

BAB I PENDAHULUAN

Sebelum melaksanakan penelitian, perlu ditentukan dasar pelaksanaan penelitian. Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang masalah, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan masalah, asumsi, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian.

1.1 Latar Belakang

Pada masa sekarang ini, setiap industri manufaktur dituntut untuk menjalankan sistemnya dengan cara meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses dalam segi waktu. Baiknya efektifitas dan efisiensi tersebut merupakan indikator bahwa perusahaan tersebut memiliki performa yang baik. Hal tersebut meliputi sumber daya, produksi, pengiriman, distribusi serta penjadwalan. Penjadwalan merupakan suatu permasalahan dimana berbagai macam tujuan dengan keterbatasan sumber daya untuk menyelesaikan suatu *job* yang datang dengan waktu yang telah dijadwalkan.

Objek penelitian merupakan perusahaan yang memproduksi kertas bungkus rokok kelas menengah ke bawah yang ada di Kabupaten Malang. Perusahaan ini memiliki jalur distribusi bukan hanya di wilayah Malang namun juga luar kota dan luar pulau Jawa seperti Pulau Batam. Untuk bagian produksi memiliki dua bagian produksi yang terpisah yaitu *converting* dan *printing*.

Pada bagian *printing* perusahaan biasanya menerima pesanan untuk percetakan kertas kardus rokok (BOPP *film*) sesuai dengan permintaan customer. Kemudian di bagian *converting* perusahaan menawarkan pembuatan kertas bungkus rokok. Perusahaan ini memiliki 2 jenis produk utama yang pertama adalah *inner frame* untuk bagian dalam rokok dan juga *foil* untuk pembungkus rokok. *Foil* tersebut dibedakan menjadi *aluminium foil* dan *aluminium board foil*. Kedua jenis *foil* tersebut menggunakan kertas *foil* yang sama namun penggunaan kertas dasar yang berbeda. Jenis kertas *aluminium board foil* memiliki fungsi yang sama dengan *inner frame* yaitu untuk sekat pada bagian dalam rokok. Penelitian ini akan terfokus pada produksi dibagian *converting* disebabkan bagian *printing* memiliki biaya produksi yang cukup tinggi sehingga untuk sementara waktu dihentikan.

Secara umum pada gambar 1.1 akan ditunjukkan bagian-bagian pada kertas kardus rokok.



Gambar 1.1 Bagian kardus rokok

Di perusahaan ini memiliki 19 variasi produk yang berbeda bergantung pada warna, jenis kertas, dan ketebalan kertas. Untuk jenis kertas telah dijelaskan meliputi *aluminium foil* dan *aluminium board foil*. Kemudian ketebalan kertas pada *aluminium foil* memiliki *gramature* akhir 50g dan 60, sedangkan untuk kertas *aluminium board foil* memiliki ketebalan akhir yaitu 230g. Selain itu variasi warna yang tersedia adalah warna merah, biru, emas, dan silver. Biasanya customer yang melakukan pemesanan menentukan sendiri spesifikasi nya sesuai dengan kebutuhan mereka.

Dalam pengoperasiannya, bagian *converting* terbagi menjadi 2 sub bagian yaitu bagian laminasi dan bagian *slitting*. Alur pengoperasian di bagian *converting* dijelaskan pada gambar 1.2. Terdapat perbedaan waktu operasi antara kedua mesin yang ada, dimana mesin laminasi beroperasi selama 8 jam yang setara dengan 1 *shift* sedangkan mesin *slitting* beroperasi selama 16 jam yang setara dengan 2 *shift* setiap harinya. Perbedaan waktu operasi tersebut disebabkan karena adanya perbedaan kapasitas diantara keduanya.



Gambar 1.2 Alur proses operasi mesin

Di bagian mesin laminasi prosesnya berupa perekatan antara kertas dasar dengan kertas aluminium foil menggunakan lem kemudian setelah direkatkan akan dilakukan pewarnaan kertas, setelah itu dipanaskan agar kertas menyatu dengan warna begitu juga dengan lemnya. Kemudian *output* dari mesin laminasi akan dibawa ke mesin *slitting* dimana akan dilakukan proses pemotongan gulungan kertas sesuai dengan permintaan pelanggan. Misalnya produk

yang diproduksi adalah tipe *aluminium foil* maka output kertas dari mesin laminasi yang selanjutnya merupakan input di mesin *slitting* adalah 12.000m kemudian di mesin *slitting* akan di potong menjadi 1750m tiap gulungan maka akan terjadi 6 kali pemotongan di mesin ini. Berdasarkan proses produksi tersebut maka proses produksi yang diterapkan adalah *general flowshop-reentrant flowshop* karena pada mesin *slitting* produk secara berulang-ulang diproses di mesin tersebut.

Tabel 1.1 Kapasitas Mesin di Perusahaan

Jenis Mesin	Kecepatan Mesin	Jenis Bahan Baku	Input Bahan Baku (m)	Output Barang Jadi (m)	Waktu Operasi
Mesin Laminasi	70 rpm	30Gsm	12.000	12,000	07.00-15.00
		40Gsm	12.000	12,000	
		210Gsm	3.000	3,000	
Mesin Slitting	50 rpm	30Gsm	12.000	1.750-2.000	07.00-15.00 (shift 1)
		40Gsm	12.000	1.750-2.000	
		210Gsm	3.000	750-800	15.00-23.00 (Shift 2)
			4.000	750-800	
			5.000	750-800	

Tabel 1.1 menjelaskan mengenai perbedaan kapasitas keduanya yang dipengaruhi oleh perbedaan kecepatan mesin dimana mesin laminasi memiliki kecepatan 70rpm sedangkan mesin *slitting* memiliki kecepatan 50 rpm. Selain itu perbedaan bahan baku kertas yang digunakan mempengaruhi perbedaan input bahan baku yang digunakan pada mesin laminasi.

Perusahaan ini merupakan perusahaan yang menerapkan sistem manufaktur *Make To Order* (MTO) dimana perusahaan hanya akan memproduksi apabila terdapat pesanan atau *order* dari pelanggan. Waktu kedatangan *order* tidak dapat diprediksi secara pasti dalam periode tertentu. Menurut (Nasution, 2008; 351) cara *job* datang dibedakan menjadi dua yaitu statis dan *dynamic*. Cara *job* datang statis adalah bila tidak ada *job* yang datang pada saat jadwal dilaksanakan, sedangkan cara *job* datang *dynamic* adalah bila ada *job* yang datang pada saat jadwal dilaksanakan, sehingga perlu dibuatkan jadwal baru. Pada praktiknya pesanan baru, bisa datang diawal proses atau ketika sedang memproses *job* lain. Sehingga berdasarkan pola kedatangannya maka termasuk dalam *dynamic job order*.

Pada Tabel 1.2 menjelaskan mengenai waktu produksi pemesanan selama bulan Oktober. Dalam penelitian ini menggunakan data pada bulan Oktober karena dari 20 customer yang ada dalam bulan tersebut yang melakukan pemesanan sebanyak 16 customer. Apabila dibandingkan dengan bulan September yang melakukan pemesanan sebanyak 14 customer dengan jumlah *tardiness* 80 hari dan bulan November sebanyak 13 customer dengan jumlah *tardiness* sebanyak 102 hari. Dari Tabel 1.2 dibawah dapat dilihat bahwa

jumlah keterlambatan yang terjadi cenderung banyak pada bulan Oktober dengan total *tardiness* sebanyak 117 hari.

Tabel 1.2 Data waktu penyelesaian produksi Oktober 2015

Customer	Produk Yang Dipesan	Banyaknya Pesanan (kg)	Estimasi Penyelesaian	Aktual Penyelesaian	Earliness	Tardiness
PR. PM	AFS 60Gsm	6644	25-sep	9-Oct		14
	IFW 230Gsm,	3751	25-sep	9-Oct		14
PR. BSI	AFG 50Gsm,	1026	8-Oct	6-Oct	-2	
	AFR 50Gsm,	1022	8-Oct	6-Oct	-2	
PT. CGC	AFG 50Gsm,	4353	6-Oct	21-Oct		15
	AFG 50Gsm,	1105	3-Oct	19-Oct		16
CV. SM	ABG 230Gsm	830	2-Oct	2-Oct		
PR. JM	AFG 50Gsm,	14135	13-Oct	29-Oct		16
UD. BJ	AFS 60Gsm	1002	3-Oct	3-Oct		
PT. DJ	AFG 50Gsm,	2062	5-Oct	6-Oct		1
CV. SLS	AFS 50Gsm,	3169	9-Oct	9-Oct		
PT. BB	AFS 50Gsm,	366	13-Oct	10-Oct	-3	
	AFG 50Gsm,	365	13-Oct	10-Oct	-3	
PR. CM	AFG 60Gsm,	1590	20-Oct	10-Oct	-10	
	ABG 230Gsm,	442	20-Oct	10-Oct	-10	
PT. KTP	AFG 50Gsm,	1938	16-Oct	16-Oct		
	ABG 230Gsm,	1034	16-Oct	16-Oct		
	ABG 230Gsm,	952	16-Oct	16-Oct		
PR.PM	AFS 60Gsm,	3916	13-Oct	28-Oct		15
	IFW 230Gsm,	2579	13-Oct	23-Oct		10
PR. BSI	AFG 50Gsm,	2131	22-Oct	22-Oct		
CV. SM	ABG 230Gsm,	835	19-Oct	19-Oct		
PT. MC	AFS 60Gsm,	1148	17-Oct	28-Oct		11
CV. SM	AFG 60Gsm,	449	20-Oct	20-Oct		
	BP. PWK	338	19-Oct	19-Oct		
PT. BK	ABG 230Gsm,	291	19-Oct	19-Oct		
	ABG 230Gsmn,	149	2-Nov	21-Oct	-12	
PR. CM	AFG 60Gsm,	778	31-oct	31-Oct		
	AFG 60Gsm,	1324	31-oct	31-Oct		
	ABG 230Gsm	776	31-oct	31-Oct		
	ABG 230Gsm	894	31-oct	31-Oct		
PT. RR	AFS 50Gsm,	568	30-oct	29-Oct	-1	
PR. DT	AFS 50Gsm,	793	29-oct	2-nov		4
TOTAL					-43	116

Sejauh ini prioritas pengerjaan *order* hanya menggunakan subjektivitas pekerja, padahal aturan tersebut tidak sesuai dengan keadaan nyata yang ada di perusahaan. Dalam hal ini subyektifitas pekerja yang dimaksud adalah sistem penjadwalan sebenarnya menerapkan

sistem FCFS (*First Come First Serve*) namun apabila terdapat customer meminta barangnya secara mendadak maka akan diproduksi menggunakan aturan EDD (*earliest due date*).

Perusahaan kerap kali tidak mempertimbangkan bahwa jenis *order* yang ada bukan bersifat statis melainkan *dynamic*. Penjadwalan yang dilakukan hanya dilakukan *update* setiap 1 minggu sekali. Sehingga banyak pemesanan yang tidak dapat selesai sesuai dengan *due date* nya. Jika terjadi keterlambatan pemesanan yang disebabkan oleh perusahaan, maka perusahaan memberikan jaminan untuk melakukan pemotongan harga/*discount* kepada pelanggan, tergantung seberapa lama produk tersebut mengalami keterlambatan dari perkiraan awal perusahaan.

Penjadwalan produksi adalah proses pengambilan keputusan di bidang industri tentang bagaimana mengalokasikan sumber daya yang ada untuk melaksanakan serangkaian aktivitas produksi pada satu periode waktu dalam rangka mengoptimalkan fungsi tujuan tertentu (Pinedo, 2008:1). Berdasarkan masalah tersebut maka diperlukan bentuk penjadwalan ulang pada bulan Oktober. Dengan uraian masalah yang telah disampaikan penyelesaian penjadwalan produksi tidak dapat diselesaikan dengan algoritma yang ada. Diperlukan adanya pengembangan algoritma dengan menyesuaikan batasan-batasan yang ada di perusahaan tempat penelitian ini dilakukan.

Dengan banyaknya terjadi keterlambatan maka akan dilakukan pengembangan algoritma dengan menggunakan aturan EDD. Bakers (2009:26) menyatakan bahwa aturan EDD yang dipadukan dengan Shortest Processing Time (SPT) dapat digunakan untuk meminimasi *total tardiness*. Sehingga pengaplikasian aturan EDD yang dipadukan dengan aturan SPT dapat mengatasi permasalahan keterlambatan penyelesaian pesanan yang dialami oleh perusahaan.

