jadi hitung $C_{ijk} = S_{ijk} + (w_{ijk} \times Q_i)$

Langkah 19 : Cek hari ini dimana penjadwalan O_{ijk} dilakukan

Langkah 20 : Apakah $a_k = 9$ jam?

- Jika iya lanjut ke langkah 21
- Jika tidak lanjut ke langkah 48

Langkah 21 : Apakah $S_{ijk} \leq 300$ menit?

- Jika iya lanjut ke langkah 22
- Jika tidak lanjut ke langkah 35

Langkah 22 : Apakah $C_{ijk} \geq 300$ menit?

- Jika iya lanjut ke langkah 23
- Jika tidak langsung menuju ke langkah 58

Langkah 23 : Apakah $S_{ijk} + l_{ijk} \leq 300$ menit?

- Jika iya lanjut ke langkah 24
- Jika tidak lanjut ke langkah 30

Langkah 24 : Nilai $Q_{in} = Q_i$

Langkah 25 : Set $Q_{in} = Q_{in} - 1$

Langkah 26 : Hitung $w_{ijk} \times Q_{in} = t_{ijk}$

Langkah 27 : Apakah $(S_{ijk} + t_{ijk} + l_{ijk} = C_{ijk}) \leq 300$ menit?

- Jika iya lanjut ke langkah 28
- Jika tidak kembali ke langkah 25

Langkah 28 : Nilai $S_{ijk} = 360$ menit

Langkah 29 : Penjadwalan masih berada dihari yang sama dan kembali lagi ke langkah 16

Langkah 30 : Nilai $l_{ijk0} = l_{ijk}$

Langkah 31 : Set $l_{ijk0} = l_{ijk0} - 1$

Langkah 32 : Apakah $(S_{ijk} + l_{ijk0} = C_{ijk}) \leq 300$ menit?

- Jika iya lanjut ke langkah 33
- Jika tidak kembali ke langkah 31

Langkah 33 : Nilai $S_{ijk} = 360$ menit

Langkah 34 : Penjadwalan masih berada dihari yang sama dan kembali lagi ke langkah 13

Langkah 35 : Apakah $C_{ijk} \geq 600$ menit?

- Jika iya lanjut ke langkah 36
- Jika tidak langsung menuju ke langkah 58

Langkah 36 : Apakah $S_{ijk} + l_{ijk} \leq 600$ menit?

- Jika iya lanjut ke langkah 37
- Jika tidak lanjut ke langkah 43

Langkah 37 : Nilai $Q_{in} = Q_i$

Langkah 38 : Set $Q_{in} = Q_{in} - 1$

Langkah 39 : Hitung $w_{ijk} \times Q_{in} = t_{ijk}$

Langkah 40 : Apakah $(S_{ijk} + t_{ijk} + l_{ijk} = C_{ijk}) \leq 600$ menit?

- Jika iya lanjut ke langkah 41
- Jika tidak kembali ke langkah 38

Langkah 41 : Nilai $S_{ijk} = 0$ menit

Langkah 42 : Penjadwalan produksi dilanjutkan di jam kerja aktif di hari berikutnya dan kembali lagi ke langkah 16

Langkah 43 : Nilai $l_{ijk0} = l_{ijk}$

Langkah 44 : Set $l_{ijk0} = l_{ijk0} - 1$

Langkah 45 : Apakah $(S_{ijk} + l_{ijk0} = C_{ijk}) \leq 600$ menit?

- Jika iya lanjut ke langkah 46

- Jika tidak kembali ke langkah 44

Langkah 46 : Nilai $S_{ijk} = 0$ menit

Langkah 47 : Penjadwalan produksi dilanjutkan di jam kerja aktif di hari berikutnya dan kembali lagi ke langkah 13

Langkah 48 : Apakah $S_{ijk} \leq 240$ menit?

- Jika iya lanjut ke langkah 49
- Jika tidak menuju ke langkah 35

Langkah 49 : Apakah $C_{ijk} \geq 240$ menit?

- Jika iya lanjut ke langkah 50
- Jika tidak langsung menuju ke langkah 58

Langkah 50 : Apakah $S_{ijk} + I_{ijk} \leq 240$ menit?

- Jika iya lanjut ke langkah 51
- Jika tidak lanjut ke langkah 55

Langkah 51 : Nilai $Q_{in} = Q_i$

Langkah 52 : Set $Q_{in} = Q_{in} - 1$

Langkah 53 : Hitung $w_{ijk} \times Q_{in} = t_{ijk}$

Langkah 54 : Apakah $(S_{ijk} + t_{ijk} + I_{ijk} = C_{ijk}) \leq 240$ menit?

- Jika iya menuju ke langkah 28
- Jika tidak kembali ke langkah 52

Langkah 55 : Nilai $I_{ijk0} = I_{ijk}$

Langkah 56 : Set $I_{ijk0} = I_{ijk0} - 1$

Langkah 57 : Apakah $(S_{ijk} + I_{ijk0} = C_{ijk}) \leq 240$ menit?

- Jika iya lanjut ke langkah 33
- Jika tidak kembali ke langkah 56

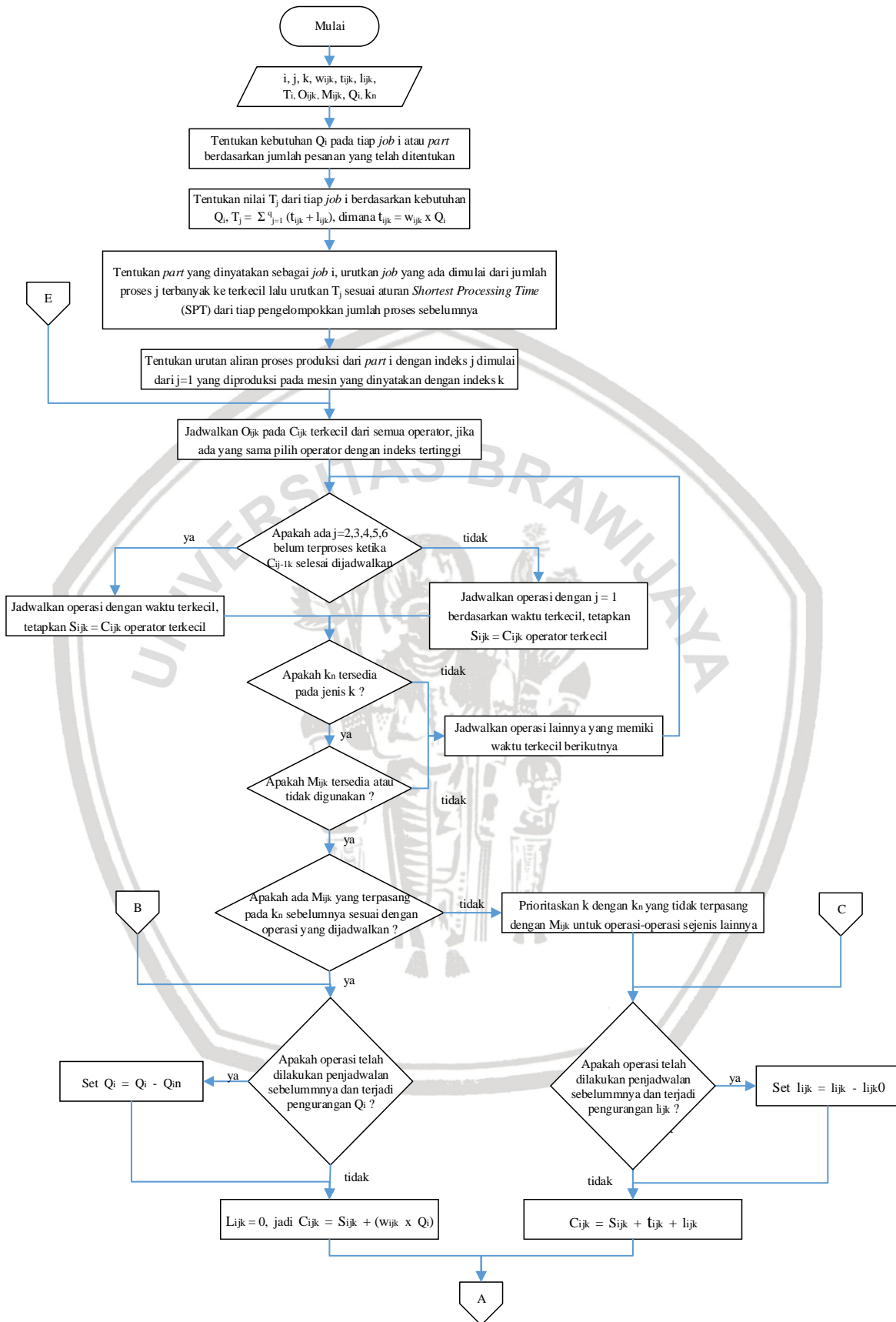
Langkah 58 : Apakah semua operasi sudah dijadwalkan?

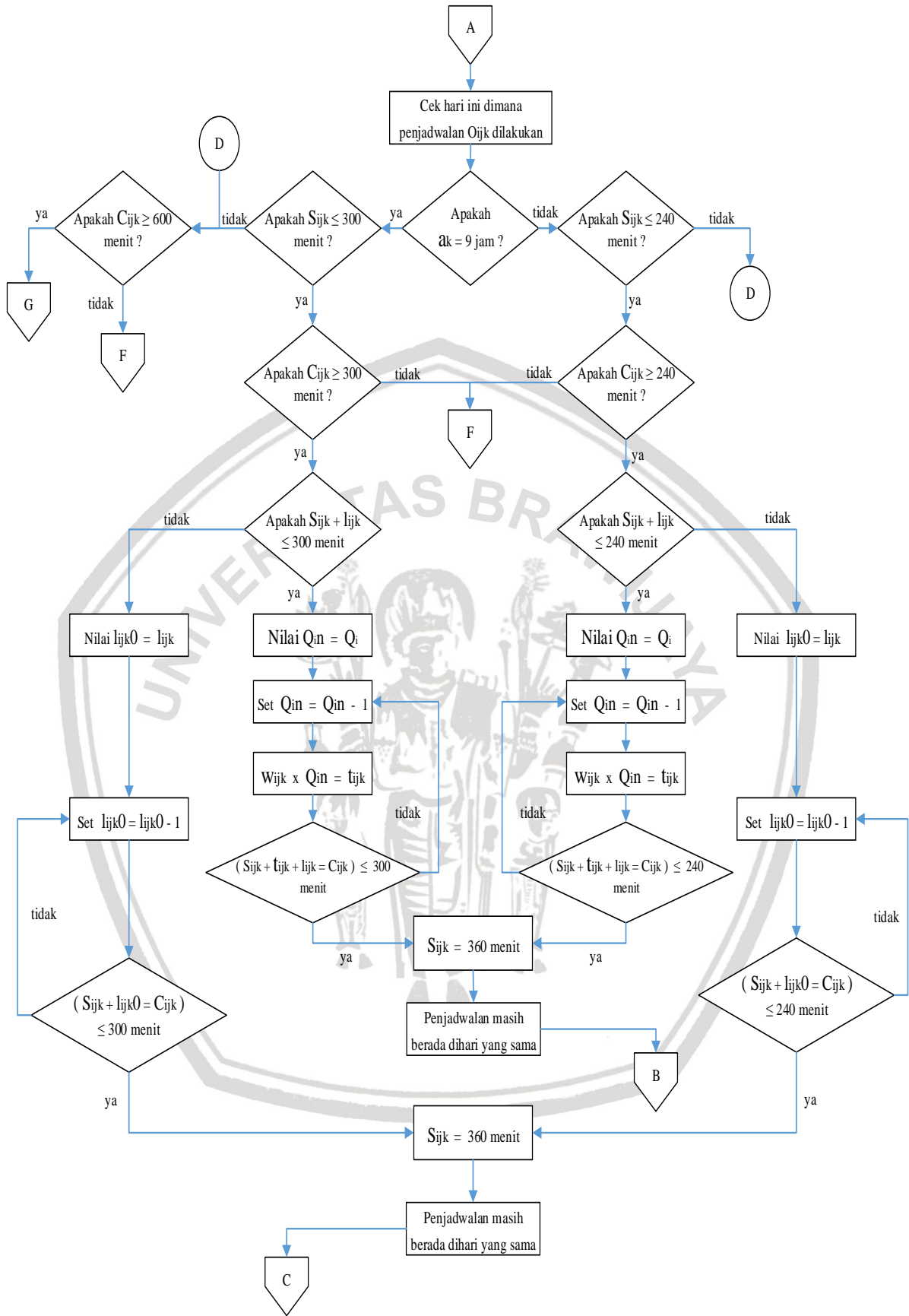
- Jika iya lanjut ke langkah 59
- Jika tidak kembali lagi ke langkah 4

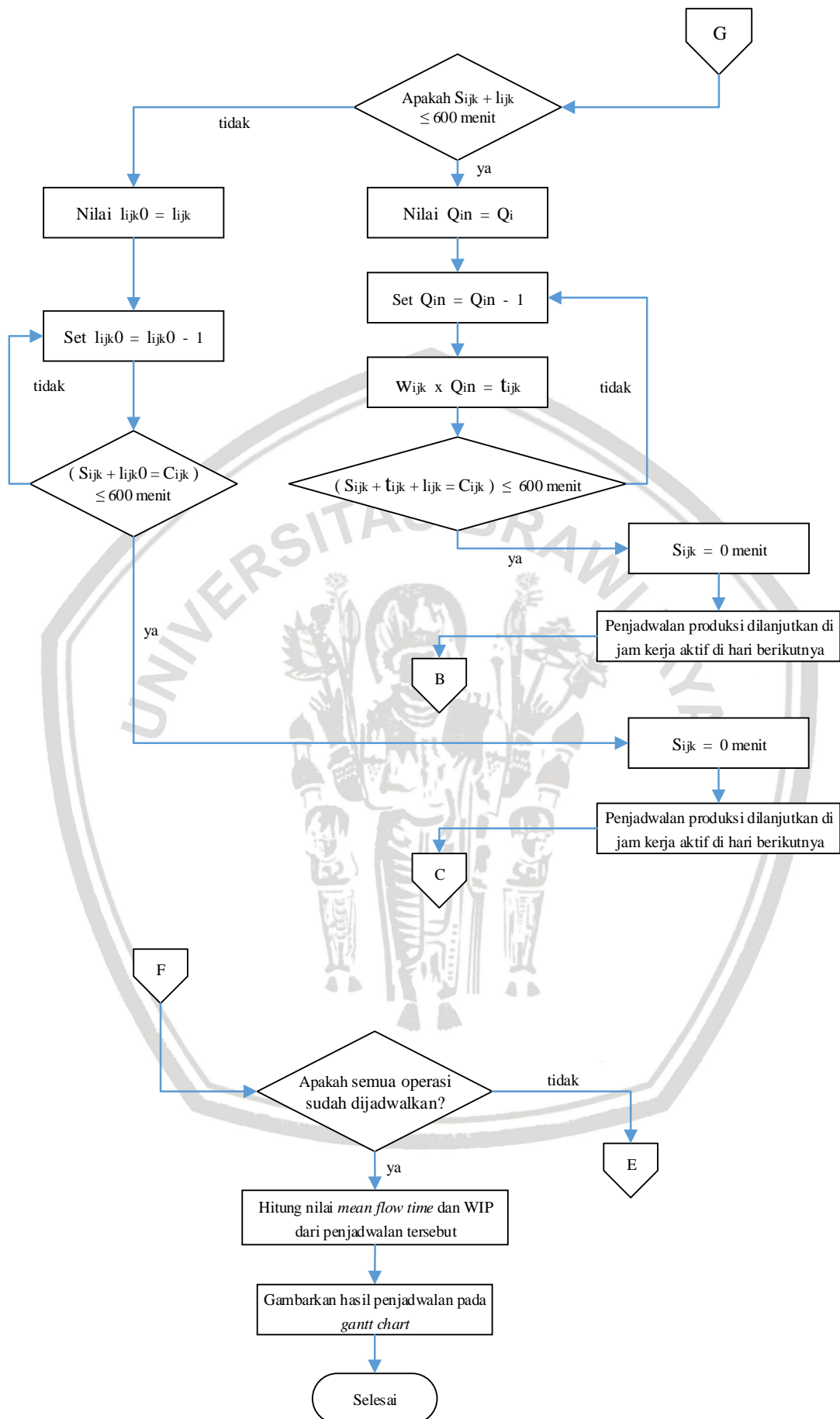
Langkah 59 : Hitung nilai *mean flow time* dan WIP dari penjadwalan tersebut

Langkah 60 : Gambarkan hasil penjadwalan pada *gant chart* dan selesai

Pada Gambar 4.2 akan ditampilkan diagram alir dari algoritma yang dikembangkan







Gambar 4.2 Diagram alir algoritma penjadwalan dengan pendekatan SPT

4.5 Pengolahan Data

Setelah melakukan pengembangan algoritma penjadwalan, tahap selanjutnya adalah pengolahan data. Pengolahan data pada penelitian ini terdiri dari perhitungan kebutuhan *part* tiap *job*, perhitungan penjadwalan menggunakan algoritma dengan aturan SPT, penjadwalan produksi dengan aturan SPT berdasarkan operator saat ini, verifikasi dan validasi, perhitungan jumlah operator, lalu dilakukan penjadwalan produksi kembali dengan aturan SPT menggunakan jumlah operator sesuai target.