Penjadwalan yang akan dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan metode penjadwalan maju (*forward scheduling*) mengingat karakteristik kedatangan *order* yang tidak pasti (*dynamic*). Penjadwalan mundur tidak dapat diterapkan dalam penelitian ini karena ketika ada *order* baru yang masuk akan terjadi kerancuan penjadwalan sehingga tidak diketahui waktu *start date* nya. Kemudian *priority rule* menggunakan *due date* serta memakai pendekatan heuristik dengan teknik *priority dispatching* yang mempertimbangkan keterbatasan mesin yang memiliki perbedaan kecepatan satu sama dengan yang lain untuk meminimasi total keterlambatan penyelesaian *order*.

Maka dalam penelitian ini akan dikembangkan algoritma dengan pendekatan EDD pada 2 mesin dengan produksi *dynamic job order* pada *general flowshop* untuk meminimasi *total tardiness*.

1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dalam penelitian di objek penelitian adalah sebagai berikut:

1. Penjadwalan produksi berdasarkan aturan FCFS (*First Come First Serve*) sehingga terjadi banyak keterlambatan.
2. *Order* datang tidak dalam waktu yang bersamaan sehingga terdapat kemungkinan *order* baru datang saat proses produksi sedang berlangsung atau ketika proses produksi sudah diselesaikan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, rumusan masalah yang diajukan adalah;

1. Bagaimana urutan *job* yang direncanakan dalam penjadwalan produksi agar *total tardiness* berkurang dengan mempertimbangkan aturan *earliest due date* dan *job* sisipan?
2. Berapa *total tardiness* yang dapat dikurangi dengan penjadwalan produksi yang baru?

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah;

1. Penelitian yang dilakukan hanya di bagian *converting* saja.
2. Penjadwalan ulang hanya dilakukan untuk periode Oktober 2015
3. Tidak diijinkan adanya interupsi selama proses produksi berlangsung

1.5 Asumsi-Asumsi

Asumsi yang ada dalam penelitian ini adalah;

1. Waktu setup termasuk di dalam waktu proses pengerjaan produk
2. Tidak terjadi *breakdown* mesin
3. Tidak ada kekurangan bahan baku

1.6 Tujuan Penelitian

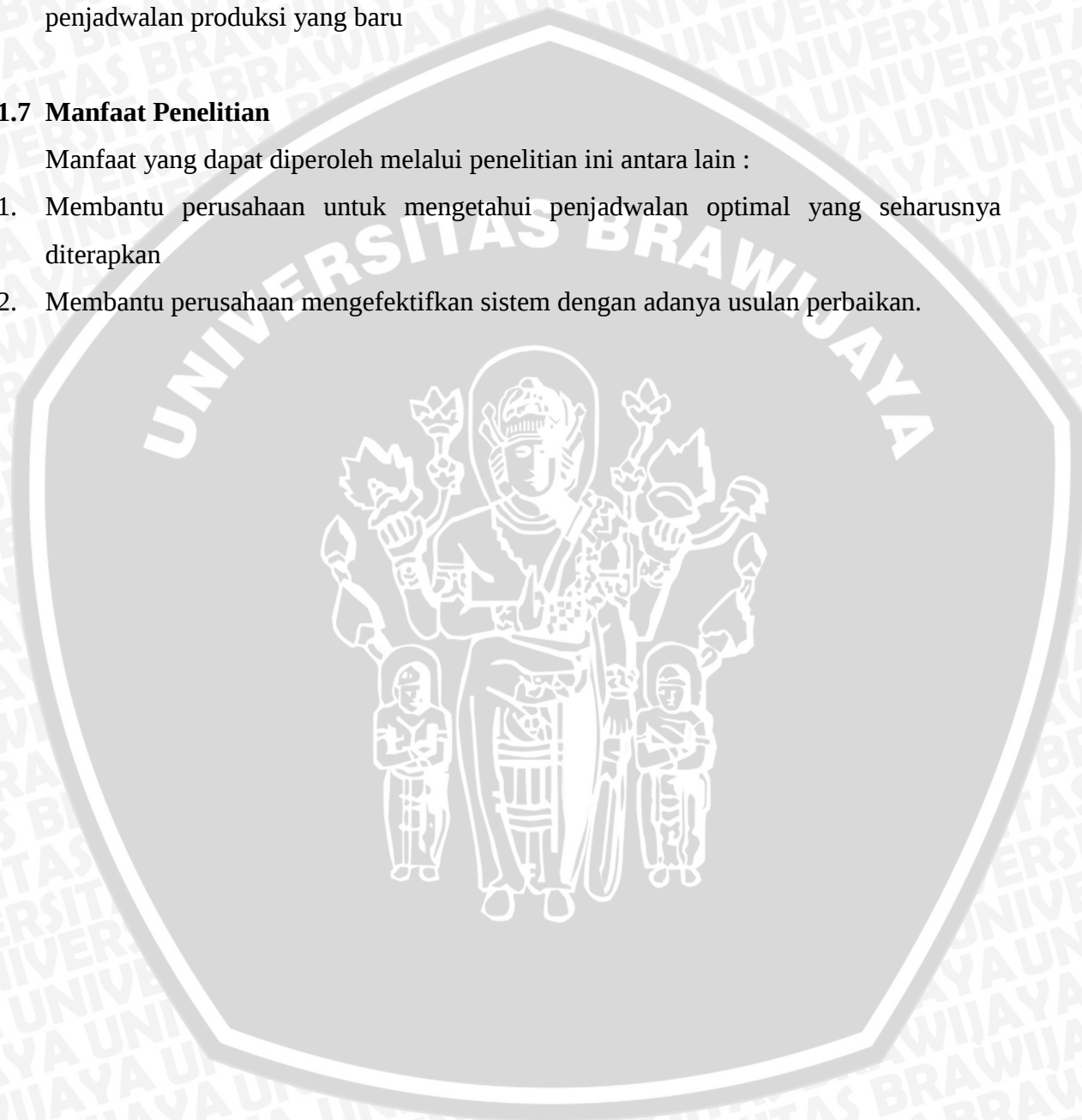
Tujuan penelitian ini antara lain;

1. Untuk mengetahui urutan *job* yang direncanakan dalam penjadwalan produksi agar *total tardiness* berkurang
2. Untuk mengevaluasi jumlah pengurangan *total tardiness* yang dapat dikurangi dengan penjadwalan produksi yang baru

1.7 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh melalui penelitian ini antara lain :

1. Membantu perusahaan untuk mengetahui penjadwalan optimal yang seharusnya diterapkan
2. Membantu perusahaan mengefektifkan sistem dengan adanya usulan perbaikan.



(halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian yang dilaksanakan, diperlukan dasar-dasar argumentasi ilmiah yang mendukung penelitian agar dapat melakukan analisis yang sesuai. Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar-dasar argumentasi atau teori yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu menjelaskan beberapa konsep penjadwalan produksi yang berhubungan dengan penelitian ini. Rangkuman penelitian terdahulu dan perbandingan dengan penelitian saat ini terdapat pada Tabel 2.1

1. Lazuardi (2015) melakukan penjadwalan pada perusahaan obat-obatan yang menerapkan strategi produksi *make to order* dengan tipe produksi *general flowshop* dengan disertai dengan mesin parallel yang memiliki kapasitas produksi yang berbeda pada masing-masing mesinnya. Penelitian ini mengembangkan model algoritma heuristic dengan pendekatan *Earliest Due date* (EDD) untuk meminimasi *total tardiness*.
2. Aisyati (2007) melakukan penjadwalan *batch dynamic flow* untuk meminimasi *mean tardiness* dan *waste* pada jumlah *scrap* tuang. Perusahaan yang menerapkan *make to order* dan tipe produksi *flowshop* memiliki pola pemesanan dari pelanggan yang bersifat *dynamic*. Karena tidak adanya pembagian *job* yang spesifik maka penjadwalan menggunakan *batch*. Dengan menggunakan penjadwalan *batch* tersebut jumlah *mean tardiness* mampu berkurang sebanyak 62%

Penelitian ini mempertimbangkan 2 rujukan penelitian terdahulu yang telah dijelaskan diatas, dimana dalam penelitian ini akan mengembangkan algoritma EDD dan SPT pada perusahaan yang menggunakan tipe produksi *general flowshop* dengan pola *dynamic order*. Atas dasar pertimbangan di atas maka penelitian ini diberi judul “Penjadwalan Produksi Pada *Dynamic Job Order* Menggunakan Pendekatan EDD Untuk Meminimasi *Total Tardiness*”.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Penulis	Lazuardi (2015)	Aisyati (2013)	Penelitian Saat Ini
Judul	Penjadwalan Produksi dengan Permasalahan Perbedaan Kapasitas Produksi Menggunakan Pendekatan EDD Untuk Meminimasi Total Tardiness	penjadwalan produksi pada <i>dynamic job order</i> menggunakan pendekatan edd untuk meminimasi mean tardiness	Penjadwalan Produksi dengan Pendekatan EDD dan <i>Backward Scheduling</i> untuk Meminimasi Tardiness
Tipe Produksi	General flowshop dengan adanya mesin paralel	Batch Flowshop	General Flowshop
Algoritma yang digunakan	EDD dan SPT	Batch Scheduling, dynamic Order	EDD pada dynamic order
Tujuan	Meminimasi total tardiness	Meminimasi Total Actual Flow Time	Meminimasi Total Tardiness
Hasil	Dengan algoritma penjadwalan mempertimbangkan aturan EDD dan SPT, ditemui bahwa terjadi penyusutan jumlah tardiness dari 82 hari menjadi 54 hari.	Dari beberapa batch scenario yang diterapkan diketahui jumlah mean tardiness berkurang hingga 65% dan jumlah scrap tuang berkurang sebanyak 100%	Akan diperoleh algoritma penjadwalan berbasis Earliest Due date (EDD) dengan aturan pertimbangan dynamic order sehingga dapat mengurangi tardiness.

2.2 Sistem Produksi

Sistem produksi (Nasution, 2008) merupakan kumpulan dari sub-sistem yang saling berinteraksi dengan tujuan untuk mentransformasikan input produksi menjadi output produksi. Input produksi ini dapat berupa bahan baku, mesin, tenaga kerja, modal, dan informasi. Sedangkan output produksi merupakan produk yang dihasilkan beserta dengan hasil sampingannya seperti limbah, informasi, dan sebagainya.

Sistem produksi perusahaan dibagi menjadi

1. *Engineering To Order* (ETO) yaitu apabila pemesan meminta produsen untuk membuat produk yang dimulai dari proses perancangannya (rekayasa)
2. *Assembly To Order* (ATO) yaitu apabila produsen membuat desain standar, modul-modul opsi standar yang sebelumnya, dan merakit suatu kombinasi tertentu dari modul-modul tersebut sesuai dengan pesanan konsumen
3. *Make To Order* (MTO) yaitu apabila produsen menyelesaikan item akhirnya jika dan hanya jika telah menerima pesanan konsumen untuk item tersebut.
4. *Make To Stock* (MTS) yaitu apabila produsen membuat item-item yang diselesaikan dan ditempatkan sebagai persediaan sebelum pesanan konsumen diterima. Item akhir

tersebut baru akan dikirim dari sistem persediaannya setelah pesanan konsumen diterima.

2.3 Penjadwalan Produksi

Penjadwalan didefinisikan sebagai pengalokasian sumber daya yang ada untuk mengerjakan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu (Baker, 1974:2). Sementara, Ginting (2009:1) menyatakan, penjadwalan merupakan kegiatan mengurutkan pengerjaan produk secara keseluruhan yang diproses pada beberapa mesin.

Terdapat beberapa istilah yang digunakan dalam penjadwalan produksi (Bedworth, 1982:299), adapun istilah-istilah tersebut adalah:

1. *Processing time* (t_{ij}) adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan suatu pekerjaan. Dalam waktu proses ini sudah termasuk waktu yang dibutuhkan untuk persiapan dan pengaturan (*setup*) selama proses berlangsung.
2. *Due-date* (d_j) adalah batas waktu yang diberikan untuk menyelesaikan suatu tugas atau operasi terakhir dari suatu pekerjaan. Apabila tugas tersebut tidak terselesaikan hingga batas waktu, maka terjadi keterlambatan.
3. *Completion Time* (C_i) adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan mulai dari saat tersedianya pekerjaan ($t = 0$) sampai dengan tugas ke- n selesai.
4. *Lateness* (L_i) adalah selisih waktu penyelesaian tugas (*completion time*) dengan batas waktunya (*due date*). Apabila tugas diselesaikan setelah batas waktu (*due date*) maka terjadi nilai keterlambatan positif. Apabila tugas diselesaikan sebelum batas waktu, maka terjadi keterlambatan negatif.
5. *Slack time* (SL_i) adalah waktu tersisa yang muncul akibat dari waktu proses (*time processing*) lebih kecil dari batas waktunya (*due date*).
6. *Tardiness* (T_i) adalah ukuran waktu terlambat yang bernilai positif jika suatu pekerjaan diselesaikan lebih lama dari *due date*.
7. *Flowtime* (F_i) adalah waktu yang dibutuhkan oleh suatu pekerjaan dari saat pekerjaan tersebut masuk ke dalam suatu tahap proses sampai pekerjaan yang bersangkutan selesai dikerjakan. Dengan kata lain, *flowtime* adalah waktu proses ditambah dengan waktu menunggu sebelum diproses.
8. *Makespan* (M) adalah total waktu penyelesaian pekerjaan-pekerjaan mulai urutan pertama yang dikerjakan pada mesin atau *work center* pertama sampai urutan pekerjaan terakhir *work center* terakhir.