4.5.1 Perhitungan Kebutuhan *Part* berdasarkan Pesanan

Setelah ditampilkan data pesanan produk sebelumnya di PT. Rimba Kencana yang terjadi pada bulan April 2018 pada Tabel 4.1, data yang merupakan berbagai jumlah pesanan baik dari masing-masing produk diubah menjadi kebutuhan *part* dari masing-masing *job* i nantinya. Berbagai macam jenis kursi bus seperti TYY 231, TYY 231 Jumbo, TCC 241, TCC 241 Jumbo, dan SE juga memiliki varian lainnya sesuai dengan pesanan yaitu jenis kursi untuk *big bus* atau *elf* seperti yang telah ditampilkan pada Tabel 4.1. Pada tabel tersebut sudah menjabarkan jumlah atau total kursi yang dibutuhkan dari masing-masing jenis kursi bus berdasarkan tiap variannya. Setelah mengetahui total kursi bus yang dibutuhkan dari dari tiap jenisnya, data tersebut diubah menjadi kebutuhan produksi tiap *part* dari masing-masing *job* i.

Tabel 4.3

Jumlah Kebutuhan *Part* dari tiap *Job* berdasarkan Pesanan April 2018

TYY 231						TYY 231 Jumbo					
Big Bus			Elf			Big Bus			Elf		
735			324			435			50		
Job	Keb. part	Total	Job	Keb. part	Total	Job	Keb. part	Total	Job	Keb. part	Total
1	2	1470				1	2	870			
2	2	1470				2	2	870			
3	2	1470				3	2	870			
			4	2	648				4	2	100
			5	2	648				5	2	100
			6	2	648				6	2	100
8	2	1470	8	2	648						
9	2	1470	9	2	648						
10	2	1470	10	2	648						
						11	2	870	11	2	100
						12	2	870	12	2	100
						13	2	870	13	2	100

Pada Tabel 4.3 menunjukkan beberapa total kebutuhan *part* dari masing-masing *job* i pada produk TYY 231 dan TYY 231 Jumbo. Setiap produk memiliki *job* yang berbeda-beda sesuai kebutuhannya. Di lain sisi, perbedaan varian antara *big bus* dan *elf* yaitu juga terletak pada *job* yang digunakan. Untuk *big bus* menggunakan *job* 1, 2, dan 3 untuk *part* kaki dari semua jenis kursi bus sedangkan untuk *elf* sendiri menggunakan *job* 4,5, dan 6 untuk *part* kaki dari semua jenis kursi bus. Setelah mengetahui total *part job* i dari masing-masing jenis kursi bus, keseluruhan jumlah *part* dari tiap *job* i yang sesuai dari masing jenis kursinya dijumlahkan yang dimana untuk selengkapnya berada pada Lampiran 2. Untuk perhitungan nilai Q_i sendiri sesuai Tabel 4.3 dimana seperti pada contoh nilai Q_i *job* 1 (Q_{01}) pada TYY 231.

$$\begin{aligned} Q_{01} \text{ TYY 231} &= \text{Kebutuhan } \textit{part job } i \text{ x jumlah kursi bus berdasarkan permintaan} \\ &= 2 \times 735 \\ &= 1470 \textit{ part} \end{aligned}$$

Pada perhitungan nilai Q_{01} TYY 231 tersebut, kebutuhan *part job* i didapatkan dari data seluruh *job* pada Lampiran 1 lalu untuk jumlah kursi bus berdasarkan permintaan didapatkan dari Tabel 4.1 yang merupakan total permintaan dari tiap produk. Setelah mengetahui seluruh nilai Q_{01} pada seluruh produk maka dijumlah semua untuk keseluruhan produk agar dapat mengetahui total nilai Q_{01} yang dibutuhkan pada periode tersebut. Lalu dilanjutkan perhitungan yang sama untuk seluruh *job* dan didapatkan hasil yang terdapat pada Lampiran 2. Kebutuhan total *part* dari tiap *job* i digunakan sebagai Q_i yang nantinya untuk dilakukan penjadwalan produksi berdasarkan algoritma yang digunakan.

4.5.2 Penjadwalan Menggunakan Algoritma dengan Aturan SPT

Sebagaimana yang telah disampaikan sebelumnya, penelitian ini dibatasi dengan hanya melakukan penjadwalan yang dilakukan pada bulan Maret 2018 untuk pesanan bulan April 2018. Penjadwalan yang dilakukan hanya berdasarkan jumlah pesanan bulan April 2018 tanpa memperhatikan pesanan periode sebelumnya ataupun *stock* yang tersedia pada periode tersebut. Dalam melakukan penjadwalan menggunakan algoritma dengan aturan SPT yang telah dibuat, diperlukan beberapa input seperti i , j , k , w_{ijk} , l_{ijk} , O_{ijk} , dan M_{ijk} yang terdapat pada Lampiran 1, lalu untuk Q_i terdapat pada Lampiran 2, untuk k_n dilihat dari jalannya algoritma nantinya berdasarkan Tabel 4.2, dan nilai t_{ijk} dan T_j dilakukan perhitungan sesuai dengan algoritma nantinya. Berikut merupakan contoh cara pengerjaan mulai awal penjadwalan bulan Maret 2018 sesuai dengan langkah-langkah yang telah dibuat sebelumnya.

Langkah 0 : Kebutuhan nilai dari tiap Q_i seperti yang dijelaskan sebelumnya terdapat pada Lampiran 2

Langkah 1 : Untuk menghitung nilai T_j dari tiap job , misal pada T_{01}

$$T_i = \sum_{j=1}^q (t_{ijk} + l_{ijk}) \quad (4-2)$$

$$T_i = \sum_{j=1}^q ((w_{ijk} \times Q_i) + l_{ijk}) \quad (4-3)$$

$$\begin{aligned} T_{01} &= (w_{011D} \times Q_{01}) + l_{011D} \\ &= \left(\left(\frac{13,1}{60} \times 6428 \right) + 45 \right) \\ &= 1448,45 \text{ menit} \end{aligned}$$

Lalu lanjutkan hingga menghitung nilai T_j job terakhir

Langkah 2 : Mengurutkan job yang ada dimulai dari job dengan 6 proses ke job dengan 1 proses, lalu urutkan T_j dari semua job sesuai aturan *Shortest Processing Time* (SPT) berdasarkan tiap pengelompokkan jumlah proses sebelumnya. Untuk hasil pengurutan job yang akan dijadwalkan berada pada Lampiran 3.

Langkah 3 : Tentukan urutan aliran proses produksi dari $part$ i dengan indeks j dimulai dari $j = 1$ yang diproduksi pada mesin yang dinyatakan dengan indeks k

Langkah 4 : Karena hari pertama bulan Maret 2018, maka semua operator *ready* karena tidak ada penjadwalan sebelumnya dimana nilai $C_{ijk} = S_{ijk} = 0$ untuk seluruh operator dan operator yang akan dijadwalkan awal ialah Operator 1

Langkah 5 : Tidak terdapat job dengan proses $j = 2,3,4,5,6$ yang belum diproses ketika O_{ij-1k} dan langsung menuju ke Langkah 7

Langkah 7 : Sesuai urutan job dengan aturan SPT pada Lampiran 3, maka job 26 proses 1 yaitu O_{261D} yang dijadwalkan pada Operator 1

Langkah 8 : Jenis mesin atau k yang digunakan ialah mesin D untuk O_{261D} , dimana mesin D yang tersedia atau k_n ialah D1, D2, dan D3

Langkah 9 : Matras untuk O_{261D} atau M_{261D} tersedia, dimana yang digunakan ialah matras 24 dan langsung menuju Langkah 11

Langkah 11 : Pada seluruh mesin k_n pada mesin D baik pada D1, D2, D3 belum terpasang matras 24 sesuai dengan O_{261D}

Langkah 12 : Seluruh jenis mesin D baik D1, D2, dan D3 belum terpasang oleh matras apapun sehingga untuk penjadwalan O_{261D} bisa dilakukan pada k_n mesin D1

Langkah 13 : Pada O_{261D} belum dijadwalkan sebelumnya dan tidak terjadi pengurangan l_{261D} . Langsung menuju ke Langkah 15

Langkah 15 : Hitung nilai C_{261D} ,

$$C_{ijk} = S_{ijk} + t_{ijk} + l_{ijk} \quad (4-4)$$

$$C_{ijk} = S_{ijk} + (w_{ijk} \times Q_i) + l_{ijk} \quad (4-5)$$

$$\begin{aligned} C_{261D} &= 0 + \left(\frac{13,1}{60} \times 3088\right) + 45 \\ &= 719,2 \text{ menit} \end{aligned}$$

Lanjut langkah 19

Langkah 19 : Pada penjadwalan saat ini O_{261D} ialah pada Kamis, 1 Maret 2018

Langkah 20 : Nilai a_k pada hari Kamis ialah 9 jam

Langkah 21 : Nilai $S_{261D} = 0$, maka $S_{ijk} \leq 300$ menit

Langkah 22 : Nilai $C_{261D} = 719,2$, maka $C_{261D} \geq 300$ menit

Langkah 23 : Nilai $S_{261D} + l_{261D} = 0 + 45 = 45$ menit, jadi $S_{261D} + l_{261D} \leq 300$ menit

Langkah 24 : Nilai $Q_{26n} = Q_{26} = 3088$

Langkah 25 : Set $Q_{26n} = Q_{26n} - 1$, untuk mendapatkan hasil Q_{26n} yang bisa diselesaikan sebelum jam istirahat dimana nilai Q_{26n} harus berkurang sebesar 1921

$$Q_{26n} = 3088 - 1921$$

$$Q_{26n} = 1167$$

Langkah 26 : Hitung nilai t_{261D} ,

$$t_{ijk} = w_{ijk} \times Q_{in} \quad (4-6)$$

$$t_{261D} = w_{261D} \times Q_{26n}$$

$$t_{261D} = \frac{13,1}{60} \times 1167$$

$$t_{261D} = 254,80 \text{ menit}$$

Langkah 27 : Hitung nilai C_{261D} saat ini,

$$C_{261D} = S_{261D} + t_{261D} + l_{261D}$$

$$C_{261D} = 0 + 254,80 + 45$$

$$C_{261D} = 299,80 \text{ menit, jadi nilai } C_{261D} \leq 300 \text{ menit}$$

Langkah 28 : Nilai $S_{261D} = 360$ menit untuk penjadwalan O_{261D} berikutnya

Langkah 29 : Penjadwalan O_{261D} masih berada dihari yang sama dan kembali ke Langkah 16 dibawah ini

Langkah 16 : Pada O_{261D} telah dilakukan penjadwalan sebelumnya dan terjadi pengurangan jumlah Q_{26}

Langkah 17 : Set $Q_i = Q_i - Q_{in}$ (4-7)

Nilai $Q_{26} = Q_{26} - Q_{26n}$, untuk nilai Q_{26} merupakan jumlah permintaan sisa saat ini dimana dengan diketahui nilai Q_{26} yang merupakan jumlah

permintaan sebelumnya yaitu 3088 dan nilai Q_{26n} merupakan jumlah permintaan yang sudah dijadwalkan sebelumnya yaitu 1921,

$$Q_{26} = 3088 - 1167$$

$$Q_{26} = 1921$$

Langkah 18 : $L_{ijk} = 0$ karena matras sudah terpasang saat penjadwalan operasi O_{261D} sebelumnya, jadi hitung C_{ijk}

$$C_{ijk} = S_{ijk} + (w_{ijk} \times Q_i)$$

$$C_{261D} = 360 + \left(\frac{13,1}{60} \times 1921\right)$$

$$= 779,4 \text{ menit}$$

Langkah 19 : Pada penjadwalan saat ini O_{261D} ialah pada Kamis, 1 Maret 2018

Langkah 20 : Nilai a_k pada hari Kamis ialah 9 jam

Langkah 21 : Nilai $S_{261D} = 360$, maka S_{261D} tidak ≤ 300 menit dan langsung ke Langkah 35

Langkah 35 : Nilai $C_{261D} = 779,4$, maka $C_{261D} \geq 600$ menit

Langkah 36 : Nilai $S_{261D} + I_{261D} = 0 + 0 = 0$ menit, jadi $S_{261D} + I_{261D} \leq 600$ menit

Langkah 37 : Nilai $Q_{26n} = Q_{26} = 1921$

Langkah 38 : Set $Q_{26n} = Q_{26n} - 1$, untuk mendapatkan hasil Q_{26n} yang bisa diselesaikan sebelum jam kerja selesai dimana nilai Q_{26n} harus berkurang sebesar 822

$$Q_{26n} = 1921 - 822$$

$$Q_{26n} = 1099$$

Langkah 39 : Hitung nilai t_{261D} ,

$$t_{261D} = w_{261D} \times Q_{26n}$$

$$t_{261D} = \frac{13,1}{60} \times 1099$$

$$t_{261D} = 239,95 \text{ menit}$$

Langkah 40 : Hitung nilai C_{261D} saat ini,

$$C_{261D} = S_{261D} + t_{261D} + I_{261D}$$

$$C_{261D} = 360 + 239,95 + 0$$

$$C_{261D} = 599,95 \text{ menit, jadi nilai } C_{261D} \leq 600 \text{ menit}$$

Langkah 41 : Nilai $S_{261D} = 0$ menit untuk penjadwalan O_{261D} berikutnya

Langkah 42 : Penjadwalan O_{261D} dilanjutkan di jam kerja aktif di hari berikutnya dan kembali ke Langkah 16 dibawah ini

Langkah 16 : Pada O_{261D} telah dilakukan penjadwalan sebelumnya dan terjadi pengurangan jumlah Q_{26}

Langkah 17 : Set $Q_{26} = Q_{26} - Q_{26n}$, untuk nilai Q_{26} merupakan jumlah permintaan sisa saat ini dimana dengan diketahui nilai Q_{26} yang merupakan jumlah permintaan sebelumnya yaitu 1921 dan nilai Q_{26n} merupakan jumlah permintaan yang sudah dijadwalkan sebelumnya yaitu 1099,

$$Q_{26} = 1921 - 1099$$

$$Q_{26} = 822$$

Langkah 18 : $L_{ijk} = 0$ karena matras sudah terpasang saat penjadwalan operasi O_{261D} sebelumnya, jadi hitung C_{ijk}

$$C_{ijk} = S_{ijk} + (w_{ijk} \times Q_i)$$

$$\begin{aligned} C_{261D} &= 0 + \left(\frac{13,1}{60} \times 822\right) \\ &= 179,47 \text{ menit} \end{aligned}$$

Langkah 19 : Pada penjadwalan saat ini O_{261D} ialah pada Jum'at, 2 Maret 2018

Langkah 20 : Nilai a_k pada hari Jum'at ialah 8 jam, maka langsung menuju ke Langkah 48

Langkah 48 : Nilai $S_{261D} = 0$, maka $S_{261D} \leq 240$ menit

Langkah 49 : Nilai $C_{261D} = 179,47$, Karena nilai C_{ijk} tidak ≥ 300 menit maka penjadwalan untuk O_{261D} telah selesai dijadwalkan dan langsung menuju ke Langkah 58

Langkah 58 : Ketika masih terdapat masing-masing operasi dari seluruh *job* yang belum dijadwalkan maka kembali lagi ke Langkah 4 dimana dilakukan penjadwalan operasi lain yang sama dengan cara diatas. Lalu jika seluruh *job* sudah dijadwalkan maka menuju langkah 59

Langkah 59 : Setelah itu menghitung nilai *mean flow time* dan WIP dari penjadwalan tersebut dimana akan dibahas pada subbab berikutnya

Langkah 60 : Gambarkan seluruh hasil penjadwalan pada *gantt chart* yang juga akan dibahas pada subbab berikutnya dan selesai

4.5.3 Penjadwalan Produksi dengan Aturan SPT berdasarkan 7 Operator

Pada penjadwalan yang dilakukan pada penelitian kali ini berdasarkan jumlah sumber daya yang sesuai dengan yang ada pada PT. Rimba Kencana. Sumber daya yang dimaksud ialah jumlah operator yang digunakan perusahaan pada lini produksi *stamping press*. Jumlah operator yang digunakan perusahaan untuk lini tersebut hanya berjumlah tujuh operator dimana tidak sebanding dengan jumlah mesin yang ada pada lini produksi *stamping press* yaitu sebanyak 20 mesin paralel. Ke tujuh operator ini mampu menangani setiap mesin dan memiliki waktu pengerjaan yang sama untuk setiap mesin yang sejenis atau dalam arti lain

tidak ada perbedaan kemampuan antar operator. Akan tetapi dikarenakan mesin *stamping press* tersebut manual, setiap operator harus berada di mesin tersebut ketika sedang memproduksi suatu *part*. Berdasarkan penjadwalan produksi dengan menggunakan tujuh operator nantinya akan mendapatkan beberapa hasil yaitu urutan operasi penjadwalan dari masing-masing *job*, perhitungan *mean flow time* (\bar{F}) dari keseluruhan *job*, perhitungan WIP pada penjadwalan ini, dan juga *ganttt chart* penjadwalan berdasarkan tujuh operator.

4.5.3.1 Urutan Operasi Penjadwalan berdasarkan 7 Operator

Penjadwalan produksi dengan menggunakan aturan SPT (*Short Processing Time*) yang digunakan untuk meminimasi nilai *mean flow time* (\bar{F}). Dalam penjadwalan kali ini yang harus dilakukan ialah dengan memperhatikan beberapa kondisi, yaitu perhatian akan mesin atau matras apakah tersedia ketika akan memproses suatu O_{ijk} dan juga ketika memproses *job* dengan $j=2,3,4,5,6$ apakah O_{ij-1k} sudah diproses sebelumnya. Dengan menggunakan algoritma yang sudah dijelaskan sebelumnya, berikut merupakan urutan operasi penjadwalan produksi berdasarkan tujuh operator.

Tabel 4.4
Urutan Operasi Penjadwalan Produksi berdasarkan 7 Operator

Urutan Pengerjaan	Op 1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5	Op 6	Op 7
1	O _{261D}	O _{031C}	O _{201B}	O _{621C}	O _{501D}	O _{231G}	O _{511D}
2	O _{262D}	O _{061C}	O _{111B}	O _{202C}	O _{651C}	O _{121B}	O _{591C}
3	O _{513D}	O _{062C}	O _{502G}	O _{203I}	O _{652A}	O _{131B}	O _{592D}
4	O _{482F}	O _{063H}	O _{503D}	O _{622A}	O _{653G}	O _{161B}	O _{593G}
5	O _{213H}	O _{064G}	O _{601C}	O _{623G}	O _{512G}	O _{171B}	O _{481D}
6	O _{132C}	O _{222H}	O _{602D}	O _{232H}	O _{211G}	O _{612D}	O _{613G}
7	O _{162C}	O _{641C}	O _{603G}	O _{233H}	O _{212H}	O _{032D}	O _{221G}
8	O _{163F}	O _{642A}	O _{181B}	O _{611C}	O _{112C}	O _{033D}	O _{631C}
9	O _{173F}	O _{643G}	O _{191B}	O _{263C}	O _{113F}	O _{034C}	O _{632A}
10	O _{183F}	O _{471G}	O _{081B}	O _{264G}	O _{483D}	O _{035H}	O _{633G}
11	O _{193F}	O _{472G}	O _{122C}	O _{265G}	O _{223H}	O _{036G}	O _{091B}
12	O _{083F}	O _{473H}	O _{123F}	O _{266G}	O _{441D}	O _{271G}	O _{101B}
13	O _{093F}	O _{351E}	O _{133F}	O _{491E}	O _{442D}	O _{272H}	O _{431D}
14	O _{103F}	O _{352G}	O _{172C}	O _{492F}	O _{443I}	O _{041D}	O _{432D}
15	O _{381D}	O _{391D}	O _{182C}	O _{493F}	O _{141B}	O _{241A}	O _{433H}
16	O _{382D}	O _{392E}	O _{192C}	O _{521F}	O _{142C}	O _{421A}	O _{561H}
17	O _{291D}	O _{151B}	O _{082C}	O _{522F}	O _{143F}	O _{341H}	O _{562H}
18	O _{292D}	O _{152C}	O _{092C}	O _{523F}	O _{153F}		O _{541G}
19	O _{571H}	O _{321F}	O _{102C}	O _{461D}	O _{531G}		O _{542I}
20	O _{572I}	O _{322H}	O _{301A}	O _{462H}	O _{532H}		O _{311A}
21	O _{281A}	O _{551H}	O _{302G}	O _{051D}			O _{312G}

Urutan Pengerjaan	Op 1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5	Op 6	Op 7
22	O _{282D}	O _{011D}	O _{303H}	O _{251D}			O _{451C}
23	O _{401E}		O _{581G}	O _{242D}			
24	O _{361D}		O _{582H}				
25	O _{371D}		O _{681E}				
26	O _{411D}		O _{661E}				
27	O _{671E}		O _{021D}				
28	O _{331F}						
29	O _{332H}						

Dari Tabel 4.4 didapatkan urutan operasi penjadwalan produksi dari ke tujuh operator. Untuk perhitungan selengkapnya dari urutan operasi penjadwalan produksi untuk tujuh operator yang ada diatas terdapat pada Lampiran 4. Berdasarkan data dari perhitungan pada Lampiran 4 tersebut, Operator 1 memiliki waktu penyelesaian semua *job* yang dikerjakan terpanjang dibanding operator lain yaitu sampai pada tanggal 2 April 2018. Waktu penyelesaian oleh Operator 1 telah melewati batas penyelesaian pengerjaan keseluruhan *job* dimana yang harus sampai akhir Maret 2018. Hal tersebut dikarenakan beberapa pengerjaan *job* yang tidak bisa dikerjakan karena beberapa faktor yaitu operator, mesin, dan matras yang tidak tersedia ataupun pengerjaan *job* untuk proses sebelumnya yang belum dijadwalkan atau belum selesai dikerjakan oleh operator tersebut.

4.5.3.2 Perhitungan *Mean Flow Time* (\bar{F}) Penjadwalan berdasarkan 7 Operator

Setelah mengetahui seluruh urutan operasi penjadwalan produksi dengan tujuh operator dapat diketahui nilai *mean flow time* (\bar{F}). Ketika menggunakan aturan SPT maka hasil yang didapat ialah akan meminimasi nilai *mean flow time* yang dimana dengan meminimasi hal tersebut dapat juga meminimasi nilai WIP (*Work in Process*). Nilai *mean flow time* didapatkan berdasarkan rata-rata nilai *flow time* (F_i) dari masing *job* *i*. *Flow time* yang dimaksud ialah seberapa lama waktu suatu *job* *i* diproses. Waktu awal atau *ready time* yang digunakan ialah ketika *job* tersebut siap akan diproduksi dimana waktu ketika *job* atau *part* tersebut didatangkan dari gudang bahan baku dan akan diproduksi di jadwal tersebut. Setelah mendapatkan nilai *flow time*, nantinya juga akan didapatkan nilai C_i (*completion time job* *i*). Nilai C_i ini merupakan hasil kumulatif dimana dengan waktu *ready time* ialah dari 0 sampai waktu dimana *job* tersebut terselesaikan dari hasil penjadwalan pada periode tersebut. Sebelumnya untuk menghitung nilai *flow time job* *i* yaitu dengan menghitung nilai waktu proses *job* *i* dan *waiting time* dari masing-masing *job* *i*. Nilai waktu proses yang

digunakan ialah waktu proses masing-masing O_{ijk} pada suatu *job* i . Pada penjadwalan ini untuk menghitung waktu proses O_{ijk} ialah dengan cara sebagai berikut.

1. Untuk O_{ijk} ketika pada penjadwalan yang dilakukan perlu memasang matras untuk diproses:

$$\text{Waktu proses } O_{ijk} = t_{ijk} + l_{ijk} \quad (4-8)$$

2. Untuk O_{ijk} ketika pada penjadwalan yang dilakukan tanpa perlu memasang matras lagi untuk diproses dimana $l_{ijk} = 0$:

$$\text{Waktu proses } O_{ijk} = t_{ijk} \quad (4-9)$$

Dengan menggunakan rumus diatas, sebagai contoh dalam menghitung waktu proses O_{241A} pada *job* 24 sesuai dengan Lampiran 4 ialah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Waktu proses } O_{241A} &= t_{241A} + l_{241A} \\ &= 1261,7 + 65 \\ &= 1326,7 \text{ menit} \end{aligned}$$

Lalu untuk menghitung O_{242D} pada *job* 24 dengan menggunakan cara yang sama menghasilkan waktu 1060,25 menit. Jadi untuk nilai waktu proses *job* 24 ialah penjumlahan keseluruhan waktu proses dari seluruh O_{24jk} yang ada yaitu dengan cara:

$$\begin{aligned} \text{Waktu proses } job \ i &= \sum_{j=1}^q (\text{waktu proses } O_{ijk}) \quad (4-10) \\ \text{Waktu proses } job \ 24 &= (\text{waktu proses } O_{241A} + \text{waktu proses } O_{242D}) \\ &= (1326,7 + 1060,25) \\ &= 2386,95 \text{ menit} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai waktu proses suatu *job* i maka dicari nilai *waiting time job* i . Nilai *waiting time* yang dimaksud disini ialah waktu tunggu antara selesainya proses satu (C_{ijk}) ke mulainya proses berikutnya (S_{ij+1k}) pada penyelesaian suatu *job* dalam suatu jam kerja. Hal ini dapat dikarenakan beberapa hal dimana ketika suatu O_{ijk} telah selesai dikerjakan lalu untuk melanjutkan ke O_{ij+1k} harus mengantri O_{ijk} yang lain atau dapat juga dikarenakan ketika akan menjadwalkan O_{ij+1k} matras atau mesin yang digunakan masih belum tersedia atau sedang digunakan untuk *job* yang lain. Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan *waiting time* dalam pengerjaan *job* 24 yang hanya memiliki dua proses berdasarkan dari hasil pengurutan penjadwalan pada Lampiran 4.

$$C_{241A} = \text{menit ke-21,16 pada 28 Maret 2018}$$

$$S_{242D} = \text{menit ke-193,66 pada 28 Maret 2018}$$

$$\text{Waiting time } job \ i = \sum_{j=1}^q (S_{ij+1k} - C_{ijk}) \quad (4-11)$$

$$\text{Waiting time } job \ 24 = S_{242D} - C_{241A}$$

$$\begin{aligned}
 &= 193,66 - 21,16 \\
 &= 172,50 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas merupakan waktu tunggu antara selesai memproses O_{241A} dan akan memproses O_{242D} . Akan tetapi waktu tersebut ditambahkan waktu tunggu ketika setiap operasi tersebut tidak bisa dikerjakan dalam sampai batas jam istirahat ataupun batas akhir jam kerja pada hari tersebut. Pada pernyataan tersebut yang dimaksud ialah seperti contoh ketika mengerjakan O_{241A} sesuai pada Lampiran 4 yang dimulai pada menit ke-373,76 pada 24 Maret 2018 dan selesai pada 28 Maret 2018 menit ke- 21,16. Seperti pada dibawah ini merupakan hasil perhitungan *waiting time* untuk O_{241A} .

$$C_{241A} \text{ pada 24 Maret 2018 (akhir jam kerja)} = \text{menit } 599,93$$

$$C_{241A} \text{ pada 26 Maret 2018 (sebelum istirahat)} = \text{menit } 299,82$$

$$C_{241A} \text{ pada 26 Maret 2018 (akhir jam kerja)} = \text{menit } 599,86$$

$$C_{241A} \text{ pada 27 Maret 2018 (sebelum istirahat)} = \text{menit } 299,82$$

$$C_{241A} \text{ pada 27 Maret 2018 (akhir jam kerja)} = \text{menit } 599,86$$

$$\text{Waiting time } O_{ijk} = \sum (240 - C_{ijk} \text{ sebelum istirahat}) + \sum (300 - C_{ijk} \text{ sebelum istirahat}) + \sum (600 - C_{ijk} \text{ akhir jam kerja}) \quad (4-12)$$

$$\begin{aligned} \text{Waiting time } O_{241A} &= ((300-299,82) + (300-299,82)) + ((600-599,93) + (600-599,86) + \\ &\quad (600-599,86)) \\ &= 0,57 \text{ menit} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan perhitungan tersebut juga dilakukan perhitungan *waiting time* untuk O_{242D} yang mendapatkan hasil 0,46 menit. Jadi untuk perhitungan total *waiting time* job 24 ialah.

$$\text{Total } \textit{waiting time job } i = (\textit{waiting time job } i) + \sum_{j=1}^q (\textit{waiting time } O_{ijk}) \quad (4-13)$$

$$\begin{aligned} \text{Total } \textit{waiting time job } 24 &= (\textit{waiting time job } 24) + \sum_{j=1}^q (\textit{waiting time } O_{24jk}) \\ &= (172,50) + (0,57 + 0,46) \\ &= 173,53 \text{ menit} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan keseluruhan nilai dari waktu proses dan nilai *waiting time* dari tiap job i, maka dilakukan perhitungan *flow time* (F_i) dari masing-masing job i. Sebagai contoh untuk menghitung nilai *flow time* pada job 24 (F_{24}) yaitu dengan cara:

$$F_i = \text{Waktu proses } \textit{job } i + \textit{Waiting time job } i \quad (4-14)$$

$$\begin{aligned} F_{24} &= 2386,95 + 173,53 \\ &= 2560,48 \text{ menit} \end{aligned}$$

Nilai *flow time* ada pada *job* 24 ialah sebesar 2560,48 menit. Lalu berdasarkan Lampiran 4, dapat diketahui pula nilai C_i tiap *job* dimana untuk *job* 24 nilai C_{24} ialah menit ke 13434,23 menit. Nilai C_{24} tersebut didapatkan dari waktu awal mula penjadwalan di titik 0 pada 1 Maret 2018 sampai waktu akhir penyelesaian *job* 24 yaitu pada O_{242D} yang selesai pada menit ke-174,23 pada 31 maret 2018. Dari beberapa tahap yang telah dilakukan, didapatkan nilai *mean flow time* (\bar{F}) dari rata-rata nilai *flow time* (F_i) pada semua *job*. Pada Tabel 4.5. akan dilihat hasil *mean flow time* (\bar{F}) dan data hasil perhitungan *flow time* (F_i), *completion time job i* (C_i), waktu proses, dan juga *waiting time* dari keseluruhan *job i*.