2.4 Input Sistem Penjadwalan

Nasution (2003:175) menyatakan bahwa untuk menentukan kebutuhan-kebutuhan kapasitas dari *order* yang dijadwalkan dalam hal serupa dan jumlah sumber daya yang digunakan, untuk produk-produk tertentu, informasi ini bisa diperoleh dari lembar kerja operasi (berisi keterampilan dan peralatan yang dibutuhkan, waktu standar, dan lain lain) dan BOM (*Bill Of Material*) yang berisi kebutuhan-kebutuhan akan komponen, sub komponen, dan bahan pendukung.

2.5 Output Sistem Penjadwalan

Untuk memastikan bahwa suatu aliran kerja yang lancar akan memulai tahapan-tahapan produksi, menurut Nasution (2003:174) sistem penjadwalan harus membentuk aktivitas-aktivitas output sebagai berikut :

1. Pembebanan (*Loading*) Pembebanan melibatkan penyesuaian kebutuhan kapasitas untuk *order-order* pada fasilitas-fasilitas, operator-operator, dan peralatan tertentu.
2. Pengurutan (*sequencing*) pengurutan ini merupakan penugasan tentang *order-order* mana yang diprioritaskan untuk diproses dahulu bila suatu fasilitas harus memproses banyak *job*
3. Prioritas *job* (*dispatching*) merupakan prioritas kerja tentang *job* mana yang diseleksi dan diprioritaskan untuk diproses.
4. Pengendalian kinerja penjadwalan dapat dilakukan dengan ;
 - a. Meninjau kembali status *order* pada saat melalui sistem tertentu
 - b. Mengatur kembali urutan-urutan, misalnya ; *expediting order-order* yang jauh dibelakang atau mempunyai prioritas utama
5. *Updating* jadwal
Dilakukan sebagai refleksi kondisi operasi yang terjadi dengan merevisi prioritas-prioritas

2.6 Tujuan Penjadwalan Produksi

Adapun tujuan dari aktivitas penjadwalan (Bedworth, 1982:37), antara lain adalah:

1. Mengurangi waktu tunggu sumber daya atau meningkatkan penggunaannya, 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 sumber daya yang ada masih mengerjakan tugas yang lain.

3. Mengurangi beberapa keterlambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian sehingga akan meminimasi *penalty cost* (biaya keterlambatan).
4. Membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan sehingga penambahan biaya yang mahal dapat dihindari

2.7 Tipe Penjadwalan Produksi

Berdasarkan sistem produksi, terdapat tiga macam tipe penjadwalan produksi (Ginting, 2009:48), yaitu:

1. *Job shop*

Penjadwalan *job shop* adalah pola ini setiap pekerjaan mempunyai pola aliran proses pada tiap mesin yang spesifik dan sangat mungkin berbeda untuk setiap pekerjaan. Akibat aliran proses yang tidak searah ini, maka setiap pekerjaan yang akan diproses pada satu mesin dapat merupakan pekerjaan baru atau pekerjaan yang sudah dikerjakan (*work in process*).

2. *Flow shop*

Adanya pergerakan unit melalui stasiun-stasiun kerja yang disusun berdasarkan produk merupakan ciri khas dari tipe *flow shop*. Penjadwalan *flow shop* mengurutkan pekerjaan-pekerjaan dengan lintasan produk yang sama. Tipe *flow shop* dapat diterapkan dengan tepat untuk produk-produk dengan desain yang stabil dan diproduksi secara banyak.

3. *Batch*

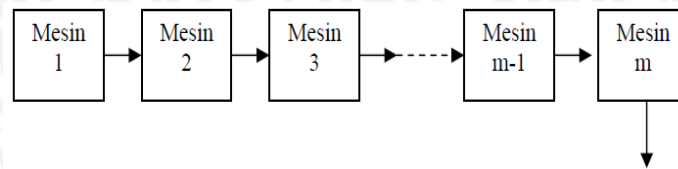
Pada beberapa industri bertipe *Make to Stock* (MTS), operasi produk yang berbeda dilakukan pada fasilitas-fasilitas yang umum. Produk-produk tersebut umumnya diproduksi dalam ukuran *batch*. Oleh karena itu, dibutuhkan kebijakan yang tepat terkait besar ukuran *batch* serta urutan pengerjaan dari *batch-batch* yang ada.

2.8 Penjadwalan Produksi *Flowshop*

Penjadwalan *flowshop* dicirikan *job* yang cenderung memiliki kesamaan untuk proses operasi (*routing*) untuk semua *job*. *Flowshop* dibedakan atas *pure flowshop* dan *general flowshop* (Conway, 1967:56). Penjelasan lebih detail mengenai kedua jenis penjadwalan *flowshop* tersebut adalah sebagai berikut:

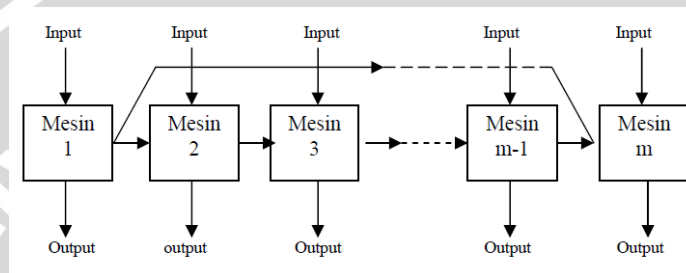
1. *Pure flowshop*

Pada penjadwalan *pure flowshop*, semua *job* memiliki jalur produksi yang sama serta tidak ada variasi. Pada semua *job*, setiap operasi dikerjakan pada satu buah mesin, dan tidak ada proses ataupun mesin yang dilewati dalam pengerjaan produk

Gambar 2.1 Pola aliran *Pure Flowshop*

2. *General flowshop*

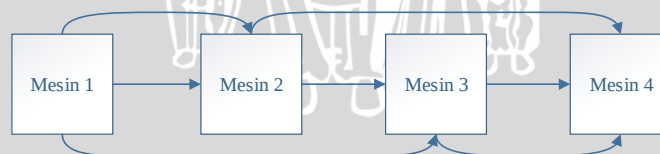
General flowshop merupakan *flowshop* yang memiliki pola aliran proses yang berbeda. Ini disebabkan adanya variasi dalam pengerjaan tugas, sehingga tugas yang datang tidak dikerjakan pada semua mesin.

Gambar 2.2 Pola aliran *General Flowshop*

Penjadwalan dilakukan dengan membagi permasalahan kedalam beberapa tipe yakni *skip flowshop*, *reentrant flowshop*, serta *compound flowshop*;

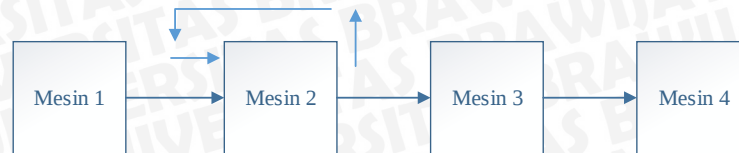
a. *Skip Flowshop*

Aliran pekerjaan pada jenis aliran proses ini cenderung melalui urutan proses yang sama, tetapi ada beberapa pekerjaan yang tidak diproses pada mesin-mesin tertentu.

Gambar 2.3 Pola aliran *Skip Flowshop*

b. *Reentrant Flowshop*

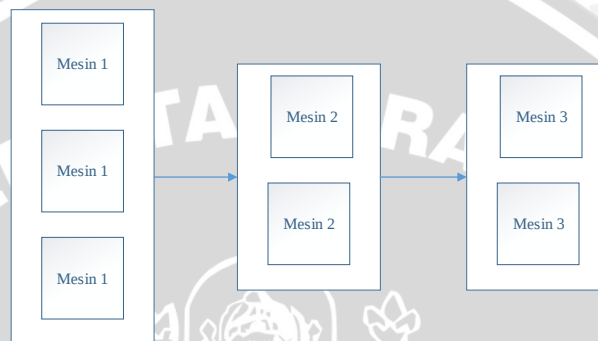
Aliran proses dimana terdapat penggunaan satu atau beberapa mesin lebih dari sekali dalam membuat produk dimaksud.



Gambar 2.4 Pola aliran *Reentrant Flowshop*

c. *Compound Flowshop*

Aliran proses yang memuat kelompok jenis mesin pada setiap tahap prosesnya.



Gambar 2.5 Pola aliran *Compound Flowshop*

Penjadwalan *flowshop* merupakan penjadwalan yang dilakukan berdasarkan suatu aliran produksi, dimana mesin-mesin yang ada disusun sesuai dengan proses produksinya (seri) dan setiap *job* harus melalui urutan mesin yang sama dalam waktu tertentu. Setiap operasi berikutnya berasal dari satu operasi yang mendahuluinya. Penjadwalan *flowshop* dapat disebut sebagai *permutation flowshop* apabila urutan *job* yang ada pada tiap mesin tidak berubah. Karakteristik dasar penjadwalan *flowshop* adalah sebagai berikut:

1. Terdapat n *job* yang tersedia dan siap diproses pada waktu $t = 0$.
2. Waktu *setup* independent terhadap urutan pengerjaan.
3. Terdapat m mesin berbeda yang tersedia secara terus-menerus.
4. Operasi-operasi individual tidak dapat dipecah-pecah.

2.9 Aturan *Earliest Due date*

Algoritma *heuristic* dengan pendekatan *Earliest Due date* (EDD) bertujuan untuk meminimasi *maximum job lateness* (L_{max}) dan *maximum job tardiness* (T_{max}), dimana sejumlah *job* diurutkan berdasarkan tanggal jatuh tempo (due date) yang terdekat. Metode ini dapat digunakan untuk penjadwalan pada satu mesin (*single machine*) maupun untuk penjadwalan pada beberapa mesin (*parallel machine*). Parameter-parameter yang diperlukan dalam penjadwalan dengan metode EDD adalah waktu pemrosesan dan due date

tiap pekerjaan (Baker, 2009:22). Algoritma dari metode *Earliest Due date* adalah sebagai berikut:

$$d^* = \frac{\pi^e \sum_{i \in N: C_i < d^*} C_i + \pi^t \sum_{i \in N: C_i > d^*} C_i}{\pi^e |i \in N : C_i < d^*| + \pi^t |i \in N : C_i > d^*|} \quad (2-1)$$

1. Urutkan semua *job* berdasarkan waktu due date paling awal.
2. Tempatkan semua *job* terawal dari hasil pengurutan pada mesin yang memiliki beban terkecil. Bila beban sama, pilih mesin menggunakan aturan *Shortest Processing Time*. Ulangi hingga sampai *job* habis.

2.10 Aturan *Shortest Processing Time*

Penjadwalan dengan aturan *shortest processing time* (Baker, 2009:17), bila digunakan pada *order* yang memiliki due date, maka akan meminimasi keterlambatan rata-rata dan meminimasi waktu alir rata-rata pada suatu penjadwalan. Algoritma dari aturan ini adalah sebagai berikut:

$$t_{(1)} \leq t_{(2)} \leq \dots \leq t_{(n-1)} \leq t_{(n)} \quad (2-2)$$

1. Urutkan semua *job* berdasarkan waktu proses paling pendek.
2. Tempatkan semua *job* terawal dari hasil pengurutan pada mesin yang memiliki beban terkecil. Bila beban sama, pilih mesin secara acak. Ulangi hingga sampai *job* habis.

2.11 Metode Penjadwalan Produksi

Pada dasarnya terdapat dua metode atau teknik penjadwalan (Gaspersz, 2002) yaitu *backward scheduling* dan *forward scheduling*.

1. *Backward Scheduling*

Penjadwalan mundur dimana penjadwalan dimulai dari due date, bergerak berlawanan arah dengan pergerakan waktu, sampai seluruh operasi terjadwalkan. Penjadwalan ini digunakan bila yang ditentukan adalah saat selesai. *Output* dari penjadwalan adalah saat mulai. Keunggulan penjadwalan *backward* antara lain cocok untuk mengantisipasi due date dan tepat untuk meminimasi *cost tardiness*. Sedangkan kelemahannya adalah kurang cocok untuk antisipasi operasional tak terduga.