Tabel 4.5

Hasil *Mean Flow Time* (\bar{F}) Penjadwalan berdasarkan 7 Operator

<i>Job (i)</i>	<i>Waiting Time</i>	<i>Waktu Proses</i>	<i>Flow Time (F_i)</i>	<i>Completion Time Job i (C_i)</i>
1	0,30	1403,45	1403,75	13089,21
2	0,38	1403,45	1403,83	13573,54
3	145,11	9072,14	9217,25	9157,32
4	0,23	333,64	333,86	10873,76
5	0,42	333,64	334,06	11313,09
6	0,33	1319,59	1319,92	2987,84
7	-	-	-	-
8	1883,76	1901,49	3785,25	6088,45
9	945,60	1881,49	2827,09	6830,10
10	1083,79	1881,49	2965,28	7572,15
11	2108,45	920,68	3029,13	3077,55
12	2257,09	861,68	3118,77	3492,60
13	2320,37	861,68	3182,06	3832,35
14	1,41	3134,50	3135,91	9205,45
15	207,18	3114,50	3321,67	10433,40
16	2181,82	1016,25	3198,08	4124,85
17	2256,45	1016,25	3272,71	4525,55
18	2258,87	1016,25	3275,12	4926,20
19	2333,46	1016,25	3349,72	5326,90
20	113,45	114,66	228,11	228,11
21	275,33	1514,25	1789,58	3188,47
22	468,39	1525,75	1994,14	4080,69
23	406,53	1041,81	1448,33	1223,36
24	173,53	2386,95	2560,48	13434,23
25	0,32	1060,25	1060,57	12373,66
26	54,16	4445,94	4500,10	4380,09
27	0,65	1381,93	1382,57	10539,89
28	1,18	1622,09	1623,27	10005,28
29	0,63	95,24	95,87	7760,24
30	1,94	3390,70	3392,64	9539,94
31	0,69	1631,62	1632,31	11427,37

<i>Job (i)</i>	<i>Waiting Time</i>	<i>Waktu Proses</i>	<i>Flow Time (F_i)</i>	<i>Completion Time Job i (C_i)</i>
32	1,23	2188,74	2189,97	11189,90
33	2,56	4342,49	4345,05	14824,55
34	0,73	1614,19	1614,92	13884,11
35	0,00	63,28	63,28	7021,77
36	0,92	46,31	47,23	10097,31
37	0,55	46,31	46,86	10143,62
38	0,00	92,62	92,62	7664,77
39	0,00	89,71	89,71	7111,48
40	0,00	44,80	44,80	10050,08
41	0,00	47,62	47,62	10191,24
42	0,17	68,26	68,43	12269,42
43	2,41	3006,50	3008,91	8217,81
44	0,92	1988,39	1989,31	6069,73
45	0,66	1212,44	1213,10	12640,11
46	1,37	2036,25	2037,62	10979,45
47	1,79	2110,67	2112,46	6958,49
48	473,45	1776,16	2249,61	3585,02
49	2,41	2058,80	2061,21	6440,15
50	128,50	755,17	883,67	823,67
51	504,24	1502,00	2006,24	1946,24
52	1,30	2501,25	2502,55	8942,70
53	0,81	2030,50	2031,31	12464,58
54	0,29	973,50	973,79	9860,06
55	0,47	495,50	495,97	11685,47
56	0,28	668,19	668,47	8886,27
57	0,20	621,57	621,77	8382,01
58	0,59	1363,43	1364,02	11068,94
59	0,52	827,07	827,59	1335,41
60	0,35	827,07	827,41	1651,08
61	120,13	743,07	863,19	2086,55
62	66,44	488,51	554,95	554,95
63	1,09	1380,43	1381,52	4003,01
64	0,59	1361,93	1362,52	4846,03
65	0,43	470,67	471,10	911,56
66	0,33	698,13	698,46	12169,83
67	0,00	288,63	288,63	10480,07
68	0,29	402,27	402,56	11471,40
Σ Flow Time (F_i)			116729,80 menit	
Mean Flow Time (\bar{F})			1742,24 menit	

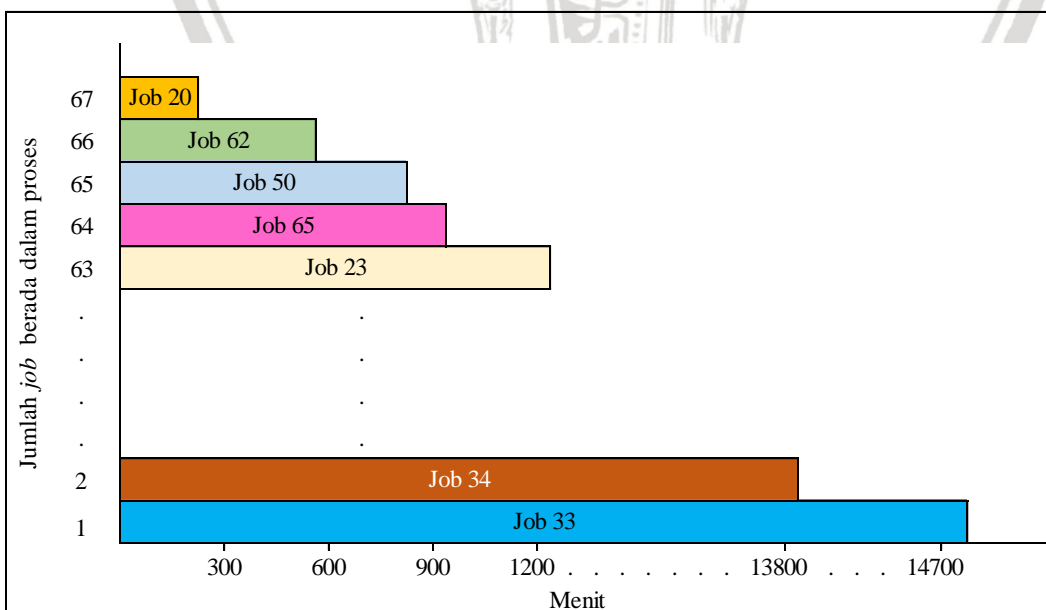
Pada Tabel 4.5 menunjukkan nilai *flow time* (F_i), waktu proses, dan juga *waiting time* dari keseluruhan *job i*. Dari tabel tersebut pula didapatkan nilai *mean flow time* (\bar{F}) untuk

penjadwalan produksi dengan aturan SPT berdasarkan tujuh operator. Berikut merupakan cara perhitungan nilai *mean flow time* (\bar{F}).

$$\begin{aligned} \bar{F} &= \frac{\sum(F_i)}{n} && (4-15) \\ &= \frac{116729,80}{67} \\ &= 1742,24 \text{ menit} \end{aligned}$$

4.5.3.3 Perhitungan *Work in Process* (WIP) Penjadwalan berdasarkan 7 Operator

Dari perhitungan *mean flow time* sebelumnya didapatkan nilai *completion time* pada tiap *job* nya (C_i). Nilai C_i dari tiap *job* ini nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai *work in process* (WIP) untuk penjadwalan produksi oleh tujuh operator ini. Maksud WIP pada penjadwalan kali ini ialah rata-rata jumlah *job* dimana *job* tersebut selama masih diproses atau selama masih berada didalam sistem proses produksi ketika awal awal sampai akhir penjadwalan. Pada penjadwalan rentang dalam perhitungan WIP pada suatu *job* ini dimulai dari waktu ke-0 pada 1 Maret 2018 sampai waktu *job* terakhir yang dikerjakan oleh operator. Dalam perhitungannya, nilai C_i dari masing-masing *job* yang didapatkan diurutkan dari waktu penyelesaian terkecil ke terbesar. Lalu melihat jumlah *job* yang masih berada dalam proses ketika setiap *job* i dikerjakan. Ketika nilai C_i terkecil berada pada *job* 20 dengan C_{20} menit ke-228,11 maka jumlah *job* yang masih tersisa atau berada dalam proses ketika *job* 20 dikerjakan ialah sebanyak 67 *job*. Hal tersebut dilakukan hingga *job* dengan C_i terbesar dan berikut contoh grafik WIP berdasarkan hubungan antara C_i dan jumlah *job* yang sedang diproses pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Contoh grafik luas WIP tiap *job* i penjadwalan 7 operator

Setelah itu dilakukan perhitungan untuk melihat WIP dari beberapa jumlah *job* yang berada dalam proses, seperti pada contoh perhitungan WIP 67 *job* dibawah.

$$\text{WIP } n_{\text{job}} = n_{\text{job}} \times (C_i - C_i \text{ sebelumnya}) \quad (4-16)$$

Keterangan :

n_{job} = jumlah *job* yang masih berada dalam proses ketika *job* i dikerjakan

$$\begin{aligned} \text{WIP } 67 \text{ job} &= 67 \times (228,11 - 0) \\ &= 15283,15 \text{ menit} \end{aligned}$$

Pada WIP 67 *job* dapat diartikan bahwa terdapat waktu ketika 67 *job* masih berada dalam sistem atau proses produksi sebesar 15283,15 menit dimana *job* 20 masih sedang dikerjakan. Lalu dilakukan dengan perhitungan WIP yang sama oleh seluruh *job* i sesuai dengan urutan C_i seperti pada Tabel 4.6

Tabel 4.6

Nilai WIP setiap *Job* i pada Penjadwalan oleh 7 Operator

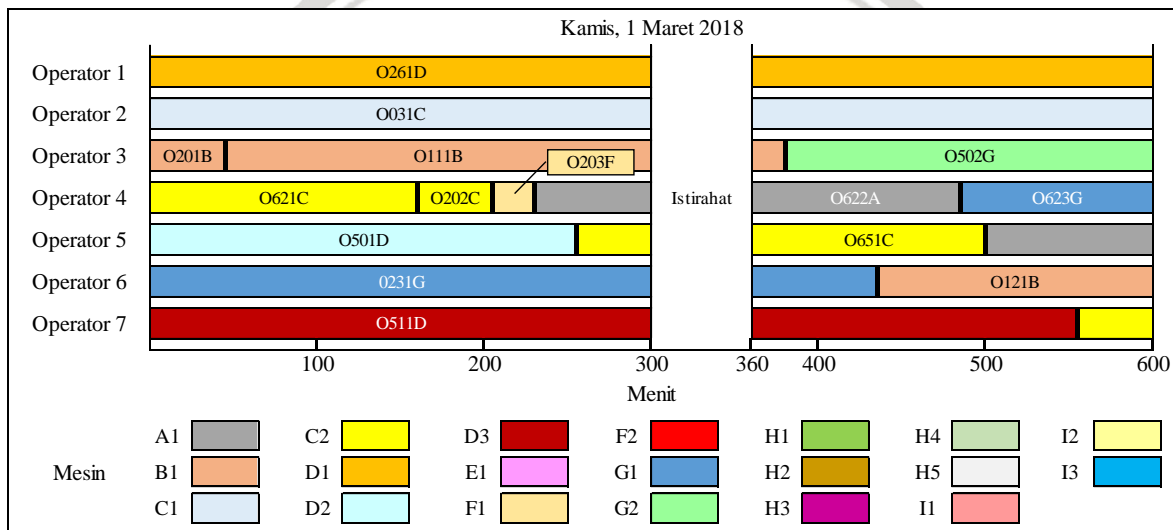
No	Σ <i>Job</i> yang masih berada dalam proses (n_{job})	<i>Job</i> i	Completion Time <i>Job</i> i (C_i)	WIP
1	67	20	228,11	15283,15
2	66	62	554,95	21571,66
3	65	50	823,67	17466,58
4	64	65	911,56	5625,173
5	63	23	1223,36	19643,4
.
.
.
.
66	2	34	13884,11	621,15
67	1	33	14824,55	940,44
Jumlah WIP				514520,5 menit

Pada Tabel 4.6 dihasilkan jumlah WIP dari seluruh *job* i yaitu sebesar 514520,5 menit. Dari hasil tersebut juga akan didapatkan rata-rata WIP dalam jumlah *job* untuk penjadwalan oleh tujuh operator dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata WIP} &= \frac{\Sigma \text{ WIP seluruh job}}{C_i \text{ } n_{\text{job}} \text{ terakhir}} \quad (4-17) \\ &= \frac{514520,5}{14824,55} \\ &= 35 \text{ job} \end{aligned}$$

4.5.3.4 Gantt Chart pada Penjadwalan berdasarkan 7 Operator

Ketika semua proses seperti pengurutan jadwal pada ke tujuh operator sesuai dengan aturan SPT lalu perhitungan *mean flow time* dan WIP sudah diselesaikan, maka keseluruhan *job* yang dijadwalkan untuk setiap operator akan di disajikan dengan menggunakan *gantt chart*. Fungsi dari *gantt chart* disini menurut Stevenson (1999) ialah sebagai gambaran bagan untuk memuat dan menjadwalkan sesuatu yang dapat dijadwalkan. Setelah mengetahui hasil urutan proses penjadwalan dengan tujuh operator yang didapatkan dari perhitungan dengan menggunakan algoritma yang telah disusun, berdasarkan Lampiran 4 maka dibuat *gantt chart* yang sesuai dengan penjadwalan yang telah disusun. Untuk penjadwalan dengan menggunakan tujuh operator kali ini berikut merupakan contoh *gantt chart* pada 1 Maret 2018.



Gambar 4.4 Gantt chart penjadwalan 7 operator

Pada Gambar 4.4 dapat dilihat urutan operasi yang dikerjakan ke tujuh operator pada tanggal 1 Maret 2018. Setiap operasi melewati jenis mesin yang berbeda-beda sesuai dengan warna yang tiap *bar* operasi. Terdapat 20 mesin diantaranya A1, B1, C1, C2, D1, D2, D3, E1, F1, F2, G1, G2, H1, H2, H3, H4, H5, I1, I2, dan I3. Dari setiap operasi yang dikerjakan, untuk menunjukkan bahwa operasi tersebut selesai ditandai dengan garis tebal pada akhir bar tiap operasi. Untuk keseluruhan *gantt chart* penjadwalan berdasarkan tujuh operator dapat dilihat di Lampiran 5. Seperti contoh, untuk Operator 1 yang mengerjakan O_{261D} pada hari Kamis dimana seperti halnya contoh perhitungan dengan algoritma yang telah dijelaskan sebelumnya. Pada pengerjaan O_{261D} dapat dijelaskan bahwa:

Kamis, 1 Maret 2018 : - S_{261D} = menit ke- 0 ; C_{261D} = menit ke- 299,80

- Istirahat 60 menit (menit ke-300 sampai menit ke- 360)

- S_{261D} = menit ke-360 ; C_{261D} = menit ke- 599,95

Jum'at, 2 Maret 2018 : - S_{261D} = menit ke- 0 ; C_{261D} = menit ke- 179,47

Pada pengerjaan O_{261D} yang digambarkan pada contoh *gant chart* diatas dapat diartikan bahwa Operator 1 mengerjakan O_{261D} pada hari Kamis dilakukan pukul 07.00 (menit ke-0) sampai 12.00 (menit ke-299,80) lalu istirahat 1 jam yaitu pukul 12.00 – 13.00. Setelah itu Operator 1 kembali lagi melanjutkan pengerjaan O_{261D} mulai 13.00 (menit ke-360) sampai pukul 17.00 (menit ke-600) dan dilanjutkan lagi hari berikutnya. Dalam semua pembuat *gant chart* ini disesuaikan berdasarkan pengerjaan penjadwalan pada tujuh operator yang terdapat pada Lampiran 4.

4.5.4 Verifikasi dan Validasi

Pada penjadwalan dengan aturan SPT yang digunakan ini perlu juga adanya verifikasi dan validasi berdasarkan algoritma yang telah dibuat sebelumnya. Untuk verifikasi dan validasi ini dilakukan pada penjadwalan produksi dengan aturan SPT berdasarkan tujuh operator. Verifikasi ini sendiri dapat diartikan sebagai proses konfirmasi kembali untuk menunjukkan algoritma yang disusun sesuai dalam memenuhi tujuan penjadwalan yang dilakukan. Pada verifikasi yang dilakukan ialah dengan melihat apakah setiap langkah-langkah yang ada pada algoritma sesuai dengan penjadwalan yang diinginkan. Pada penjelasan sebelumnya juga sudah diberikan contoh pengerjaan untuk penjadwalan dengan menggunakan algoritma yang telah disusun berdasarkan aturan SPT dimana algoritma dapat berjalan dari awal sampai akhir. Pada contoh tersebut dimulai dengan perhitungan jumlah Q_i dari masing-masing *job* sampai dengan contoh langkah-langkah cara menjadwalkan O_{261D} yang mana juga dapat diikuti untuk mengerjakan operasi dari seluruh *job* yang lain.

Lalu validasi ini sendiri merupakan melihat kesesuaian atau membandingkan antara *job-job* yang telah dijadwalkan berdasarkan algoritma yang telah disusun dengan hasil *gant chart* yang telah dibuat. Berdasarkan hasil penjadwalan produksi dengan tujuh operator tersebut didapatkan hasil perhitungan penjadwalan dengan algoritma yang terdapat pada Lampiran 4 dan juga *gant chart* yang ada pada Lampiran 5. Dari kedua hasil tersebut untuk Operator 1 sampai Operator 7 hasil penjadwalan yang telah didapat telah sesuai dimana tidak terdapat perbedaan baik dari perhitungan ataupun *gant chart* yang dibuat. Seperti contoh pada O_{261D} baik pada hasil perhitungan ataupun *gant chart* penjadwalan yang dilakukan yaitu mulai Kamis, 1 April 2018 sampai dengan Jum'at, 2 April 2018 yaitu dengan C_{261D} menit ke-179,47.

4.5.5 Perhitungan Jumlah Operator

Setelah dilakukan penjadwalan produksi berdasarkan tujuh operator dengan aturan SPT tersebut, maka akan dapat dilakukan perhitungan jumlah operator agar sesuai target. Sebelumnya jumlah operator yang ada ialah berjumlah tujuh operator yang bekerja optimal dimana tidak ada *maintenance* ketika penjadwalan. Lalu pada mesin *stamping press* terdapat 20 mesin dimana untuk setiap 1 mesin hanya digunakan oleh 1 operator, dengan kata lain dapat juga disebut mesin ini ialah mesin manual. Dari jumlah operator dan mesin tersebut dapat dikatakan tidak seimbang, karena akan terdapat 13 mesin idle dan operator memiliki beban kerja yang tinggi ketika kondisi optimal. Hal tersebut mengakibatkan beberapa operator melebihi batas waktu pengerjaan yang ditetapkan pada penjadwalan sebelumnya. Oleh karena itu perlu dilihat utilitas yang ada pada ketujuh operator dari penjadwalan sebelumnya untuk mengetahui jumlah operator agar sesuai target.

Tabel 4.7
Utilitas Tujuh Operator berdasarkan Penjadwalan

Operator	Waktu Penyelesaian Aktual (jam)	Waktu yang Tersedia (jam)	Utilitas
Operator 1	14824,55	13800	107%
Operator 2	13389,21	13800	97%
Operator 3	13673,54	13800	99%
Operator 4	13534,23	13800	98%
Operator 5	12864,58	13800	93%
Operator 6	13884,11	13800	101%
Operator 7	12940,11	13800	94%
Total	96110,33	Rata-rata	98%

Dari Tabel 4.7 diatas dapat diketahui nilai utilitas untuk setiap operator berdasarkan penjadwalan sebelumnya. Pada Operator 1 dan Operator 6 utilitas yang didapatkan lebih dari 100% karena pada penjadwalan tersebut terjadi keterlambatan produksi yang menyebabkan operator tersebut melebihi jadwal produksi yang seharusnya satu bulan. Berikut contoh perhitungan utilitas untuk Operator 1.

$$\begin{aligned}
 \text{Utilitas Operator 1} &= \frac{\text{Waktu Penyelesaian Aktual}}{\text{Waktu yang Tersedia}} \times 100\% \\
 &= \frac{14824,55}{13800} \times 100\% \\
 &= 107\%
 \end{aligned}$$

Lalu untuk waktu penyelesaian aktual dari keseluruhan operator didapatkan 96110,33 jam dan rata-rata utilitas dari seluruh operator pada penjadwalan sebelumnya ialah sebesar 98%. Karena rata-rata utilitas untuk seluruh operator lebih besar dibandingkan utilitas yang

diinginkan perusahaan maka berikut merupakan contoh perhitungan utilitas untuk jumlah operator sesuai target dimana ketika perusahaan menggunakan 8 operator.

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Waktu penyelesaian dengan 8 Operator} &= \frac{\text{Total Waktu Penyelesaian Aktual 7 Operator}}{\text{jumlah operator}} \\ &= \frac{96110,33}{8} \\ &= 12013,79 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Utilitas 8 Operator} &= \frac{\text{Waktu Penyelesaian Aktual}}{\text{Waktu yang Tersedia}} \times 100\% \\ &= \frac{12013,79}{13800} \times 100\% \\ &= 87\% \end{aligned}$$

Dari contoh perhitungan diatas, berikut merupakan seluruh hasil perhitungan utilitas untuk jumlah operator sesuai target.

Tabel 4.8
Penentuan Utilitas untuk Jumlah Operator Sesuai Target

Jumlah Operator	Rata-rata Waktu Penyelesaian Aktual (jam)	Waktu yang Tersedia (jam)	Rata-rata Utilitas
8 Operator	12013,79	13800	87%
9 Operator	10678,93	13800	77%
10 Operator	9611,03	13800	70%
11 Operator	8737,30	13800	63%
12 Operator	8009,19	13800	58%

Berdasarkan Tabel 4.8 didapatkan berbagai nilai utilitas yang cukup varian ketika menggunakan sejumlah operator. Untuk mendapatkan jumlah operator agar sesuai target, nilai utilitas yang didapat oleh operator tersebut harus disesuaikan dengan kebijakan perusahaan dimana nilai yang utilitas operator yang digunakan ialah antara 65%-75%. Oleh karena itu penempatan 10 operator untuk mengerjakan 20 mesin *stamping press* dirasa cukup karena dengan penambahan operator tersebut dapat meningkatkan produktivitas perusahaan.

4.5.6 Penjadwalan Produksi dengan Aturan SPT berdasarkan 10 Operator

Pada penjadwalan yang dilakukan kali ini, langkah-langkah yang dilakukan untuk menjadwalkan *job* i sama halnya dengan penjadwalan berdasarkan tujuh operator sebelumnya. Akan tetapi perbedaan yang mendasar ialah jumlah operator yang digunakan. Untuk penjadwalan ini menggunakan 10 operator dimana lebih banyak dari pada penjadwalan sebelumnya yang hanya menggunakan tujuh operator. Penggunaan 10 operator ini berdasarkan hasil perhitungan utilitas operator sesuai yang diharapkan perusahaan. Oleh karena itu penggunaan 10 operator dirasa sesuai target untuk lini produksi tersebut dan untuk itu dilakukan penjadwalan kemali dengan menggunakan algoritma yang

sama berdasarkan aturan SPT. Berdasarkan penjadwalan produksi dengan menggunakan 10 operator nantinya akan mendapatkan beberapa hasil yaitu urutan operasi penjadwalan dari masing-masing *job*, perhitungan *mean flow time* (\bar{F}) dari keseluruhan *job*, perhitungan WIP pada penjadwalan ini, dan juga *gantt chart* penjadwalan berdasarkan 10 operator.

4.5.6.1 Urutan Operasi Penjadwalan berdasarkan 10 Operator

Penjadwalan produksi dengan menggunakan aturan SPT (*Short Processing Time*) yang digunakan untuk meminimasi nilai *mean flow time* (\bar{F}). Dalam penjadwalan kali ini yang harus dilakukan ialah dengan memperhatikan beberapa kondisi, yaitu perhatian akan mesin atau matras apakah tersedia ketika akan memproses suatu O_{ijk} dan juga ketika memproses *job* dengan $j=2,3,4,5,6$ apakah O_{ij-1k} sudah diproses sebelumnya. Dengan menggunakan algoritma yang sudah dijelaskan sebelumnya, berikut merupakan urutan operasi penjadwalan produksi berdasarkan 10 operator.

Tabel 4.9
Urutan Operasi Penjadwalan Produksi berdasarkan 10 Operator

Urutan Pengerjaan	Op 1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5	Op 6	Op 7	Op 8	Op 9	Op10
1	O _{261D}	O _{031C}	O _{201B}	O _{621C}	O _{501D}	O _{231G}	O _{511D}	O _{491E}	O _{471G}	O _{521F}
2	O _{262D}	O _{263C}	O _{111B}	O _{202C}	O _{651C}	O _{502G}	O _{112C}	O _{492F}	O _{503D}	O _{113F}
3	O _{211G}	O _{591C}	O _{121B}	O _{203I}	O _{652A}	O _{623G}	O _{122C}	O _{493F}	O _{472G}	O _{123F}
4	O _{212H}	O _{592D}	O _{131B}	O _{622A}	O _{481D}	O _{653G}	O _{132C}	O _{482F}	O _{032D}	O _{133F}
5	O _{213H}	O _{522F}	O _{161B}	O _{232H}	O _{301A}	O _{512G}	O _{162C}	O _{222H}	O _{033D}	O _{163F}
6	O _{483D}	O _{523F}	O _{171B}	O _{233H}	O _{302G}	O _{513D}	O _{172C}	O _{223H}	O _{381D}	O _{173F}
7	O _{082C}	O _{561H}	O _{181B}	O _{441D}	O _{593G}	O _{473H}	O _{182C}	O _{631C}	O _{382D}	O _{183F}
8	O _{083F}	O _{572I}	O _{191B}	O _{442D}	O _{603G}	O _{081B}	O _{192C}	O _{632A}	O _{571H}	O _{193F}
9	O _{093F}	O _{581G}	O _{221G}	O _{443I}	O _{064G}	O _{091B}	O _{061C}	O _{461D}	O _{642A}	O _{303H}
10	O _{103F}	O _{272H}	O _{264G}	O _{601C}	O _{613G}	O _{101B}	O _{062C}	O _{462H}	O _{151B}	O _{141B}
11	O _{582H}	O _{311A}	O _{265G}	O _{602D}	O _{352G}	O _{641C}	O _{063H}	O _{371D}	O _{152C}	O _{142C}
12	O _{671E}	O _{312G}	O _{266G}	O _{431D}	O _{391D}	O _{034C}	O _{611C}	O _{411D}	O _{251D}	O _{143F}
13	O _{051D}	O _{021D}	O _{633G}	O _{432D}	O _{392E}	O _{035H}	O _{612D}	O _{041D}		O _{153F}
14	O _{451C}		O _{271G}	O _{433H}	O _{291D}	O _{036G}	O _{351E}	O _{681E}		
15			O _{643G}	O _{401E}	O _{292D}		O _{092C}	O _{661E}		
16			O _{531G}	O _{361D}	O _{541G}		O _{102C}	O _{341H}		
17			O _{532H}	O _{331F}	O _{542I}		O _{562H}			
18				O _{332H}	O _{281A}		O _{321F}			
19					O _{282D}		O _{322H}			
20					O _{551H}		O _{241A}			
21					O _{011D}		O _{242D}			
22					O _{421A}					

Dari Tabel 4.9 didapatkan urutan operasi penjadwalan produksi dari ke 10 operator. Untuk perhitungan selengkapnya dari urutan penjadwalan produksi untuk 10 operator yang ada diatas terdapat pada Lampiran 6. Berdasarkan data dari perhitungan pada Lampiran 6 tersebut, Operator 4 memiliki waktu penyelesaian semua *job* yang dikerjakan terpanjang dibanding operator lain yaitu sampai pada tanggal 26 Maret 2018. Waktu penyelesaian oleh Operator 4 telah masih dibawah batas penyelesaian pengerjaan keseluruhan *job* dimana yang harus sampai akhir Maret 2018. Hal tersebut dikarenakan beberapa pengerjaan *job* yang tidak bisa dikerjakan karena beberapa faktor yaitu operator, mesin, dan matras yang tidak tersedia ataupun pengerjaan *job* untuk proses sebelumnya yang belum dijadwalkan atau belum selesai dikerjakan oleh operator tersebut.

4.5.6.2 Perhitungan *Mean Flow Time* (\bar{F}) Penjadwalan berdasarkan 10 Operator

Setelah mengetahui seluruh urutan operasi penjadwalan produksi dengan 10 operator dapat diketahui nilai *mean flow time* (\bar{F}). Ketika menggunakan aturan SPT maka hasil yang didapat ialah akan meminimasi nilai *mean flow time* yang dimana dengan meminimasi hal tersebut dapat juga meminimasi nilai WIP (*Work in Process*). Nilai *mean flow time* didapatkan berdasarkan rata-rata nilai *flow time* (F_i) dari masing *job* i . *Flow time* yang dimaksud ialah seberapa lama waktu suatu *job* i diproses. Waktu awal atau *ready time* yang digunakan ialah ketika *job* tersebut siap akan diproduksi dimana waktu ketika *job* atau *part* tersebut didatangkan dari gudang bahan baku dan akan diproduksi di jadwal tersebut. Setelah mendapatkan nilai *flow time*, nantinya juga akan didapatkan nilai C_i (*completion time job* i). Nilai C_i ini merupakan hasil kumulatif dimana dengan waktu *ready time* ialah dari 0 sampai waktu dimana *job* tersebut terselesaikan dari hasil penjadwalan pada periode tersebut. Sebelumnya untuk menghitung nilai *flow time job* i yaitu dengan menghitung nilai waktu proses *job* i dan *waiting time* dari masing-masing *job* i . Nilai waktu proses yang digunakan ialah waktu proses masing-masing O_{ijk} pada suatu *job* i . Pada penjadwalan ini untuk menghitung waktu proses O_{ijk} ialah dengan cara sebagai berikut. Seperti dengan menggunakan rumus pada penjadwalan sebelumnya, berikut merupakan contoh perhitungan waktu proses O_{581G} pada *job* 58 tanpa melalui pemasangan matras sebelumnya sesuai pada Lampiran 6.

$$\begin{aligned} \text{Waktu proses } O_{581G} &= t_{581G} \\ &= 710,24 \text{ menit} \end{aligned}$$

Lalu untuk menghitung O_{582H} pada *job* 58 dengan menggunakan rumus pada penjadwalan sebelumnya menghasilkan waktu 653,19 menit. Jadi untuk nilai waktu proses

job 58 ialah penjumlahan keseluruhan waktu proses dari seluruh O_{58jk} yang ada yaitu dengan cara:

$$\begin{aligned}\text{Waktu proses } job\ 58 &= (\text{waktu proses } O_{581G} + \text{waktu proses } O_{582H}) \\ &= (710,24 + 653,19) \\ &= 1363,43 \text{ menit}\end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai waktu proses suatu *job* i maka dicari nilai *waiting time job* i . Nilai *waiting time* yang dimaksud disini ialah waktu tunggu antara selesainya proses satu (C_{ijk}) ke mulainya proses berikutnya (S_{ij+1k}) pada penyelesaian suatu *job* dalam suatu jam kerja. Hal ini dapat dikarenakan beberapa hal dimana ketika suatu O_{ijk} telah selesai dikerjakan lalu untuk melanjutkan ke O_{ij+1k} harus mengantri O_{ijk} yang lain atau dapat juga dikarenakan ketika akan menjadwalkan O_{ij+1k} matras atau mesin yang digunakan masih belum tersedia atau sedang digunakan untuk *job* yang lain. Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan *waiting time* dalam pengerjaan *job* 58 yang hanya memiliki dua proses berdasarkan dari hasil pengurutan penjadwalan pada Lampiran 6.

$$C_{581G} = \text{menit ke-278,99 pada 14 Maret 2018}$$

$$S_{582H} = \text{menit ke-522,75 pada 14 Maret 2018}$$

$$\begin{aligned}\text{Waiting time } job\ 58 &= S_{582H} - C_{581G} - 60 \\ &= 522,75 - 278,99 - 60 \\ &= 183,76 \text{ menit}\end{aligned}$$

Perhitungan diatas merupakan waktu tunggu antara selesai memproses O_{582G} dan akan memproses O_{582H} . Pada perhitungan tersebut dikurangi 60 menit dikarenakan ketika akan menjadwalkan O_{582H} melewati jam istirahat dimana waktu tersebut tidak diperhitungkan dalam *waiting time*. Setelah itu waktu tersebut ditambahkan waktu tunggu ketika setiap operasi tersebut tidak bisa dikerjakan dalam sampai batas jam istirahat ataupun batas akhir jam kerja pada hari tersebut. Pada pernyataan tersebut yang dimaksud ialah seperti contoh ketika mengerjakan O_{581G} sesuai pada Lampiran 6 yang dimulai pada menit ke-108,47 pada 13 Maret 2018 dan selesai pada 14 Maret 2018 menit ke-278,99. Seperti pada dibawah ini merupakan hasil perhitungan *waiting time* untuk O_{581G} .

$$C_{581G} \text{ pada 13 Maret 2018 (sebelum istirahat)} = \text{menit } 299,83$$

$$C_{581G} \text{ pada 13 Maret 2018 (akhir jam kerja)} = \text{menit } 599,86$$

$$\begin{aligned}\text{Waiting time } O_{581G} &= (300 - 299,83) + (600 - 599,86) \\ &= 0,31 \text{ menit}\end{aligned}$$

Dengan menggunakan perhitungan tersebut juga dilakukan perhitungan *waiting time* untuk O_{582H} yang mendapatkan hasil 0,26 menit. Jadi untuk perhitungan total *waiting time* *job* 58 ialah.

$$\begin{aligned} \text{Total waiting time job 58} &= (\text{waiting time job 58}) + \sum_{j=1}^q (\text{waiting time } O_{58jk}) \\ &= (183,76) + (0,31 + 0,26) \\ &= 184,27 \text{ menit} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan keseluruhan nilai dari waktu proses dan nilai *waiting time* dari tiap *job* i , maka dilakukan perhitungan *flow time* (F_i) dari masing-masing *job* i . Sebagai contoh untuk menghitung nilai *flow time* pada *job* 58 (F_{58}) yaitu dengan cara:

$$\begin{aligned} F_{58} &= \text{Waktu proses job 58} + \text{Total waiting time job 58} \\ &= 1363,43 + 184,27 \\ &= 1547,70 \text{ menit} \end{aligned}$$

Nilai *flow time* ada pada *job* 58 ialah sebesar 1547,70 menit. Lalu berdasarkan Lampiran 6, dapat diketahui pula nilai C_i tiap *job* dimana untuk *job* 58 nilai C_{58} ialah menit ke 3721,84 menit. Nilai C_{58} tersebut didapatkan dari waktu awal mula penjadwalan di titik 0 pada 1 Maret 2018 sampai waktu akhir penyelesaian *job* 58 yaitu pada O_{582H} yang selesai pada menit ke-36,17 pada 16 maret 2018. Dari beberapa tahap yang telah dilakukan, didapatkan nilai *mean flow time* (\bar{F}) dari rata-rata nilai *flow time* (F_i) pada semua *job*. Pada Tabel 4.10 akan dilihat hasil *mean flow time* (\bar{F}) dan data hasil perhitungan *flow time* (F_i), *completion time* *job* i (C_i), waktu proses, dan juga *waiting time* dari keseluruhan *job* i .