2. *Forward Scheduling*

Merupakan penjadwalan maju dimulai dari *start date* pada operasi pertama, kemudian menghitung *schedule date* ke depan untuk setiap operasi (sampai operasi terakhir) guna menentukan *completion date*. Berdasarkan perhitungan ini akan diketahui *operation start*

date untuk setiap langkah. *Forward Scheduling* menggunakan data waktu atau data yang dijanjikan untuk pelanggan, serta berfokus pada operasi-operasi kritis dan penjadwalan melalui subsekuens operasi. *Forward Scheduling* akan jelek apabila diterapkan untuk struktur produk yang kompleks dengan banyak komponen.

2.12 Gantt Chart

Gantt Chart merupakan grafik hubungan antara alokasi sumber daya dengan waktu. Gantt Chart digunakan untuk berbagai tujuan yang berhubungan dengan pembebanan dan penjadwalan. Tujuan dari Gantt Chart adalah untuk mengorganisasi dan secara visual menampilkan penggunaan sumber daya aktual yang diinginkan dalam sebuah kerangka kerja waktu. Gantt Chart terdiri dari sumbu X dan sumbu Y. Sumbu X merupakan durasi pengerjaan tugas yang dapat dinyatakan dalam jam, hari, minggu, bulan atau lainnya sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan sumbu Y merupakan tugas atau sumber daya yang digunakan dalam kegiatan tersebut. Menurut Ginting (2009), dari gantt chart kemudian ditentukan urutan (*sequence*) dari job yang memberikan kriteria penjadwalan terbaik, misalnya waktu pemrosesan tersingkat, utilisasi mesin, dan *idle time* minimum.

2.13 Penjadwalan Batch

Sistem produksi *batch* adalah sistem produksi yang memiliki semua karakteristik dari *line flow* tetapi tidak memproses produk yang sama secara terus menerus dan memproses beberapa produk dalam ukuran unit terkecil (*batch*) (Gaspersz, 2002). Basis penjadwalan produksinya adalah per *batch*, *batch* berikutnya bisa dijadwalkan tanpa harus menunggu *batch* sebelumnya selesai diproses. Dilihat dari karakteristik peralatan produksi, ada yang mengikuti aliran *job-shop* dan *flow-shop*. Penjadwalan *batch* memecahkan masalah penentuan ukuran *batch* dan masalah *sequencing* secara simultan.

Batch dapat dibedakan menjadi *batch* produksi (*production batch*) dan *batch* transfer (*transfer batch*). *Batch* produksi adalah sekelompok *part* yang sedang dalam atau akan melalui pemrosesan pada suatu fasilitas produksi dengan hanya sekali *setup*, waktu *setup* antar *batch* diabaikan. Sedangkan *batch transfer* didefinisikan sebagai sekumpulan *part* yang secara bersama-sama dipindahkan dari satu fasilitas ke fasilitas yang lain. Bila ukuran *batch* produksi sama dengan ukuran *batch transfer*, maka artinya setiap *part* akan tetap berada pada fasilitas tersebut sampai seluruh *part* dalam *batch* tersebut selesai diproses.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB III METODE PENELITIAN

Dalam bab ini akan menjelaskan mengenai metode yang akan dilakukan pada penelitian ini meliputi jenis penelitian yang akan dilakukan, langkah-langkah penelitian, serta diagram alir penelitian.

3.1 Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian studi kasus karena memusatkan penelitian pada kejadian tertentu. Dalam hal ini penelitian berfokus pada penjadwalan produksi untuk bagian converting untuk meminimasi *total tardiness*.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2015 – bulan Juli 2016. Penelitian dilakukan merancang penjadwalan ulang agar mampu meminimasi *total tardiness* di Perusahaan Kertas Rokok, Malang.

3.3 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Lapangan dan Studi Pustaka

Studi lapangan dalam penelitian ini dilakukan dengan mengamati langsung kondisi perusahaan dan melakukan pengumpulan data yang dibutuhkan sesuai dengan objek penelitian. Sedangkan studi pustaka dilakukan untuk melihat teori yang mungkin diterapkan dalam penyelesaian permasalahan.

2. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahapan awal penelitian yang bertujuan untuk memahami suatu permasalahan dan kondisi sebenarnya.

3. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dilakukan untuk memudahkan penentuan metode yang akan dipergunakan dalam penyelesaian masalah.

4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya.

5. Pengumpulan Data

Data-data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis data dengan masing-masing sumber untuk memperoleh data tersebut yang dibedakan berdasarkan uraian berikut:

- 1) Profil dan sejarah perusahaan
- 2) Struktur organisasi perusahaan
- 3) Data jenis dan spesifikasi produk
- 4) Data waktu dan jumlah pemesanan selama bulan Oktober 2015
- 5) Data kapasitas mesin laminasi dan mesin slitting
- 6) Data banyaknya waktu kerja operator selama bulan Oktober

Data yang telah dikumpulkan selanjutnya diolah dan dianalisis. Adapun langkah pengolahan data adalah sebagai berikut:

- 1) Identifikasi pemesanan berdasarkan berat kertas
Pada tahap ini dilakukan pengelompokkan pesanan berdasarkan *gramature* kertas yang diminta yaitu 50g, 60g, dan 230g.
- 2) Melakukan perhitungan waktu proses berdasarkan masing-masing *job*
Perhitungan waktu proses untuk masing-masing *job* dilakukan dengan membagi jumlah yang harus diproduksi dengan waktu standar untuk memproduksi *job* pada mesin.
- 3) Mengidentifikasi definisi dari notasi variable dan parameter penjadwalan.
Melakukan identifikasi dan mendefinisikan notasi penjadwalan, yang terdiri atas variabel dan parameter yang akan digunakan dalam pengembangan penjadwalan.
- 4) Penyusunan algoritma menggunakan aturan *Earliest Due date* (EDD) dan *Shortest Processing Time* (SPT)
Menyusun algoritma yang akan digunakan untuk penjadwalan produksi berdasarkan batasan-batasan yang ada pada sistem produksi menggunakan aturan *Earliest Due date* (EDD) kemudian jika ditemui *job* dengan due date yang sama akan melakukan pertimbangan menggunakan *Shortest Processing Time* (SPT) pada mesin laminasi.
- 5) Penjadwalan menggunakan aturan *Earliest Due date* (EDD) dan *Shortest Processing Time* (SPT)

Melakukan penjadwalan untuk mengetahui urutan pengerjaan *job* yang mampu menghasilkan waktu penyelesaian paling singkat.

6) Melakukan penjadwalan ulang

Jika terdapat *order* yang baru masuk maka dilakukan penjadwalan ulang.

7) Melakukan verifikasi model algoritma

Melakukan verifikasi terhadap model pengembangan algoritma penjadwalan yang menggunakan metode *heuristic* berbasis EDD untuk memastikan algoritma berjalan sesuai dengan logika berpikir.

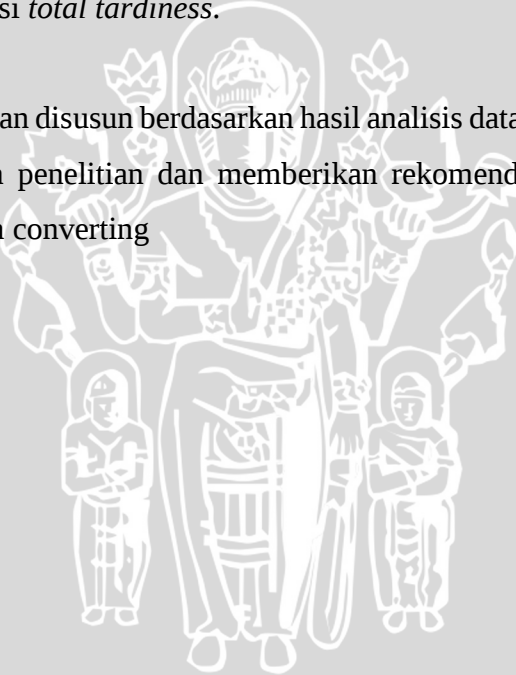
8) Melakukan evaluasi dengan membandingkan penjadwalan metode baru dengan penjadwalan yang sudah ada sebelumnya

6. Analisis dan Pembahasan

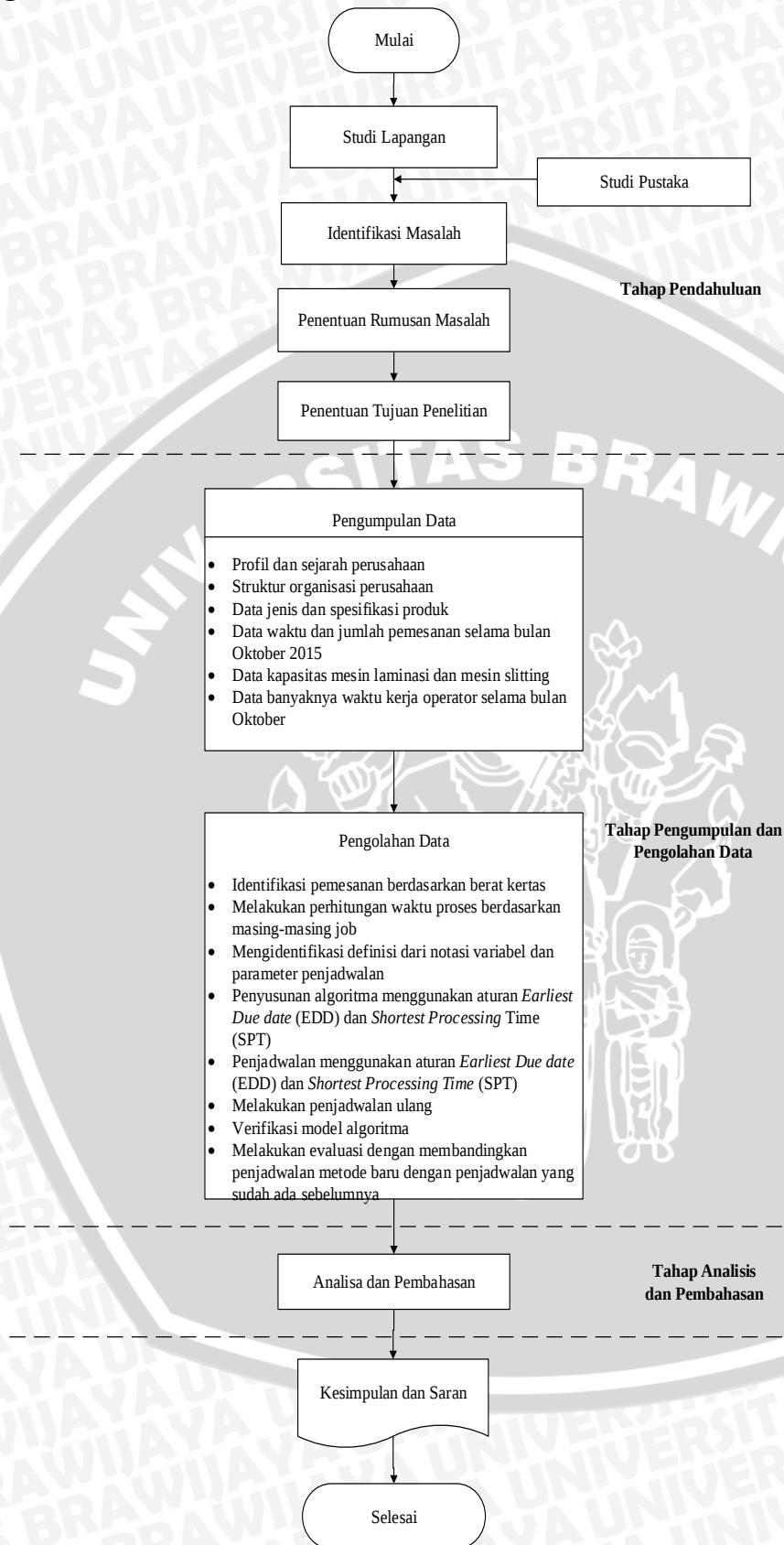
Berdasarkan hasil pengolahan data dilakukan analisa untuk mengetahui keberhasilan meminimasi *total tardiness*.

7. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran disusun berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan untuk menjawab tujuan penelitian dan memberikan rekomendasi perbaikan sistem kerja yang ada di bagian *converting*



3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai proses pengumpulan dan pengolahan data dalam penelitian serta analisisnya. Pengumpulan data pada penelitian ini akan lebih mengarah pada pengumpulan data yang didapatkan dari hasil wawancara dan dokumentasi departemen produksi Perusahaan Kertas Rokok.

4.4.1 Gambaran Umum Perusahaan

Pada bagian ini akan dijabarkan mengenai gambaran perusahaan secara umum, meliputi sejarah perusahaan, profil perusahaan, tujuan, dan struktur organisasi perusahaan.