Tabel 4.10

Hasil *Mean Flow Time* (\bar{F}) Penjadwalan berdasarkan 10 Operator

<i>Job</i> (i)	<i>Waiting Time</i>	Waktu Proses	<i>Flow Time</i> (F_i)	<i>Completion Time Job i</i> (C_i)
1	0,28	1403,45	1403,73	9251,96
2	0,34	1403,45	1403,78	9788,46
3	215,70	9072,14	9287,84	9347,84
4	0,18	333,64	333,82	7302,44
5	0,03	333,64	333,67	7558,60
6	446,41	1358,59	1805,00	4288,09
7	-	-	-	4799,50
8	315,17	1940,49	2255,66	5541,10
9	511,85	1881,49	2393,34	6282,75
10	649,63	1881,49	2531,12	1193,95
11	224,85	920,68	1145,53	1533,50
12	346,69	861,68	1208,37	1873,30
13	410,06	861,68	1271,74	7607,85
14	1,38	3134,50	3135,88	8835,60

<i>Job (i)</i>	<i>Waiting Time</i>	<i>Waktu Proses</i>	<i>Flow Time (F_i)</i>	<i>Completion Time Job i (C_i)</i>
15	205,31	3114,50	3319,81	2293,90
16	379,61	1036,25	1415,86	2694,60
17	474,24	1016,25	1490,49	3095,05
18	509,47	1016,25	1525,72	3495,75
19	623,10	1016,25	1639,35	228,11
20	155,49	114,66	270,15	2953,64
21	0,62	1514,25	1514,87	3813,21
22	104,81	1525,75	1630,56	1093,37
23	51,56	1041,81	1093,37	10049,38
24	2,40	2386,95	2389,35	8464,37
25	0,30	1060,25	1060,55	4904,68
26	458,74	4445,94	4904,68	6752,38
27	43,76	1381,93	1425,69	7352,44
28	1,09	1622,09	1623,18	4755,62
29	0,42	95,24	95,66	4471,97
30	37,40	3390,70	3428,10	8384,68
31	0,68	1631,62	1632,30	7660,03
32	1,16	2188,74	2189,90	11199,82
33	2,48	4342,49	4344,96	10018,15
34	0,56	1614,19	1614,75	4570,25
35	487,80	63,28	551,08	6854,86
36	0,00	46,31	46,31	6921,00
37	0,38	46,31	46,69	4705,28
38	0,00	92,62	92,62	4659,96
39	0,00	89,71	89,71	6808,55
40	0,00	44,80	44,80	6968,62
41	0,00	47,62	47,62	9320,26
42	0,04	68,26	68,30	6763,75
43	1,23	3096,50	3097,73	3082,46
44	0,71	1988,39	1989,09	8771,40
45	0,36	1212,44	1212,80	6874,31
46	0,65	2036,25	2036,90	2543,84
47	433,17	2110,67	2543,84	3461,21
48	1088,89	1776,16	2865,05	2060,20
49	1,40	2058,80	2060,20	985,89
50	230,72	755,17	985,89	1890,35
51	369,85	1520,50	1890,35	4741,75
52	2240,50	2501,25	4741,75	8508,98
53	0,72	2030,50	2031,22	5729,26
54	0,03	973,50	973,53	7848,23
55	0,29	495,50	495,79	5470,13
56	60,08	668,19	728,27	5388,47
57	36,53	621,57	658,10	6936,17

<i>Job (i)</i>	<i>Waiting Time</i>	<i>Waktu Proses</i>	<i>Flow Time (F_i)</i>	<i>Completion Time Job i (C_i)</i>
58	184,27	1363,43	1547,70	3721,84
59	386,85	845,57	1232,41	3965,52
60	2,04	827,07	829,11	4550,37
61	269,33	761,57	1030,90	745,49
62	256,98	488,51	745,49	5326,69
63	68,05	1445,43	1513,48	6477,76
64	742,00	1380,43	2122,44	877,06
65	149,61	470,67	620,28	8403,40
66	0,30	698,13	698,43	7224,93
67	0,13	288,63	288,77	7704,97
68	0,26	402,27	402,53	9251,96
Σ Flow Time (F_i)			107447,91 menit	
Mean Flow Time (F̄)			1580,12 menit	

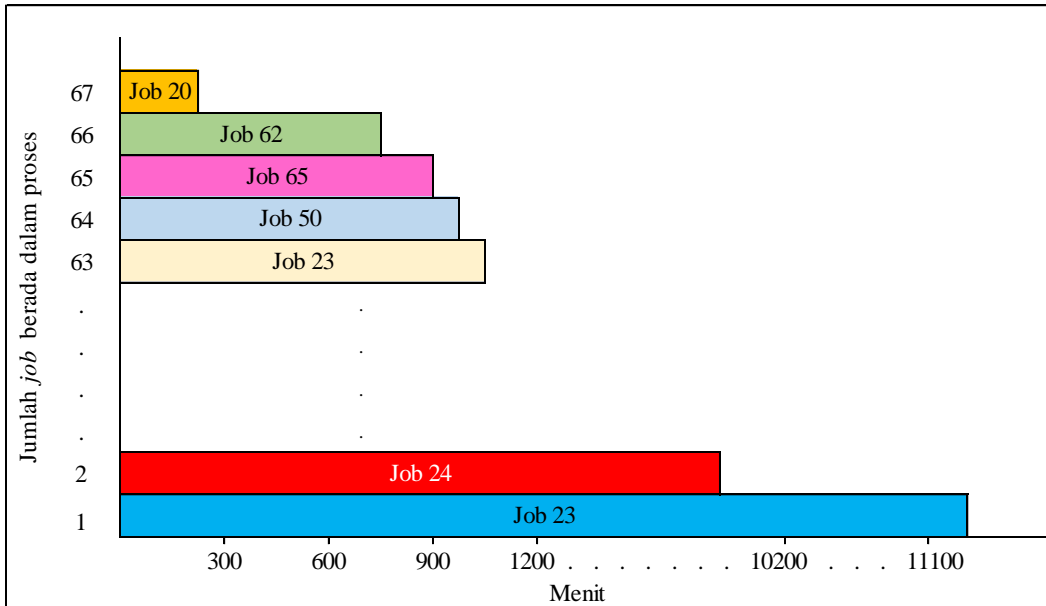
Pada Tabel 4.10 menunjukkan nilai *flow time* (F_i), waktu proses, dan juga *waiting time* dari keseluruhan *job i*. Dari tabel tersebut pula didapatkan nilai *mean flow time* (\bar{F}) untuk penjadwalan produksi dengan aturan SPT berdasarkan 10 operator. Berikut merupakan cara perhitungan nilai *mean flow time* (\bar{F}).

$$\begin{aligned}\bar{F} &= \frac{\sum(F_i)}{n} \\ &= \frac{107447,91}{67} \\ &= 1580,12 \text{ menit}\end{aligned}$$

4.5.6.3 Perhitungan *Work in Process (WIP)* Penjadwalan berdasarkan 10 Operator

Dari perhitungan *mean flow time* sebelumnya didapatkan nilai *completion time* pada tiap *job* nya (C_i). Nilai C_i dari tiap *job* ini nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai *work in process* (WIP) untuk penjadwalan produksi oleh 10 operator ini. Maksud WIP pada penjadwalan kali ini ialah rata-rata jumlah *job* dimana *job* tersebut selama masih diproses atau selama masih berada didalam sistem proses produksi ketika awal awal sampai akhir penjadwalan. Pada penjadwalan rentang dalam perhitungan WIP pada suatu *job* ini dimulai dari waktu ke-0 pada 1 Maret 2018 sampai waktu *job* terakhir yang dikerjakan oleh operator. Dalam perhitungannya, nilai C_i dari masing-masing *job* yang didapatkan diurutkan dari waktu penyelesaian terkecil ke terbesar. Lalu melihat jumlah *job* yang masih berada dalam proses ketika setiap *job i* dikerjakan. Ketika nilai C_i terkecil berada pada *job* 20 dengan C_{20} menit ke-228,11 maka jumlah *job* yang masih tersisa atau berada dalam proses ketika *job* 20 dikerjakan ialah sebanyak 67 *job*. Hal tersebut dilakukan hingga *job* dengan C_i terbesar dan

berikut contoh grafik WIP berdasarkan hubungan antara C_i dan jumlah *job* yang sedang diproses pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Contoh grafik luas WIP tiap *job* i penjadwalan 10 operator

Setelah itu dilakukan perhitungan untuk melihat WIP dari beberapa jumlah *job* yang berada dalam proses, seperti pada contoh perhitungan WIP 67 *job* dibawah.

$$\text{WIP } n \text{ job} = n \text{ job} \times (C_i - C_i \text{ sebelumnya})$$

$$\begin{aligned} \text{WIP } 67 \text{ job} &= 67 \times (228,11 - 0) \\ &= 15283,15 \text{ menit} \end{aligned}$$

Pada WIP 67 *job* dapat diartikan bahwa terdapat waktu ketika 67 *job* masih berada dalam sistem atau proses produksi sebesar 15283,15 menit dimana *job* 20 masih sedang dikerjakan. Lalu dilakukan dengan perhitungan WIP yang sama oleh seluruh *job* i sesuai dengan urutan C_i seperti pada Tabel 4.11

Tabel 4.11
Nilai WIP setiap *Job* i pada Penjadwalan oleh 10 Operator

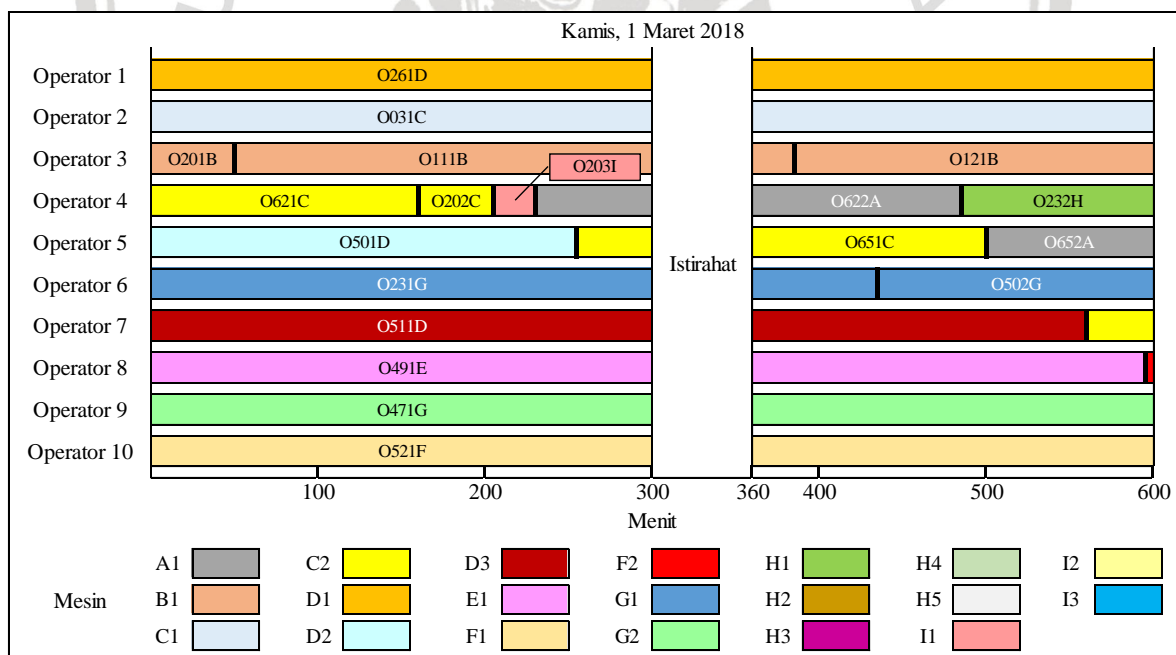
No	Σ Job yang masih berada dalam proses (<i>n job</i>)	Job i	Completion Time Job i (C_i)	WIP
1	67	20	228,11	15283,15
2	66	62	745,49	34147,3
3	65	65	877,06	8552,05
4	64	50	985,89	6965,01
5	63	23	1093,37	6771,14
.
.
.
66	2	24	10049,38	62,47
67	1	33	11199,82	1150,44
Jumlah WIP				369749,3 menit

Pada Tabel 4.11 dihasilkan jumlah WIP dari seluruh *job* i yaitu sebesar 369749,3 menit. Dari hasil tersebut juga akan didapatkan rata-rata WIP dalam jumlah *job* untuk penjadwalan oleh 10 operator dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata WIP} &= \frac{\sum \text{WIP seluruh job}}{C_i \text{ n job terakhir}} \\ &= \frac{369749,3}{11199,82} \\ &= 33 \text{ job} \end{aligned}$$

4.5.6.4 Gantt Chart pada Penjadwalan berdasarkan 10 Operator

Ketika semua proses seperti pengurutan jadwal pada ke-10 operator sesuai dengan aturan SPT lalu perhitungan *mean flow time* dan WIP sudah diselesaikan, maka keseluruhan *job* yang dijadwalkan untuk setiap operator akan di disajikan dengan menggunakan *gantt chart*. Setelah mengetahui hasil urutan proses penjadwalan dengan tujuh operator yang didapatkan dari perhitungan dengan menggunakan algoritma yang telah disusun, berdasarkan Lampiran 6 maka dibuat *gantt chart* yang sesuai dengan penjadwalan yang telah disusun. Untuk penjadwalan dengan menggunakan tujuh operator kali ini berikut merupakan contoh *gantt chart* pada 1 Maret 2018.