4.1.1 Profil Perusahaan

Objek penelitian merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri kertas rokok dan beroperasi sejak tahun 2011. Produksi utama perusahaan ini adalah kertas aluminium (*aluminium paper used for cigarette*). Perusahaan ini memproduksi kertas rokok tersebut berdasarkan keinginan kostumer (*make to order*). Kertas rokok yang diproduksi oleh perusahaan tidak memiliki merek tertentu, karena produk yang dihasilkan akan dikirim kepada perusahaan rokok yang tersebar di Indonesia dan digunakan sebagai bahan baku pembuatan kemasan rokok.

Objek penelitian terletak di Kecamatan Kepanjen, Kabupaten Malang. Merupakan daerah dataran rendah dengan ketinggian 41 meter di atas permukaan laut. Pada awalnya produksi ditujukan selain untuk *converting paper* dan *laminating paper* dengan menggunakan mesin laminasi juga untuk printing menggunakan mesin BOPST.

Di perusahaan ini terdapat 2 proses produksi yang terpisah yaitu *printing* dan *converting*. Pada bagian *printing* biasanya perusahaan akan menerima bahan kertas kardus rokok yang telah disediakan oleh customer untuk dicetak sampul gambarnya.

Namun karena adanya kendala maka penerimaan pesanan untuk percetakan ini diberhentikan untuk sementara. Pada bagian *converting* perusahaan secara khusus menerima pesanan untuk kertas alumunium pembungkus rokok.

Kertas alumunium pembungkus rokok memiliki spesifikasi *gramature output* akhir yang berbeda yaitu 50g, 60g, dan 230g. Secara umum kertas *alumunium foil* yang digunakan adalah sama yang membedakan pada hasil akhirnya adalah gramatur pada kertas dasar untuk *alumunium foil* itu sendiri. Untuk kertas 50g dan 60g masing-masing memiliki input kertas dasar berupa kertas *CW paper* dengan *gramature* 30g dan 40g. Sedangkan untuk kertas *alumunium foil* 230g memiliki input kertas dasar berbahan *ivory paper* yaitu 210g sehingga produk jenis ini disebut dengan *alumunium board*. Selain kertas alumunium foil tersebut produk lain yang diproduksi di bagian *converting* adalah *inner frame* yang biasa digunakan untuk bagian dalam kardus rokok, khusus untuk produk ini merupakan kertas *ivory* yang dipotong di mesin *slitiing*.

4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai visi dan misi perusahaan yang telah ditetapkan oleh perusahaan sebagai tolok ukur keberhasilannya.

4.1.2.1 Visi

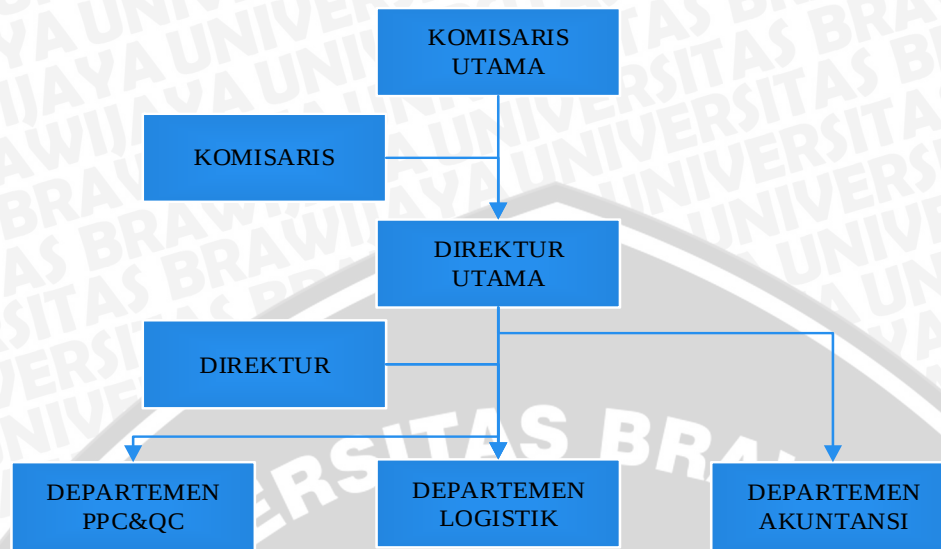
Menjadi produsen kertas laminasi untuk perusahaan dan industri percetakan lainnya yang terbaik di Indonesia dengan kualitas yang memenuhi spesifikasi pelanggan.

4.1.2.2 Misi

1. Memproduksi dan meningkatkan daya saing produk sehingga mampu melakukan penetrasi pasar global
2. Mengupayakan kemandirian dalam pasok bahan baku untuk menjamin kelancaran operasional pabrik
3. Mengupayakan pertumbuhan usaha dan meningkatkan kinerja perusahaan guna menjamin kelangsungan perusahaan
4. Meningkatkan efisiensi diseluruh unit kegiatan dan disemua tingkatan organisasi
5. Meningkatkan profesionalisme SDM agar lebih mampu mengelola perusahaan secara efektif dan efisien, pelayanan kepada pelanggan, dan masyarakat lingkungan

4.1.3 Struktur Organisasi

Gambar 4.1 berikut merupakan struktur organisasi dari perusahaan.



Gambar 4.1 Struktur organisasi Perusahaan
Sumber : Dokumentasi Perusahaan (2016)

4.1.4. Proses Produksi

Dalam pembuatan kertas rokok di perusahaan ini, terdapat proses-proses yang perlu dilakukan untuk mengubah bahan baku sampai menjadi produk siap kirim. Berikut merupakan proses pembuatan kertas rokok.



Gambar 4.2 Proses Produksi Perusahaan

1. Laminating

Laminating merupakan proses pertama dalam pembuatan kertas aluminium kemasan rokok (*aluminium paper used for cigarette*). Dalam proses ini digunakan mesin laminasi tipe Doubaut Wet Laminating Machine DBW1300 buatan China. Mesin ini secara otomatis menyatukan kertas dengan aluminium foil. Selain menyatukan pada mesin ini juga terjadi proses pewarnaan. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai urutan proses yang terjadi pada mesin laminasi: (1) Kertas dan aluminium foil direkatkan dengan lem khusus; (2) Dilakukan pemanasan untuk menyatukan kertas dan aluminium foil secara permanen; (3) Proses pewarnaan dengan

menggunakan roll yang berputar bersentuhan dengan tabung cat, dan terakhir; (4) Cat dikeringkan. Keseluruhan proses diatas dilakukan dalam satu mesin secara kontinyu dan menghasilkan output berupa gulungan kertas aluminium kemasan rokok. Mesin ini dapat di setting melakukan proses laminasi secara otomatis ataupun manual. Gambar 4.3 merupakan *laminating machine* yang digunakan di perusahaan. Kapasitas mesin laminasi adalah 600kg sehingga terdapat panjang kertas untuk memenuhi kapasitas mesin tersebut, untuk kertas dengan *gramature* 50g dan 60g disesuaikan panjangnya yaitu 12.000m sehingga berat akhirnya masing-masing 500kg dan 520kg. Kemudian untuk kertas *gramature* 230g panjangnya hingga 3000m dengan berat akhir 500kg Gambar 4.1 merupakan gambar proses laminasi..



Gambar 4.3 Mesin Laminasi
Sumber : Dokumentasi Perusahaan (2016)

2. *Slitting*

Mesin *slitting* berfungsi memotong gulungan kertas hasil dari proses sebelumnya menjadi beberapa bagian sesuai dengan ukuran yang ditentukan. Biasanya para customer meminta kertas dikirim dalam bentuk gulungan dimana setiap gulungan sepanjang 1750 meter. Jika input yang ada di mesin laminasi sepanjang 12.000 meter maka output yang akan dihasilkan juga sepanjang 12.000 meter. Sedangkan pada mesin *slitting* jika input yang berasal dari mesin laminasi sepanjang 12.000 meter kemudian customer meminta gulungan sepanjang 1750 meter maka gulungan kertas akan mengalami pemotongan sebanyak 6 kali dimana setiap sekali pemotongan mesin akan berhenti untuk diambil gulungan yang telah di proses. Untuk kertas 12.000m dapat dipotong menjadi panjang masing-masing 1750m dan 2000m, kemudian untuk kertas dengan panjang 3.000m dipotong menjadi 750m dan 800m. Selain pemotongan menjadi gulungan tersebut dalam mesin ini kertas juga akan dirapikan tepinya agar lebarnya sesuai dengan klasifikasi. Gambar 4.2 merupakan gambar proses *slitting*.



Gambar 4.4 Mesin Slitting
Sumber : Dokumentasi Perusahaan (2016)

4.4.2 Penjadwalan Produksi Perusahaan

Dalam menjalankan perencanaan dan pengendalian produksi, perusahaan ini tidak melakukan proses peramalan untuk memproyeksikan permintaan yang akan dijadwalkan. Hal tersebut disebabkan oleh sistem operasi perusahaan yang bersifat *make to order*, sehingga jumlah produksi perusahaan disesuaikan dengan jumlah pemesanannya. Produksi yang dijalankan tiap bulannya biasanya merupakan pesanan di bulan sebelumnya yang belum diselesaikan serta pesanan lain yang datang di bulan tersebut.

Proses penjadwalan yang selama ini diterapkan adalah sistem FCFS (*First Come First Serve*) namun dalam keadaan tertentu bisa juga diterapkan sistem penjadwalan berdasarkan aturan EDD (*Earliest Due date*) mengandalkan kemampuan manajerial supervisor. *Order* yang masuk tidak pasti berada di awal bulan, *order* bisa juga datang di tengah atau bahkan di akhir bulan. Sehingga pola waktu kedatangan *order* bisa dikategorikan dalam jenis kedatangan yang *dynamic*.

Pendekatan *First Come First Serve* adalah pendekatan yang menerapkan aturan bahwa *order* yang datang lebih dahulu maka akan diproses lebih dahulu dan akan lebih diprioritaskan. Namun aturan FCFS tidak diaplikasikan sepenuhnya karena apabila terdapat *order* dengan due date yang sudah dekat, maka *order* tersebut akan dikerjakan terlebih dahulu. Pada prakteknya, terkadang penentuan *job* yang akan diproduksi pada setiap harinya bergantung pada keputusan supervisor produksi. Aturan pengerjaan yang tidak menentu dan belum adanya sistem penjadwalan produksi yang kurang jelas ini tanpa disadari menjadi penyebab timbulnya masalah, dalam bentuk keterlambatan. Sedangkan ketika perusahaan melakukan kesalahan dengan mengirimkan produknya dengan terlambat maka perusahaan perlu memberikan *discount* pada pelanggan tergantung jumlah keterlambatan dan jumlah pemesanannya.

4.2.1 Data Produksi Perusahaan

Dalam penelitian ini akan dilakukan penjadwalan terhadap produk kertas bungkus rokok yang ada diperusahaan selama bulan Oktober 2015. Sebelumnya akan ditetapkan terlebih dahulu mengenai kode-kode yang berkaitan dengan spesifikasi pesanan pelanggan. Untuk produk yang tersedia adalah *alumunium foil* (AF), *alumunium board* (AB), *inner frame* (IF). Kemudian untuk warna *foil* yang tersedia adalah *silver* (S), emas (G), merah (R), putih (W) dan biru (B). Selain itu pesanan pelanggan juga dibedakan berdasarkan *gramature*nya dimana 50g (X), 60g (Y), dan 230g (Z). Hal lain yang perlu diperhatikan adalah adanya pesanan pelanggan yang meminta ukuran panjang dan lebar tertentu. Berdasarkan sekian banyak pesanan pelanggan maka akan dikelompokkan sebagai berikut,

Tabel 4.1 Klasifikasi kode berdasarkan ukuran kertas

Ukuran Kertas	Kode	Ukuran Kertas	Kode
70 mm x 1750 m	A	76 mm x 2000 m	H
76 mm x 1750 m	B	84 mm x 2000 m	I
84 mm x 1750 m	C	84 mm x 750 m	J
86 mm x 1750 m	D	92 mm x 750 m	K
88 mm x 1750 m	E	96 mm x 750 m	L
112 mm x 1750 m	F	83 mm x 800 m	M
70 mm x 2000 m	G	96 mm x 800 m	N

Sehingga berdasarkan klasifikasi berdasarkan jenis kertas, ukuran kertas, *gramature* kertas, dan warnanya dibawah ini akan dikelompokkan jenis pesanan yang ada selama bulan Oktober 2015 pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Data Produksi Perusahaan

Tanggal Pemesanan	Customer	Estimasi Penyelesaian	Pesanan					Nama Job
			Jenis Kertas	Gram-mature Kertas	Warna Kertas	Banyaknya Pesanan (kg)	Ukuran Kertas (mm*m)	
31-Agu	PR. PM	25-sep	Alumunium Foil	60g	Silver	6644	86 x 1750	1AFSYD
		25-sep	Inner Frame	230g	White	3751	96 x 800	2IFWZN
17-Sep	PR. BSI	8-Oct	Alumunium Foil	50g	Gold	1026	76 x 1750	3AFGXB
		8-Oct	Alumunium Foil	50g	Red	1022	76 x 1750	4AFRXB
22-Sep	PT. CGC	6-Oct	Alumunium Foil	50g	Gold	4353	84 x 1750	5AFGXC
		3-Oct	Alumunium Foil	50g	Gold	1105	70 x 1750	6AFGXA
30-Sep	CV. SM	2-Oct	Alumunium Board	230g	Gold	830	96 x 750	7ABGZL
29-Sep	PR. JM	13-Oct	Alumunium Foil	50g	Gold	14135	84 x 1750	8AFGXC
1-Oct	UD. BJ	3-Oct	Alumunium Foil	60g	Silver	1002	86 x 1750	9AFSYD
1-Oct	PT. DJ	5-Oct	Alumunium Foil	50g	Gold	2062	70 x 2000	10AFGXG
2-Oct	CV. SLS	9-Oct	Alumunium Foil	50g	Silver	3169	76 x 2000	11AFSXH
3-Oct	PT. BB	13-Oct	Alumunium Foil	50g	Silver	366	76 x 2000	12AFSXH
		13-Oct	Alumunium Foil	50g	Gold	365	70 x 2000	13AFGXG
5-Oct	PR. CM	20-Oct	Alumunium Foil	60g	Gold	1590	76 x 1750	14AFGYB
		20-Oct	Alumunium Board	230g	Gold	442	83 x 800	15ABGZM
6-Oct	PT. KTP	16-Oct	Alumunium Foil	50g	Gold	1938	88 x 1750	16AFGXE
		16-Oct	Alumunium Board	230g	Gold	1034	96 x 750	17ABGZL
		16-Oct	Alumunium Board	230g	Gold	952	92 x 750	18ABGZK
9-Oct	PR. PM	13-Oct	Alumunium Foil	60g	Silver	3916	86 x 1750	19AFSYD
		13-Oct	Inner Frame	230g	White	2579	96 x 800	20IFWZN
12-Oct	PR. BSI	22-Oct	Alumunium Foil	50g	Gold	2131	84 x 1750	21AFGXC
15-Oct	CV. SM	19-Oct	Alumunium Board	230g	Gold	835	96 x 800	22ABGZN
13-Oct	PT. MC	17-Oct	Alumunium Foil	60g	Silver	1148	112 x 1750	23AFSYF
17-Oct	CV. SM	20-Oct	Alumunium Foil	60g	Gold	449	88 x 1750	24AFGYE
17-Oct	BP. PWK	19-Oct	Alumunium Foil	50g	Gold	338	76 x 1750	25AFGXB
		19-Oct	Alumunium Board	230g	Gold	291	84 x 750	26ABGZJ
19-Oct	PT. BK	2-Nov	Alumunium Board	230g	Gold	149	84 x 750	27ABGZJ
20-Oct	PR. CM	31-oct	Alumunium Foil	60g	Gold	778	76 x 1750	28AFGYB
		31-oct	Alumunium Foil	60g	Gold	1324	84 x 750	29AFGYJ
		31-oct	Alumunium Board	230g	Gold	776	83 x 800	30ABGZM
		31-oct	Alumunium Board	230g	Gold	894	96 x 800	31ABGZN
26-Oct	PT. RR	30-oct	Alumunium Foil	50g	Silver	568	88 x 1750	32AFSXE
28-Oct	PR. DT	29-oct	Alumunium Foil	50g	Silver	793	84 x 2000	33AFSXI

4.2.2 Data Waktu Standar Mesin Laminasi

Dalam penelitian ini akan menjadwalkan proses produksi dalam bagian *converting* yang terdiri dari mesin laminasi dan mesin *slitting*. Dalam mesin laminasi terdapat 1 buah mesin yang beroperasi yang berfungsi untuk merekatkan antara kertas *paper cw* dengan kertas *foil* serta memberikan warna. Data waktu standar perusahaan dalam mesin *laminasi* ditunjukkan di Tabel 4.2.

Tabel 4.3 Data waktu standar mesin laminasi

No.	Waktu Standar	Mesin Laminasi (menit/roll besar)
1	Waktu proses kertas 30g panjang 12.000m	150 menit
2	Waktu proses kertas 40g panjang 12.000m	180 menit
3	Waktu proses kertas 210g panjang 3.000m	60 menit
4	Waktu <i>setup</i> penggantian warna	15 menit

4.2.3 Data Waktu Standar Mesin Slitting

Selain mesin laminasi di bagian *converting* juga terdapat mesin *slitting* yang berfungsi memotong kertas yang telah dilaminasi di mesin laminasi. Terdapat 3 standar panjang gulungan kertas yang biasa digunakan sehingga pada Tabel 4.3 dibawah akan diketahui waktu standarnya.

Tabel 4.4 Data waktu standar mesin *slitting*

No.	Waktu Standar	Mesin <i>Slitting</i> (menit/roll kecil)
1	Waktu proses pemotongan kertas setiap 1750m	40
2	Waktu proses pemotongan kertas setiap 2000m	50
3	Waktu proses pemotongan kertas setiap 800m	35
4	Waktu proses pemotongan kertas setiap 750m	30

4.2.4 Data Waktu Kerja

Perusahaan beroperasi selama 6 hari kerja tiap minggunya yaitu dari hari senin hingga sabtu. Dimana setiap harinya terdapat waktu kerja 2 *shift* untuk mesin *slitting* dan 1 *shift* untuk mesin laminasi. Tertanggal 1 – 31 Oktober 2015 terdapat 5 hari libur sehingga waktu kerja normal terdapat 26 hari sehingga jumlah jam kerja pada bulan ini dijelaskan sesuai dengan Tabel 4.4

Tabel 4.5 Data waktu kerja selama bulan Oktober

Mesin	Shift 1	Shift 2	Jumlah Jam Kerja (Jumlah waktu kerja x 26 hari)	Jumlah Jam Kerja Lembur	Kumulatif Waktu
Mesin Laminasi	07.00-15.00	-	208 jam	156 jam	364 jam
Mesin <i>Slitting</i>	07.00-15.00	15.00-23.00	416 jam	52 jam	468 jam

Dari Tabel 4.4 tersebut diketahui bahwa terdapat waktu kosong di bagian laminasi sebanyak 208 jam setiap harinya karena mesin laminasi yang beroperasi selama 1 shift

sehingga waktu jam kerja *shift* 2 dianggap sebagai waktu kosong untuk mesin laminasi. Kemudian waktu kosong dimesin laminasi adalah 1 jam di pagi hari dan 1 jam di malam hari. Waktu tersebut merupakan kebijakan perusahaan apabila perlu menambah jam kerja. Sebelum jam 6 pagi dan setelah jam 12 malam tidak diperbolehkan adanya proses kerja di perusahaan. Kebijakan tersebut tidak diterapkan pada mesin laminasi karena waktu yang disediakan untuk tambahan kerja sudah cukup banyak yaitu pukul 15.00-23.00. Waktu yang telah diperhitungkan tersebut dapat digunakan sebagai batasan waktu perencanaan penjadwalan setiap bulannya.

4.4.3 Pengolahan Data

Setelah melakukan pengumpulan data, akan dilakukan pengolahan data mulai dari pengelompokan *job* berdasarkan berat kertas dan warna, menghitung waktu proses, pengembangan model algoritma penjadwalan, verifikasi model dan validasi model.

4.3.1 Perhitungan Waktu Proses Produksi

Dalam penyusunan rencana penjadwalan dibagian *converting*, perlu diketahui waktu proses dalam setiap pengerjaan produknya. Berdasarkan data pada Tabel 4.1 yang berupa data pesanan pada bulan Oktober meliputi spesifikasi jenis kertas, berat kertas dan warna kertas maka akan diketahui waktu proses tiap *job* nya. Untuk itu pada bagian ini akan dilakukan konversi *job* dari satuan kg menjadi satuan roll serta waktu proses produksi tiap rollnya, dimana ;

$$\text{Gramature 50g} = X = 500\text{kg/roll} = 150 \text{ menit/roll}$$

$$\text{Gramature 60g} = Y = 520\text{kg/roll} = 180 \text{ menit/roll}$$

$$\text{Gramature 230g} = Z = 500\text{kg/roll} = 60 \text{ menit/roll}$$

Sehingga dengan ketetapan yang ada diatas, dapat dilakukan perhitungan, misalnya untuk *job* 1 dengan jumlah pesanan 1315 dan jenis gramatur kertas Y yang berarti 60g, maka hasil konversi terhadap jumlah roll aktual adalah sebagai berikut;

$$1\text{AFSYD} = \frac{\text{Jumlah Pesanan}}{\text{berat roll Y}} = \frac{1315}{520} = 2.529 \text{ roll}$$

Hasil dari jumlah roll aktual tersebut akan dibulatkan keatas untuk mengetahui jumlah produksi roll besar karena ketika proses produksi tidak bisa dilakukan pemotongan kertas sesuai jumlah pesanan untuk lebih mengefisienkan waktu proses, sehingga sisa produksi akan digunakan pada *job* yang lain apabila memiliki spesifikasi yang sama Sebelumnya untuk mengetahui sisa produksi maka dilakukan perhitungan sebagai berikut;

$$\begin{aligned}\text{Sisa Produksi 1AFSYD} &= \text{Jumlah Produksi Roll Besar} - \text{Jumlah Roll Aktual} \\ &= 3 - 2.529 = 0.471 \text{ roll}\end{aligned}$$

Untuk sisa roll tersebut nantinya akan disimpan dalam bentuk roll kecil, *output* dari mesin *slitting*, sehingga ketika ada pesanan dari customer lain yang melakukan pesanan dengan spesifikasi yang persis sama baik dari jenis kertas, *gramature*, warna serta ukurannya maka sisa yang telah disimpan tersebut akan digunakan untuk mengurangi jumlah produksi aktualnya.

Sehingga Tabel 4.6 menjelaskan mengenai jumlah pesanan dalam satuan roll pada masing-masing pesanan serta jumlah kebutuhan waktu proses produksinya.

Tabel 4.6 Jumlah dan Waktu Proses Produksi Pada Mesin Laminasi

Nama Job	Jumlah Pesanan (kg)	Jumlah Roll Aktual	Jumlah Produksi Roll Besar	Sisa Produksi	Waktu Proses Tiap Roll (menit)	Setting Warna	Waktu Proses Keseluruhan (menit)
1AFSYD	1315	2.529	3	0.471	180	-	540
2IFWZN	1247	2.494	3	0.506	-	-	180
3AFGXB	1026	2.052	3	0.948	150	Ya	450
4AFRXB	1022	2.044	3	0.956	150	Ya	450
5AFGXC	4353	8.706	9	0.294	150	Ya	1350
6AFGXA	1105	2.210	3	0.790	150	Ya	450
7ABGZL	830	1.660	2	0.340	60	Ya	120
8AFGXC	14135	28.270	29	0.730	150	Ya	4350
9AFSYD	1002	1.927	2	0.073	180	-	360
10AFGXG	2062	4.124	5	0.876	150	Ya	750
11AFSXH	3169	6.338	7	0.662	150	-	1050
12AFSXH	365	0.730	1	0.270	150	-	150
13AFGXG	365	0.730	1	0.270	150	Ya	150
14AFGYB	1590	3.058	4	0.942	180	Ya	720
15ABGZM	442	0.884	1	0.116	60	Ya	60
16AFGXE	1938	3.876	4	0.124	150	Ya	600
17ABGZL	1034	2.068	3	0.932	60	Ya	180
18ABGZK	952	1.904	2	0.096	60	Ya	120
19AFSYD	3916	7.531	8	0.469	180	-	1440
20IFWZN	2579	5.158	6	0.842	-	-	360
21AFGXC	2131	4.262	5	0.738	150	Ya	750
22ABGZN	835	1.670	2	0.330	60	Ya	120
23AFSYF	1148	2.208	3	0.792	180	-	540
24AFGYE	449	0.863	1	0.137	180	Ya	180
25AFGXB	338	0.676	1	0.324	150	Ya	150
26ABGZJ	291	0.582	1	0.418	60	Ya	60
27ABGZJ	149	0.298	1	0.702	60	Ya	60
28AFGYB	778	1.496	2	0.504	180	Ya	360
29AFGYJ	1324	2.546	3	0.454	180	Ya	540
30ABGZM	776	1.552	2	0.448	60	Ya	120
31ABGZN	894	1.788	2	0.212	60	Ya	120
32AFSXE	568	1.136	2	0.864	150	-	300
33AFSXI	793	1.586	2	0.414	150	-	300

Pada Tabel 4.6 kolom waktu proses tiap roll berdasarkan ketentuan yang telah ditentukan sebelumnya. Kemudian kolom setting warna digunakan untuk mengetahui

apakah *job* tersebut perlu ditambahkan waktu untuk pergantian warna atau tidak. Untuk kode warna S yang berarti Silver tidak perlu dilakukan setting pergantian warna karena warna asli dari *foil* adalah warna Silver, sedangkan kode warna lainnya perlu ditambahkan waktu *setup* warna setiap beberapa waktu sekali.