Gambar 4.6 Gantt chart penjadwalan 10 operator

Pada Gambar 4.6 diatas dapat dilihat urutan operasi yang dikerjakan ke-10 operator pada tanggal 1 Maret 2018. Setiap operasi melewati jenis mesin yang berbeda-beda sesuai dengan warna yang tiap *bar* operasi. Terdapat 20 mesin diantaranya A1, B1, C1, C2, D1, D2, D3, E1, F1, F2, G1, G2, H1, H2, H3, H4, H5, I1, I2, dan I3. Dari setiap operasi yang dikerjakan,

untuk menunjukkan bahwa operasi tersebut selesai ditandai dengan garis tebal pada akhir bar tiap operasi. Untuk keseluruhan *gantt chart* penjadwalan berdasarkan 10 operator dapat dilihat di Lampiran 7. Seperti contoh, untuk Operator 1 yang mengerjakan O_{261D} pada hari Kamis dimana seperti halnya contoh perhitungan dengan algoritma yang telah dijelaskan sebelumnya. Pada pengerjaan O_{261D} dapat dijelaskan bahwa:

Kamis, 1 Maret 2018 : - S_{261D} = menit ke- 0 ; C_{261D} = menit ke- 299,80

- Istirahat 60 menit (menit ke-300 sampai menit ke- 360)

- S_{261D} = menit ke-360 ; C_{261D} = menit ke- 599,95

Jum'at, 2 Maret 2018 : - S_{261D} = menit ke- 0 ; C_{261D} = menit ke- 179,47

Pada pengerjaan O_{261D} yang digambarkan pada contoh *gantt chart* diatas dapat diartikan bahwa Operator 1 mengerjakan O_{261D} pada hari Kamis dilakukan pukul 07.00 (menit ke-0) sampai 12.00 (menit ke-299,80) lalu istirahat 1 jam yaitu pukul 12.00 – 13.00. Setelah itu Operator 1 kembali lagi melanjutkan pengerjaan O_{261D} mulai 13.00 (menit ke-360) sampai pukul 17.00 (menit ke-600) dan dilanjutkan lagi hari berikutnya. Dalam semua pembuatan *gantt chart* ini disesuaikan berdasarkan pengerjaan penjadwalan pada 10 operator yang terdapat pada Lampiran 6.

4.6 Analisa dan Pembahasan

Penjadwalan produksi yang sebelumnya digunakan PT. Rimba Kencana pada lini produksi *stempeing press* dengan menggunakan aturan EDD untuk mengurutkan pesanan lalu diurutkan lagi perminggu dirasa kurang efektif dikarenakan terdapat nilai WIP yang cukup besar. Lalu penelitian ini bertujuan untuk meminimasi WIP pada penjadwalan tersebut dimana dengan menggunakan aturan SPT (*Short Processing Time*) berdasarkan algoritma yang telah dibuat. Penjadwalan dengan aturan SPT dibuat secara *heuristic* dimana hasil yang didapatkan belum tentu optimal akan tetapi mendapatkan nilai *mean flow time* yang cukup kecil yang juga akan meminimasi nilai WIP tersebut. Berdasarkan penelitian ini didapatkan beberapa analisa diantaranya:

1. Algoritma Penjadwalan dengan Aturan SPT

Penjadwalan yang dilakukan kali ini yaitu pada Maret 2018 berdasarkan pesanan bulan April 2018. Sebelumnya untuk penjadwalan perusahaan lebih ke *make to stock* dan pemenuhan beberapa pemesanan dan untuk kali ini hanya dilakukan penjadwalan berdasarkan pesanan periode April 2018 tanpa memperhatikan *stock* yang ada. Karena berdasarkan kebijakan perusahaan maka hanya dilakukan penjadwalan pada bulan Maret 2018 untuk memenuhi pesanan bulan April 2018. Lalu algoritma yang telah

disusun pada penelitian ini didasari dengan aturan SPT dimana *job* diurutkan berdasarkan waktu proses terkecil. Akan tetapi terdapat beberapa aturan tambahan didalam algoritma tersebut, yaitu yang pertama ialah setiap *job* yang memiliki proses terbanyak didahulukan sampai ke *job* dengan jumlah proses tersedikit. Hal ini dikarenakan ketika *job* yang memiliki proses terbanyak dan juga dengan waktu proses terbesar ditaruh diakhir penjadwalan maka akan ada operator yang lebih tinggi jam kerjanya dalam menyelesaikan periode tersebut. Suatu *job* dengan $j+1$ tidak akan bisa jalan ketika proses sebelumnya masih dikerjakan. Oleh karena itu perlu adanya pengurutan proses terbanyak ke terendah lalu diurutkan waktu proses tiap *job* dengan aturan SPT berdasarkan klasifikasi tiap jumlah proses tersebut. Meskipun Operator 1 pada penjadwalan dengan tujuh operator ataupun Operator 4 penjadwalan dengan 10 operator yang dimana dari kedua operator tersebut mendapatkan jam kerja lebih banyak dibanding operator lain untuk menutupi pesanan, hal tersebut sudah lebih baik dibanding sebelumnya. Selain itu juga operator yang terdapat jam kosong selama periode Maret baik itu pada penjadwalan tujuh operator (Lampiran 4) dan penjadwalan 10 operator (Lampiran 6) bisa lanjutkan penjadwalan untuk pemesanan bulan berikutnya. Lalu setelah pengurutan tersebut, dalam melakukan penjadwalan terdapat aturan yang ditambahkan berikutnya dimana memprioritaskan *job* dengan $j+1$ sesuai dengan urutan sebelumnya ketika proses j pada *job* tersebut telah selesai dikerjakan. Hal ini agar dapat meminimasi nilai *waiting time* dari masing-masing *job*.

2. Perhitungan Jumlah Operator

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah operator agar sesuai target didapatkan bahwa penempatan 10 operator untuk menangani 20 mesin yang ada di PT. Rimba Kencana pada lini produksi *stamping press* sudah sangat sesuai. Pada segi utilitas operator, ketika menempatkan tujuh operator dengan utilitas operator sejumlah 98% dimana lebih besar dibandingkan penempatan 10 operator yang turun menjadi 70%. Penempatan 10 operator ini telah sesuai dengan kebijakan perusahaan dimana utilitas operator yang diharapkan ialah 65%-75%. Hal ini dikarenakan ketika diatas 75% maka ditakutkan operator tidak mampu menangani beban kerja tambahan ketika terjadi penumpukan pesanan, dan ketika dibawah 65% nantinya operator akan terlalu banyak menganggur dibandingkan produktivitasnya yang berdampak kerugian perusahaan. Lalu dengan adanya penempatan 10 operator ini nantinya juga hanya akan ada 10 mesin yang *idle* ketika 10 operator bekerja secara optimal dimana hal ini juga dapat meningkatkan

output produksi atau produktifitas pada lini produksi *stamping press* di PT. Rimba Kencana dibandingkan dengan yang sebelumnya.

3. Perbandingan Penjadwalan Produksi

Pada penjadwalan produksi yang dilakukan pada penelitian ini baik penjadwalan oleh tujuh operator ataupun penjadwalan oleh 10 operator dikerjakan dengan menggunakan algoritma yang sama. Kedua penjadwalan ini menggunakan algoritma yang telah disusun dengan menggunakan aturan *Short Processing Time* (SPT). Lalu terdapat beberapa data perusahaan yang merupakan hasil penjadwalan yang dilakukan oleh perusahaan sebelumnya. Untuk melihat perbedaan hasil antara penjadwalan oleh perusahaan, penjadwalan dengan SPT oleh tujuh operator dan penjadwalan dengan SPT oleh 10 operator, berikut merupakan perbandingannya:

a. Penjadwalan produksi perusahaan

Dari hasil penjadwalan produksi yang dilakukan oleh perusahaan sebelumnya terdapat beberapa data yang diberikan oleh perusahaan. Beberapa data yang diberikan oleh perusahaan tersebut diantaranya nilai WIP dan jumlah *part* yang terlambat pada kegiatan penjadwalan produksi bulan April 2018. Untuk rata-rata nilai WIP penjadwalan oleh perusahaan tersebut sebesar 46 *part* dari keseluruhan 68 *part* dan juga untuk jumlah *part* yang terlambat berjumlah 4 *part*. Nilai WIP perusahaan tersebut cukup tinggi dan juga masih adanya *part* yang terlambat dikarenakan penjadwalan produksi yang belum sesuai terutama pada lini produksi *stamping press*. Penjadwalan sebelumnya yang dilakukan oleh perusahaan menggunakan aturan EDD akan tetapi setelah diurutkan berdasarkan *due date* lalu oleh perusahaan dikelompokkan perminggu untuk penjadwalannya. Hal ini yang menyebabkan tingginya nilai WIP dimana dengan penjadwalan tersebut akan terjadi pengulangan penjadwalan produksi *part* yang sama. *Part* yang dijadwal berulang kali dalam satu bulan tersebut akan memakan waktu yang cukup lama dari segi waktu produksinya karena operator akan sering mengganti matras untuk *setup* ketika akan produksi *part-part* tersebut. Oleh karena itu sering juga terjadi penumpukan *part* karena antrian mesin akibat penjadwalan yang belum efektif tersebut.

b. Penjadwalan produksi dengan SPT oleh 7 operator

Berdasarkan hasil penjadwalan produksi oleh tujuh operator pada Lampiran 4, maka dapat dilihat bahwa pada penjadwalan ini terdapat operator yang mampu menyelesaikan operasi pada periode Maret 2018 dan juga yang melebihi batas

penyelesaian pemesanan yang seharusnya berakhir pada akhir bulan Maret 2018. Pada Operator 1 mampu menyelesaikan seluruh operasi pada 2 April 2018 menit ke-544,55; Operator 2 selesai pada 29 Maret 2018 menit ke-429,21; Operator 3 selesai pada 31 Maret 2018 menit ke-373,54; Operator 4 selesai pada 31 Maret 2018 menit ke-174,23; Operator 5 selesai pada 28 Maret 2018 menit ke-284,58; Operator 6 selesai pada 1 April 2018 menit ke-84,11; dan Operator 7 selesai pada 28 Maret 2018 menit ke-520,11. Dari hasil tersebut didapatkan dua operator yaitu Operator 1 dan Operator 6 yang melebihi batas penyelesaian pada akhir bulan Maret 2018. Untuk Operator 1 masih mengerjakan O_{332H} sampai pada tanggal 2 April 2018 dengan C_{332H} menit ke-544,55. Operasi O_{332H} tersebut harus sampai dikerjakan Operator 1 melebihi bulan Maret 2018 dikarenakan menunggu penyelesaian O_{331F} oleh Operator 1. Pengerjaan O_{331F} baru selesai pada 29 Maret 2018 dengan C_{331F} menit ke-549,70 dan baru bisa untuk dilanjutkan ke O_{332H} . Lalu untuk Operator 6 sendiri masih dalam pengerjaan O_{341H} sampai pada tanggal 1 April 2018 dengan C_{341H} menit ke-84,11. Pengerjaan O_{341H} yang lewat batas bulan Maret dikarenakan antrian operasi yang dijadwalkan dimana operasi tersebut berada diurutan bawah ketika akan dijadwalkan. Lalu pada penjadwalan oleh tujuh operator ini mendapatkan sisa waktu dimana seluruh operator sudah selesai mengerjakan setiap operasi sebelum akhir bulan Maret yaitu total sebesar 3798,34 menit atau 63,31 jam. Dengan sisa waktu tersebut setiap operator mampu menghasilkan sejumlah *part* atau *job* dimana nantinya akan berguna untuk menambah *stock* untuk memenuhi kebutuhan pesanan periode berikutnya. Dengan masih menggunakan tujuh operator maka jumlah antara operator dan mesin yang digunakan kurang seimbang ketika seluruh operator bekerja secara optimal. Akan terdapat 13 mesin yang *idle* dimana juga akan berpengaruh dalam kegiatan produksi karena *output* produksi tidak akan mendapatkan hasil yang optimal jika beban kerja yang didapatkan operator cukup besar

c. Penjadwalan produksi dengan SPT oleh 10 operator

Pada penjadwalan produksi oleh 10 operator yang sudah dilakukan pada Lampiran 6, maka dapat dilihat bahwa pada penjadwalan ini keseluruhan operator mampu menyelesaikan seluruh operasi jauh sebelum batas penyelesaian akhir bulan Maret 2018. Pada Operator 1 mampu menyelesaikan seluruh operasi pada 20 Maret 2018 menit ke-371,40; Operator 2 selesai pada 22 Maret 2018 menit ke-248,46; Operator 3 selesai pada 20 Maret 2018 menit ke-48,98; Operator 4 selesai pada 26 Maret

2018 menit ke-99,82; Operator 5 selesai pada 21 Maret 2018 menit ke-380,26; Operator 6 selesai pada 21 Maret 2018 menit ke-407,84; Operator 7 selesai pada 22 Maret 2018 menit ke-569,38; Operator 8 selesai pada 22 Maret 2018 menit ke-538,15; Operator 9 selesai pada 20 Maret 2018 menit ke-4,37; dan Operator 10 selesai pada 20 Maret 2018 menit ke-435,60. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa rata-rata penyelesaian dari keseluruhan operator pada penjadwalan ini ialah sekitar tanggal 20-22 Maret 2018. Penjadwalan dengan 10 operator ini lebih baik dari penjadwalan dengan tujuh operator dari segi *completion time* keseluruhan operator. Karena pada penjadwalan ini tidak ada operator yang sampai melewati batas akhir Maret dibandingkan penjadwalan oleh tujuh operator yang pengerjaannya sampai pada 2 April 2018. Selain itu pada penjadwalan oleh 10 operator ini mendapatkan sisa waktu dimana seluruh operator sudah selesai mengerjakan setiap operasi sebelum akhir bulan Maret yaitu total sebesar 43635,75 menit atau 727,26 jam. Dengan sisa waktu yang cukup banyak tersebut setiap operator mampu menghasilkan sejumlah *part* atau *job* dimana nantinya akan berguna untuk menambah *stock* untuk memenuhi kebutuhan pesanan periode berikutnya. Dengan menggunakan 10 operator maka jumlah antara operator dan mesin yang digunakan cukup seimbang ketika seluruh operator bekerja secara optimal.

4. Perbandingan Nilai *Mean Flow Time* dan WIP Penjadwalan

Nilai *mean flow time* yang didapatkan dari penjadwalan produksi oleh tujuh operator dan penjadwalan produksi oleh 10 operator mendapatkan hasil yang berbeda. Meskipun menggunakan algoritma dengan aturan SPT yang sama akan tetapi jumlah operator juga mempengaruhi nilai *mean flow time* dan rata-rata WIP. Hasil ini didapatkan berdasarkan perhitungan waktu proses dan *waiting time* dari setiap *job*. Berikut merupakan perbandingan nilai rata-rata *waiting time*, rata-rata waktu proses, *mean flow time* dan rata-rata WIP antara penjadwalan oleh tujuh operator berdasarkan Tabel 4.5 dan penjadwalan oleh 10 operator berdasarkan Tabel 4.10.