Untuk *job* 2IFWZN dan 20IFWZN tidak diproduksi di mesin laminasi karena tidak melalui proses perekatan antara kertas dan *foil* melainkan hanya dipotong di mesin *slitting*. Sehingga berdasarkan tabel 4.6 tersebut hasil produksi roll besar akan dibawa ke *station* berikutnya yaitu mesin *slitting*. Sehingga pada Tabel 4.7 akan dijelaskan mengenai jumlah waktu proses pada mesin *slitting*. Dengan aturan panjang roll bahwa $AF = 12.000$ m dan $AB = 3.000$ m. Kemudian Jumlah roll kecil yang akan dihasilkan dari hasil pemotongan ini

$$\text{adalah Jumlah Roll Kecil} = \frac{\text{Panjang Roll Besar}}{\text{Panjang Roll Kecil}},$$

sehingga untuk perhitungan jumlah roll kecil pada *job* 1 adalah $1AFSY = \frac{12000}{1750} = 7,7$ roll kecil tersebut juga merupakan hasil pembulatan keatas karena sisa roll juga akan tetap diproses walaupun jumlah panjangnya tidak sesuai dengan spesifikasi 1 gulungan. Maksud dari 7 roll tersebut hanya dilihat dari hasil panjangnya bukan lebarnya. Jadi apabila 1 gulungan tersebut memiliki lebar 1 meter dan lebar pesanan adalah 84 maka jumlah gulungan dalam 1 kali proses adalah $\frac{1 \text{ meter}}{88 \text{ mm}} = 12$ gulungan tiap 1 kali proses dan sisa lebarnya akan dianggap sebagai *waste*. Sehingga dalam 1 gulungan tersebut terjadi 7 kali proses pembuatan roll kecil dan setiap kali proses ada 12 gulungan.

Kemudian dilakukan perhitungan terhadap waktu proses per roll besar di mesin *slitting* dengan;

Waktu Proses Per Roll Besar = Jumlah Roll Kecil x waktu proses tiap roll kecil
dimana, waktu proses tiap roll mengikuti data pada Tabel 4.3. Sehingga untuk *job* 1 adalah

$$\text{Jumlah Waktu Proses Per Roll Besar } 1AFSY = 7 \times 40 \text{ menit} = 280 \text{ menit}$$

Kemudian Jumlah Roll Besar diketahui dari Tabel 4.6

Selain itu pada Tabel 4.6 diketahui jumlah sisa produksi berdasarkan hasil pembulatan produksi di mesin laminasi dibandingkan dengan jumlah produksi yang sebenarnya diminta oleh *customer*. Sehingga akan dilakukan perhitungan pula mengenai jumlah sisa roll kecil yang diproduksi di mesin 2. Sisa roll kecil tersebut diperoleh dari sisa produksi di mesin 1 yang dikonversi ke ukuran roll kecil.

Sehingga pada Tabel 4.7 akan dijelaskan mengenai perhitungan Total Waktu Proses pada semua *job* di mesin *slitting*.

Tabel 4.7 Jumlah dan Waktu Proses Produksi Pada Mesin Slitting

Nama Job	Panjang Roll Kecil (A)	Panjang Roll Besar (B)	Jumlah Roll Kecil $C = B/A$	Waktu Proses Per Roll Besar	Jumlah Roll Kecil Aktual	Sisa Roll Kecil (Satuan)	Jumlah Roll Besar
1AFSYD	1750	12000	7	280	17.77	3.23	3
2IFWZN	800	3000	4	140	10.1	1.90	3
3AFGXB	1750	12000	7	280	14.5	6.50	3
4AFRXB	1750	12000	7	280	14.44	6.56	3
5AFGXC	1750	12000	7	280	60.98	2.02	9
6AFGXA	1750	12000	7	280	15.58	5.42	3
7ABGZL	750	3000	4	120	6.64	1.36	2
8AFGXC	750	3000	4	120	110.99	5.01	29
9AFSYD	1750	12000	7	280	13.5	0.50	2
10AFGXG	2000	12000	6	300	24.74	5.26	5
11AFSXH	2000	12000	6	300	38.03	3.97	7
12AFSXH	2000	12000	6	300	4.38	1.62	1
13AFGXG	2000	12000	6	300	4.38	1.62	1
14AFGYB	1750	12000	7	280	21.54	6.46	4
15ABGZM	800	3000	4	140	3.56	0.44	1
16AFGXE	1750	12000	7	280	27.15	0.85	4
17ABGZL	750	3000	4	120	8.27	3.73	3
18ABGZK	750	3000	4	120	7.62	0.38	2
19AFSYD	1750	12000	7	280	52.78	3.22	8
20IFWZN	800	3000	4	140	20.84	3.16	6
21AFGXC	1750	12000	7	280	29.94	5.06	5
22ABGZN	800	3000	4	140	6.76	1.24	2
23AFSYF	1750	12000	7	280	15.57	5.43	3
24AFGYE	1750	12000	7	280	6.06	0.94	1
25AFGXB	1750	12000	7	280	4.78	2.22	1
26ABGZJ	750	3000	4	120	2.33	1.67	1
27ABGZJ	750	3000	4	120	1.19	2.81	1
28AFGYB	1750	12000	7	280	10.55	3.45	2
29AFGYJ	750	3000	4	120	10.18	1.82	3
30ABGZM	800	3000	4	140	6.32	1.68	2
31ABGZN	800	3000	4	140	7.2	0.80	2
32AFSXE	1750	12000	7	280	8.08	5.92	2
33AFSXI	1750	12000	7	280	18.52	2.48	3

Pada Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa di mesin slitting diterapkan sistem produksi dengan menggunakan lot dimana jumlah produksi nya mengikuti jumlah produksi roll besar yang diproduksi di mesin laminasi. Sehingga jika mempertimbangkan jumlah sisa produksi terdapat waktu dimana produksi di mesin 2 hasilnya tidak akan dikirimkan kepada *customer* melainkan disimpan digudang. Ketika terdapat pesanan lain dengan spesifikasi yang sama dengan produk yang disimpan maka produk tersebut akan digunakan untuk mengurangi jumlah produksi baik di mesin laminasi maupun mesin slitting.

4.4.4 Skenario Pengembangan Model

Penelitian ini mengembangkan model algoritma heuristic dengan pendekatan *dispatching rule* yaitu *earliest due date* dengan tujuan mengurangi *total tardiness*. Dalam pemodelan ini akan dipertimbangkan masalah *job* sisipan yaitu ketika ada *job* baru yang datang di tengah horizon perencanaan penjadwalan.

4.4.1 Model Verbal Penjadwalan

Objek Penelitian adalah perusahaan yang menerapkan sistem *make to order*. Di bagian *converting* secara umum memiliki 3 jenis produk yaitu *aluminum paper used for cigarette (aluminum foil)*, *inner frame*, dan *aluminum board*. Ketiga produk tersebut memiliki urutan proses dan bahan baku yang berbeda, untuk produk *aluminum foil* dan *aluminum board* diproduksi di kedua mesin baik laminasi dan sliting sedangkan untuk *inner frame* hanya diproduksi di mesin *slitting* saja.

Langkah penjadwalan pertama-tama dilakukan pemilihan *job* yang akan diproduksi menggunakan prioritas *Earliest Due date* dimana *job* yang memiliki tenggat waktu lebih awal yang akan diproduksi terlebih dahulu. Apabila ditemui *job* yang memiliki waktu tenggat yang sama maka akan diterapkan sistem penjadwalan *Shortest Processing Time* yaitu *job* yang memiliki waktu proses lebih pendek akan diproduksi terlebih dahulu.

Proses pertama pada mesin laminasi untuk *job* terpilih yaitu melakukan produksi sesuai dengan waktu proses yang ada. Untuk *job* dengan kode AF terdapat 2 jenis produk yang berbeda yaitu untuk *gramature* 50gr berkode X, dan *gramature* 60gr berkode Y. Kedua jenis kertas tersebut menyebabkan waktu proses yang berbeda pula. Waktu setup pemasangan kertas diasumsikan termasuk dalam waktu proses karena waktunya tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan waktu proses. Jika sudah diketahui waktu proses tiap *job* selanjutnya dilakukan pengecekan warna kertas yang dipesan. Apabila pesanan berwarna *silver* berarti dalam pemrosesan kertas tidak perlu ditambahkan waktu pergantian warna karena warna *silver* adalah warna asli dari kertas *aluminum foil* itu sendiri. Sedangkan untuk *job* yang dipesan dengan warna selain *silver* seperti *gold*, *red*, dan *blue* perlu ditambahkan waktu untuk pemasangan warna yaitu 15 menit, untuk kertas dengan kode AF dengan panjang 12.000m dalam 1 *drum* warna dapat digunakan untuk 3 roll kertas sehingga setiap 3 kali produksi akan dilakukan pergantian warna selama 15 menit tersebut. Untuk kertas jenis AB ditetapkan waktu pemasangan warna sama aturannya dengan kertas AF, namun karena kertas jenis AB hanya memiliki panjang 3000m sehingga pergantian

drum warna setiap 12 kali produksi, dengan lamanya waktu pergantian *drum* warna tersebut adalah 15 menit.

Dalam 1 buah roll besar di mesin laminasi beratnya adalah 500kg, sedangkan pesanan yang diminta oleh customer biasanya dalam satuan kilogram dan tidak selalu sejumlah kelipatan 500kg sehingga akan dilakukan pembulatan keatas untuk jumlah produksinya. Dari hasil produksi 1 *job* biasanya akan memiliki sisa dalam jumlah tertentu, untuk *job* berikutnya dapat dilakukan pengecekan apakah memiliki spesifikasi yang sama bukan hanya berdasarkan jenis kertas, *gramature* kertas dan warna kertas namun juga berdasarkan panjang dan lebar gulungan kertas kecilnya. Jika memiliki spesifikasi yang sama maka akan dilakukan pengecekan berapa jumlah sisa dari produksi sebelumnya sehingga akan mengurangi jumlah produksi di *job* selanjutnya.

Mesin laminasi beroperasi dari jam 7.00-15.00 dengan waktu istirahat 12.00-13.00 dimana ketika waktu istirahat, mesin akan dimatikan walaupun masih terdapat produk yang sedang diproduksi dan akan dinyalakan kembali tepat pada pukul 13.00. Apabila *job* yang dikerjakan berdasarkan horizon perencanaan sudah mengalami keterlambatan maka akan dilakukan *overtime*, untuk mesin laminasi adalah sampai pukul 21.00. Ketika dilakukan perencanaan penjadwalan harus dipertimbangkan bahwa mesin laminasi tidak bisa ditinggalkan dalam keadaan roll yang belum selesai diproduksi dalam waktu yang lama karena akan mempengaruhi kualitas kertas. Sehingga proses produksi akan berhenti ketika roll terakhir dihari itu selesai diproduksi, jadi waktu kerja mesin laminasi maksimal adalah pukul 21.00, misalnya apabila roll terakhir selesai pukul 18.50 maka produksi akan selesai karena apabila menambah produksi roll, akan selesai pada waktu lebih dari pukul 21.00.

Kemudian pada proses kedua yaitu mesin *slitting* untuk *job* terpilih menggunakan aturan yang sama dengan mesin *laminasi* yaitu menggunakan aturan EDD dan SPT. Pada mesin *slitting* yang diproduksi bukan hanya AF dan AB saja melainkan IF juga. Di mesin *slitting* satu buah roll besar hasil dari mesin laminasi akan dipotong menjadi beberapa roll kecil, untuk kertas jenis AF kertas sepanjang 12.000m akan diproduksi menjadi 1750m atau 2000m dengan lebar sesuai dengan pesanannya. Untuk roll kecil sepanjang 1750m berarti akan dilakukan pemotongan kertas sebanyak 7 kali dan roll kecil sepanjang 2000 akan dilakukan pemotongan kertas sebanyak 6 kali dengan asumsi bahwa waktu operasi tiap roll kecil termasuk waktu setup dan waktu penurunan roll dari mesin. Sedangkan untuk kertas jenis AB dan IF memiliki panjang kertas 3000m dan akan dilakukan pemotongan kertas

sepanjang 750m yang berarti dipotong sebanyak 4 kali serta kertas sepanjang 800m sebanyak 4 kali pemotongan.