Tabel 4.12
Perbandingan Hasil Penjadwalan 7 Operator dan 10 Operator

	Rata-rata <i>Waiting Time</i>	Rata-rata Waktu Proses	<i>Mean Flow Time</i> \bar{F}	Rata-rata WIP
Penjadwalan 7 Operator	335,26 menit	1381,35 menit	1742,24 menit	35 <i>job</i>
Penjadwalan 10 Operator	193,95 menit	1386,16 menit	1580,12 menit	33 <i>job</i>
Selisih	- 42,15%	+ 0,35%	- 9,31%	- 5,71%

Pada Tabel 4.12 menunjukkan perbandingan hasil rata-rata *waiting time*, rata-rata waktu proses, dan *mean flow time* seluruh *job* pada penjadwalan tujuh operator dan penjadwalan 10 operator. Untuk rata-rata *waiting time* seluruh *job* dari penjadwalan tujuh operator sebesar 335,26 menit ke penjadwalan 10 operator sebesar 193,95 menit mengalami penurunan yang cukup signifikan mencapai 42,15%. Sedangkan untuk rata-rata waktu proses seluruh *job* dari kedua penjadwalan tersebut tidak terlalu cukup untuk dibandingkan dari penjadwalan tujuh operator ke penjadwalan 10 operator hanya meningkat 0,35%. Hal itu juga dikarenakan kesamaan waktu proses dimana penggunaan t_{ijk} dan l_{ijk} dari masing-masing *job* antara penjadwalan tujuh operator dan penjadwalan 10 operator yang sama. Akan tetapi perbedaan yang ada hanya pada ketika menjadwalkan suatu O_{ijk} pada penjadwalan tujuh operator dan penjadwalan 10 operator terdapat pemasangan matras, karena ada tidaknya l_{ijk} pada O_{ijk} yang mempengaruhi perbedaan rata-rata waktu proses. Selain itu untuk nilai *mean flow time* sendiri, dari penjadwalan tujuh operator sebesar 1742,24 menit ke penjadwalan 10 operator sebesar 1580,12 menit mengalami penurunan sebesar 9,31% dimana hal ini berbanding lurus dengan penurunan yang cukup signifikan dari WIP penjadwalan tujuh operator ke penjadwalan 10 operator yaitu sebesar 5,71%. WIP penjadwalan sebelumnya pada perusahaan ialah sebesar 46 *part* dimana ketika WIP penjadwalan oleh perusahaan sebelumnya jika dibandingkan WIP penjadwalan dengan aturan SPT oleh tujuh operator akan turun 23,91%. Lalu jika WIP penjadwalan perusahaan sebelumnya jika dibandingkan dengan WIP penjadwalan dengan aturan SPT oleh 10 operator akan turun 28,26%. Penurunan ini cukup drastis ketika menggunakan aturan SPT dalam penjadwalan yang direkomendasikan saat ini jika dibanding dengan penjadwalan perusahaan sebelumnya. Penggunaan 10 operator merupakan opsi yang terbaik ketika penjadwalan dilakukan dengan aturan SPT, karena penjadwalan produksi dengan aturan SPT oleh 10 operator memiliki nilai *mean flow time* ataupun WIP lebih rendah jika dibandingkan dengan penjadwalan oleh perusahaan sebelumnya ataupun penjadwalan produksi dengan aturan SPT oleh tujuh operator.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V PENUTUP

Pada bagian ini akan disajikan kesimpulan dan saran yang dibuat dengan menyesuaikan tujuan penelitian dan hasil penelitian pada bab sebelumnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisa pada bab sebelumnya kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk dapat mengurangi nilai WIP, penjadwalan produksi dengan aturan *Short Processing Time* (SPT) berdasarkan tujuh operator dibuat dengan menyusun algoritma dimana didapatkan kombinasi urutan *job* ialah sebagai berikut.
 - a. Operator 1 : O_{261D}, O_{262D}, O_{513D}, O_{482F}, O_{213H}, O_{132C}, O_{162C}, O_{163F}, O_{173F}, O_{183F}, O_{193F}, O_{083F}, O_{093F}, O_{103F}, O_{381D}, O_{382D}, O_{291D}, O_{292D}, O_{571H}, O_{572I}, O_{281A}, O_{282D}, O_{401E}, O_{361D}, O_{371D}, O_{411D}, O_{671E}, O_{331F}, O_{332H}.
 - b. Operator 2 : O_{031C}, O_{061C}, O_{062C}, O_{063H}, O_{064G}, O_{222H}, O_{641C}, O_{642A}, O_{643G}, O_{471G}, O_{472G}, O_{473H}, O_{351E}, O_{352G}, O_{391D}, O_{392E}, O_{151B}, O_{152C}, O_{321F}, O_{322H}, O_{551H}, O_{011D}.
 - c. Operator 3 : O_{201B}, O_{111B}, O_{502G}, O_{503D}, O_{601C}, O_{602D}, O_{603G}, O_{181B}, O_{191B}, O_{081B}, O_{122C}, O_{123F}, O_{133F}, O_{172C}, O_{182C}, O_{192C}, O_{082C}, O_{092C}, O_{102C}, O_{301A}, O_{302G}, O_{303H}, O_{581G}, O_{582H}, O_{681E}, O_{661E}, O_{021D}.
 - d. Operator 4 : O_{621C}, O_{202C}, O_{203I}, O_{622A}, O_{623G}, O_{232H}, O_{233H}, O_{611C}, O_{263C}, O_{264G}, O_{265G}, O_{266G}, O_{491E}, O_{492F}, O_{493F}, O_{521F}, O_{522F}, O_{523F}, O_{461D}, O_{462H}, O_{051D}, O_{251D}, O_{242D}.
 - e. Operator 5 : O_{501D}, O_{651C}, O_{652A}, O_{653G}, O_{512G}, O_{211G}, O_{212H}, O_{112C}, O_{113F}, O_{483D}, O_{223H}, O_{441D}, O_{442D}, O_{443I}, O_{141B}, O_{142C}, O_{143F}, O_{153F}, O_{531G}, O_{532H}.
 - f. Operator 6 : O_{231G}, O_{121B}, O_{131B}, O_{161B}, O_{171B}, O_{612D}, O_{032D}, O_{033D}, O_{034C}, O_{035H}, O_{036G}, O_{271G}, O_{272H}, O_{041D}, O_{241A}, O_{421A}, O_{341H}.
 - g. Operator 7 : O_{511D}, O_{591C}, O_{592D}, O_{593G}, O_{481D}, O_{613G}, O_{221G}, O_{631C}, O_{632A}, O_{633G}, O_{091B}, O_{101B}, O_{431D}, O_{432D}, O_{433H}, O_{561H}, O_{562H}, O_{541G}, O_{542I}, O_{311A}, O_{312G}, O_{451C}.

Dari urutan *job* pada setiap operator tersebut dihasilkan nilai *mean flow time* pada penjadwalan dengan aturan SPT berdasarkan tujuh operator ialah sebesar 1742,24 menit. Lalu nilai WIP yang dihasilkan ia penjadwalan tujuh operator adalah 35 *job*.

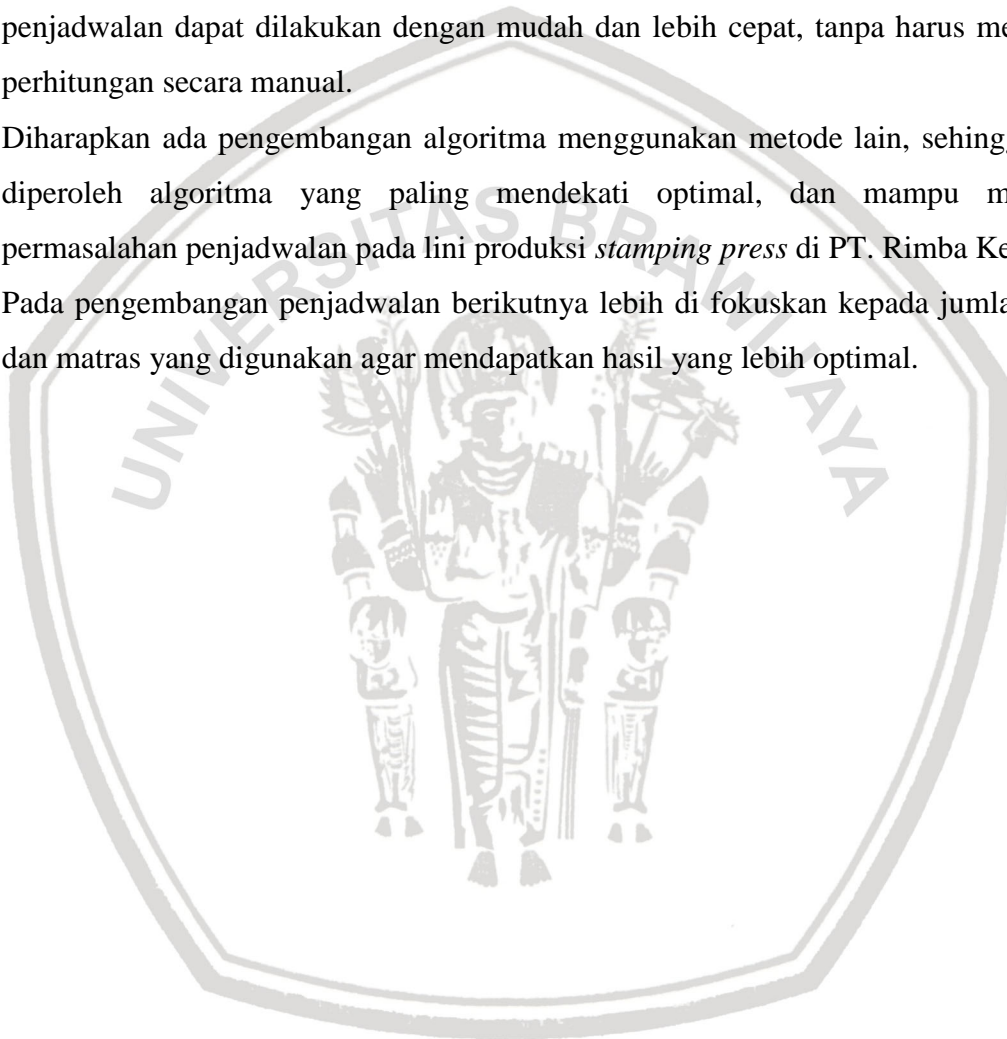
2. Dalam meningkatkan atau mengoptimalkan jumlah operator dengan mesin pada lini produksi *stamping press* dilakukan perhitungan dengan menggunakan utilitas operator pada penjadwalan tujuh operator. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut penempatan 10 operator dirasa sesuai target untuk menangani 20 mesin dengan rata-rata utilitas tiap operator sebesar 70%. Nilai utilitas penempatan 10 operator sesuai dengan kebijakan perusahaan dimana rata-rata utilitas operator antara 65%-75%.
3. Penjadwalan produksi dengan aturan SPT berdasarkan 10 operator dilakukan agar mendapatkan nilai WIP yang lebih rendah lagi, berikut merupakan kombinasi urutan *job* pada penjadwalan ini.
 - a. Operator 1 : O_{261D}, O_{262D}, O_{211G}, O_{212H}, O_{213H}, O_{483D}, O_{082C}, O_{083F}, O_{093F}, O_{103F}, O_{582H}, O_{671E}, O_{051D}, O_{451C}.
 - b. Operator 2 : O_{031C}, O_{263C}, O_{591C}, O_{592D}, O_{522F}, O_{523F}, O_{561H}, O_{572I}, O_{581G}, O_{272H}, O_{311A}, O_{312G}, O_{021D}.
 - c. Operator 3 : O_{201B}, O_{111B}, O_{121B}, O_{131B}, O_{161B}, O_{171B}, O_{181B}, O_{191B}, O_{221G}, O_{264G}, O_{265G}, O_{266G}, O_{633G}, O_{271G}, O_{643G}, O_{531G}, O_{532H}.
 - d. Operator 4 : O_{621C}, O_{202C}, O_{203I}, O_{622A}, O_{232H}, O_{233H}, O_{441D}, O_{442D}, O_{443I}, O_{601C}, O_{602D}, O_{431D}, O_{432D}, O_{433H}, O_{401E}, O_{361D}, O_{331F}, O_{332H}.
 - e. Operator 5 : O_{501D}, O_{651C}, O_{652A}, O_{481D}, O_{301A}, O_{302G}, O_{593G}, O_{603G}, O_{064G}, O_{613G}, O_{352G}, O_{391D}, O_{392E}, O_{291D}, O_{292D}, O_{541G}, O_{542I}, O_{281A}, O_{282D}, O_{551H}, O_{011D}, O_{421A}.
 - f. Operator 6 : O_{231G}, O_{502G}, O_{623G}, O_{653G}, O_{512G}, O_{513D}, O_{473H}, O_{081B}, O_{091B}, O_{101B}, O_{641C}, O_{034C}, O_{035H}, O_{036G}.
 - g. Operator 7 : O_{511D}, O_{112C}, O_{122C}, O_{132C}, O_{162C}, O_{172C}, O_{182C}, O_{192C}, O_{061C}, O_{062C}, O_{063H}, O_{611C}, O_{612D}, O_{351E}, O_{092C}, O_{102C}, O_{562H}, O_{321F}, O_{322H}, O_{241A}, O_{242D}.
 - h. Operator 8 : O_{491E}, O_{492F}, O_{493F}, O_{482F}, O_{222H}, O_{223H}, O_{631C}, O_{632A}, O_{461D}, O_{462H}, O_{371D}, O_{411D}, O_{041D}, O_{681E}, O_{661E}, O_{341H}.
 - i. Operator 9 : O_{471G}, O_{503D}, O_{472G}, O_{032D}, O_{033D}, O_{381D}, O_{382D}, O_{571H}, O_{642A}, O_{151B}, O_{152C}, O_{251D}.
 - j. Operator 10 : O_{521F}, O_{113F}, O_{123F}, O_{133F}, O_{163F}, O_{173F}, O_{183F}, O_{193F}, O_{303H}, O_{141B}, O_{142C}, O_{143F}, O_{153F}.

Dari urutan *job* pada setiap operator tersebut dihasilkan nilai *mean flow time* pada penjadwalan dengan aturan SPT berdasarkan 10 operator ialah sebesar 1580,12 menit. Lalu nilai WIP yang dihasilkan ia penjadwalan 10 operator adalah 33 *job*.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut adalah saran yang dapat diberikan.

1. Algoritma yang telah dikembangkan dalam penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan dan dikembangkan dalam bentuk *software program*, sehingga penjadwalan dapat dilakukan dengan mudah dan lebih cepat, tanpa harus melakukan perhitungan secara manual.
2. Diharapkan ada pengembangan algoritma menggunakan metode lain, sehingga dapat diperoleh algoritma yang paling mendekati optimal, dan mampu mengatasi permasalahan penjadwalan pada lini produksi *stamping press* di PT. Rimba Kencana.
3. Pada pengembangan penjadwalan berikutnya lebih di fokuskan kepada jumlah mesin dan matras yang digunakan agar mendapatkan hasil yang lebih optimal.





Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Adam & Elbert. 1992. *Production and Operations Management*. New Jersey: Prentice Hall.
- Anna, Ika Deefi. 2012. *Penjadwalan Produksi dengan Metode Short Processing Time (SPT) untuk Meminimasi Waktu Alir*, Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri, Vol. 9 No. 2, Hlm:64-71. Universitas Trunojoyo Madura.
- Askin, Ronald G. & Goldberg, Jeffrey B. 2003. *Design And Analysis Of Lean Production Systems*. Singapore: John Wiley & Sons, Inc.
- Baker, Kenneth R. 1974. *Introduction to Sequencing and Scheduling*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Bedworth, David D. & Bailey, James E. 1987. *Integrated Production Control Systems*. Singapore: John Wiley and Sons Inc.
- Chao, Xiuli. & Pinedo, Michael. 1999. *Operations Scheduling with Applications in Manufacturing and Services*. Boston: Irwin McGraw-Hill.
- Conway, R. W., Maxwell, W. L., & Miller, L. W. 1967. *Theory of Scheduling*. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.
- Daihani, Dadan Umar. 2001. *Komputerisasi Pengambilan Keputusan*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Fogarty, Donald W., Blackstone, Jhon H., Jr. & Hoffman, Thomas R. 1991. *Production & Inventory Management*. Ohio: South-Western Publishing Co.
- Gaspersz, Vincent. 2005. *Production Planning and Inventory Control*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Ginting, Rosnani. 2007. *Sistem Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Hana, D.M. & W.R. Newman. 2001. *Integrated Operation Management Adding Value For Customers*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Hilman, Azmi. 2005. *Perancangan dan Analisis Stamping Dies untuk Pembuatan Produk Bracket Bumper dengan Proses Multi Forging*. Depok: FTIUG.
- Kusuma, Hendra. 1999. *Manajemen Produksi Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Marek, R. M., Elkins, D. A. & Smith, D. R. 2001. *Understanding the Fundamental of Kanban and CONWIP Pull Systems Using Simulation*. USA: Texas A&M Univ.
- Nasution, Arman Hakim. 2005. *Perencanaan & Pengendalian Produksi*. Jakarta: PT. Cadimas Metropole.
- Pinedo, Michael. 2002. *Scheduling Theory, Algorithms, and System, Third Edition*. New York: Prentice Hall, Inc.

- Santoso, Leo W., Guntara, J. & Sandjaja, Iwan N. 2012. *Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Algoritma Simulated Annealing*, Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Vol. 9 No. 1, Hlm:112-117. Universitas Kristen Petra Surabaya.
- Setiawan, A., Susan & Asih, Eka K. 2014. *Penjadwalan Job Shop pada Empat Mesin Identik dengan Menggunakan Metode Shortest Processing Time dan Genetic Algorithm*, Jurnal Telematika Vol. 9 No. 1, Hlm:19-24. Institut Teknologi Harapan Bangsa Bandung.
- Sofyan, D. K. 2013. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Stevenson, William J. 1999. *Production Operations Management, Edisi 6*. Boston : MC Graw Hill, Inc.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Bisnis (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Bandung: Alfabeta.
- Wignjosoebroto, Sritomo. 1995. *Ergonomi, Studi Gerak Dan Waktu. Teknik Analisis Untuk Peningkatan Produktivitas kerja, Edisi Pertama*. Jakarta : PT. Guna Widya.