Mesin *slitting* beroperasi dibagi menjadi 2 *shift* yaitu pukul 07.00-15.00 dan 15.00-23.00. Berbeda dengan aturan dimesin laminasi yang beroperasi sampai pada roll terakhir, dimesin *slitting* produksi roll besar dapat dihentikan ditengah dengan catatan bahwa roll kecil terakhir udah selesai diproduksi. Untuk shift 2 produksi tidak boleh dihentikan sebelum jam 23.00 sehingga lembur diperbolehkan pada shift ini maksimal sampai pukul 00.00, dengan aturan roll kecil yang sudah disampaikan sebelumnya, apabila dalam satu roll besar masih mengalami sisa produksi dari shift 2 maka shift 1 keesokan harinya akan meneruskan produksi dimulai pada pukul 06.00.

4.4.2 Notasi dan Definisi

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

1. Indeks

Indeks memiliki fungsi untuk menyatakan posisi elemen *job array* (item dan komponen) dalam suatu penjadwalan. Berikut ini dijabarkan *index* yang digunakan dalam penelitian ini:

i : menyatakan *job* yang akan dijadwalkan, sehingga $i = 1, 2, 3, \dots, q$, dimana q menyatakan banyaknya *job* yang akan dijadwalkan

j : menyatakan jenis sumber daya yang digunakan dalam proses produksi sehingga $j = 1, 2$, dengan keterangan sebagai berikut.

1 = Mesin Laminasi

2 = Mesin *Slitting*

k : merupakan roll besar yang dijadwalkan pada job i di mesin j

k' : merupakan roll kecil yang dijadwalkan pada job i di mesin 2

2. Parameter

Parameter memiliki fungsi untuk menyatakan acuan dari penempatan *job array* (item dan komponen) dalam waktu proses dan waktu *setup* warna.

D_i : due date *job* i

T_i : waktu proses pada job i

T_{ijk} : waktu proses operasi tiap roll pada job i dan mesin j

S_{ijk} : waktu pergantian warna pada roll ke- k

- Tr_{ij} : waktu awal produksi job i di mesin j
 Tr_0 : waktu awal produksi harian (07.00)
 Tr_{ijk} : waktu dimana roll besar pada job i mulai untuk diproses di mesin j
 $Tr_{ijk'}$: waktu dimana roll kecil pada job i di mesin 2 rol kecil mulai diproses
 P'_i : jumlah produksi aktual terdata
 W_i : sisa produksi aktual
 W'_i : sisa produksi aktual terdata

3. Variabel

Variabel memiliki fungsi untuk menentukan pembuatan fungsi model

- C_{ijk} : waktu dimana roll besar job i di mesin j selesai diproses
 $C_{ijk'}$: waktu dimana roll kecil pada job i di mesin 2 selesai diproses
 AT_x : *available time* di mesin 1 dan 2
 SA : sisa *available* mesin
 P_i : jumlah produksi aktual

4.4.3 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 total *tardiness*, dengan fungsi tujuan sebagai berikut

$$\text{Total } tardiness = \min \sum_{i=1}^n T_i \quad (4-1)$$

Persamaan (4-1) menjelaskan bahwa fungsi tujuan adalah untuk meminimasi total *tardiness* untuk semua job. Fungsi T_i adalah keterlambatan dari masing-masing job, dimana $T_i = C_i - d_i$

2. Fungsi Kendala

Fungsi kendala dalam penjadwalan diperlukan agar dalam menjadwalkan job dapat memenuhi tujuan. Fungsi kendala dalam penjadwalan ini adalah

- Job harus dihentikan pada pukul 12.00-13.00 untuk waktu istirahat
- Waktu lembur untuk mesin laminasi hanya diijinkan pada pukul 15.00-21.00
- Waktu lembur untuk mesin slitting hanya diijinkan pukul 06.00-07.00 untuk shift 1, dan 23.00-00.00 untuk shift 2

4.4.4 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penjadwalan sebagai berikut:

1. Keseluruhan sumber daya siap pada waktu ke nol
2. Set up time termasuk dalam waktu proses *job*
3. Pergantian warna untuk kertas panjang 12.000m dilakukan setiap 3 kali proses sedangkan pergantian warna untuk kertas dengan panjang 3.000m dilakukan setiap 12 kali proses.
4. *Job* yang sedang diproses di suatu mesin tidak boleh di hentikan untuk disisipkan *job* lain
5. Ready time masing-masing *job* disesuaikan dengan selesainya waktu operasi pada *job* sebelumnya.
6. Penjadwalan dilakukan dalam keadaan normal pada seluruh sumber daya yang ada, yakni tanpa adanya kerusakan dan perbaikan pada mesin, serta tidak ada penambahan sumber daya manusia pada pengerjaan manual.
7. Roll yang berwarna hanya akan mempengaruhi *setting* pergantian warna saja.

4.4.5 Pengembangan Algoritma Penjadwalan

Berikut adalah algoritma penjadwalan yang dikembangkan menggunakan pendekatan EDD dan SPT.

Input: q , d_i , T_i .

Langkah 0 : Tentukan item yang akan diproduksi, urutkan *job* yang ada sesuai aturan Earliest Due date (EDD), Untuk masing-masing *job* ditentukan nilai d_1 dan t_1 . Dimana $d_i < d_{i+1}$ maka *job* $i+1$ mengikuti *job* i . Jika $d_i = d_{i+1}$ maka alokasikan dengan menggunakan Shortest Processing Time (SPT) dimana $T_i < T_{i+1}$, kemudian nyatakan item sebagai *job* dengan indeks $i=1,2,3,\dots,q$ sesuai urutan yang diperoleh dari hasil pengurutan menggunakan aturan EDD dan SPT.

Langkah 1 : Cari operasi-operasi paling hulu yang belum dijadwalkan, atau mulai dengan operasi yang menempati urutan pertama pada *job* ij , sisanya tetapkan dalam daftar operasi atau list L , jika i (right,3,4) = AF atau AB maka ke langkah 2, jika tidak maka langkah 48

Langkah 2 : Mesin di produksi di $j=1$ dimana waktu awal produksi setiap harinya adalah $Tr_0 = 07.00$

Langkah 3 : Apakah *job i* memerlukan setting pergantian warna?

- Jika Ya lanjut ke langkah 4
- Jika Tidak lanjut ke langkah 9

Langkah 4 : Waktu setup untuk pergantian warna adalah $S_{ijk} = 15$ menit

Langkah 5 : Apakah *job i* (right,3,4) = AF?

Jika ya maka lanjut ke langkah 6

Jika tidak maka lanjut ke langkah 7

Langkah 6 : Apakah $\text{roll } k \bmod 4 = 0$?

- Jika ya maka $C_{ijk} = Tr_{ijk} + S_{ijk} + T_{ijk}$ (berlaku juga khusus untuk $k=1$)
- Jika tidak maka $C_{ijk} = Tr_{ijk} + T_{ijk}$

Dimana

C_{ijk} = Completion time saat itu

Tr_{ijk} = waktu dimana roll besar pada *job i* mesin *j* mulai diproses

T_{ijk} = Waktu operasi roll besar pada *job i* mesin *j*

S_{ijk} = waktu setup tiap pergantian warna

Lanjut ke langkah 10

Langkah 7 : *job i* (right 3,4) = AB

Langkah 8 : Apakah $\text{roll } k \bmod 13 = 0$?

- Jika ya maka $C_{ijk} = Tr_{ijk} + S_{ijk} + T_{ijk}$ (berlaku juga khusus untuk $k=0$)
- Jika tidak maka $C_{ijk} = Tr_{ijk} + T_{ijk}$

Lanjut ke langkah 10

Langkah 9 : Hitung nilai C_{ij} pada masing-masing *j*

$C_{ij} = Tr_{ijk} + T_{ijk}$

Dimana

C_{ijk} = Completion time saat itu

Tr_{ijk} = waktu dimana roll besar pada *job i* mesin *j* mulai diproses

T_{ijk} = Waktu operasi roll besar pada *job i* mesin *j*

Lanjut ke langkah 10

Langkah 10: Apakah $T_{ijk} < 12.00$ dan $C_{ijk} > 13.00$?

- Jika Ya maka $C_{ijk} + 1$ jam,
- Jika tidak maka tidak perlu ditambahkan

Langkah 11: Apakah $k=1$?

- Jika Ya maka lanjut ke langkah 12
- Jika Tidak maka $k>1$ sehingga lanjut ke langkah 18

Langkah 12: Apakah $Tr_{ij} \geq d_i$?

- Jika ya maka lanjut ke langkah 17
- Jika tidak maka lanjut langkah 13

Langkah 13: $C_i = Tr_0 + (T_i : AT_x)$

Dimana,

C_i = Completion Time *job* i keseluruhan

T_i = waktu proses *job* i keseluruhan

Langkah 14: Apakah $C_i \geq d_i$?

- Jika ya maka lanjut ke langkah 17
- Jika tidak maka ke langkah 15

Langkah 15: Hitung $C_{ij+1} = C_{ij} + (T_{ij} : AT_x)$

Dimana

C_{ij+1} = Completion time pada *job* berikutnya

T_{ij} = waktu proses *job* berikutnya secara keseluruhan

Langkah 16: Apakah $C_{ij+1} \geq d_i$?

- Jika ya maka lanjut ke langkah 17
- Jika tidak maka ke langkah 20

Langkah 17: Adakan overtime antara jam 15.00-21.00, dimana Tr_{ijk+1} mengikuti jadwal sebelumnya

Langkah 18: Apakah *job* diperbolehkan adanya overtime?

- Jika Ya maka lanjut ke langkah 19
- Jika Tidak maka lanjut ke langkah 20

Langkah 19: Apakah $C_{ijk} > 21.00$?

- Jika ya maka mesin idle sampai Tr_0 , kembali ke langkah 2
- Jika tidak maka lanjut langkah 20

Langkah 20: Jadwalkan *job* i roll k pada mesin 1, lanjut ke langkah 21

Langkah 21: *Job* di produksi di mesin $j=2$

Langkah 22: Apakah $k=1$?

- Jika Ya maka lanjut ke langkah 23
- Jika Tidak maka lanjut lanjut langkah 25

Langkah 23: $Tr_{i2k} = Ci_{1k}$,

Langkah 24: Hitung Completion time di $j=2$

$$C_{ijk} = Tr_{ijk} + T_{ijk}$$

Lanjut langkah 27

Langkah 25: Hitung nilai sisa available time mesin untuk masing-masing mesin j

$$SA_j = AT_x - C_{ijk}$$

Dimana :

SA_j = sisa available time di mesin j

AT_x = available time

C'_{ij} = completion time saat itu

Tentukan SA_{ij} maximun

Langkah 26: Apakah $T_{ijk+1} \leq \max SA_j$?

Dimana T_{ijk+1} adalah waktu operasi untuk *job* berikutnya

- Jika ya maka $Tr_{ijk+1} = C_{ijk}$ kemudian kembali ke langkah 24
- Jika tidak maka lanjut ke langkah 28

Langkah 27: Apakah $T_{ijk} < 12.00$ dan $C_{ijk} > 13.00$?

- Jika Ya maka $C_{ijk} + 1$ jam lanjut langkah 35
- Jika Tidak maka lanjut langkah 30,

Langkah 28: Apakah *job* di mesin $j=1$ diadakan overtime?

- Jika ya maka lanjut ke langkah 29
- Jika tidak maka $Tr_{ijk+1} = Tr_0 = 07.00$ kemudian kembali ke langkah 24

Langkah 29: Adakan overtime antara jam 23.00-00.00 tetapkan $Tr_{ijk} = C_{ijk}$ kemudian kembali ke langkah 24

Langkah 30: Apakah $C_{ijk} > 00.00$?

- Jika ya maka lanjut langkah 31
- Jika tidak ke langkah 35

Langkah 31: Lakukan pemecahan operasi pada *job* ijk menjadi tiap rol kecil yaitu *job* ijk'

Langkah 32: Hitung completion time tiap roll kecil

$$C_{ijk'} = Tr_{ijk'} + T_{ijk'}$$

Dimana

$C_{ijk'}$ = Completion time saat itu

$Tr_{ijk'}$ = waktu dimana roll kecil pada *job* i mesin 2 mulai untuk diproses

T_{ijk} = waktu proses untuk setiap roll kecil

Jika sisa $k'=0$ maka lanjut ke langkah 35

Langkah 33: Apakah pada langkah 32 $Tr_0 = 06.00$?

- Jika Ya maka lanjut langkah 35

- Jika Tidak lanjut langkah 34

Langkah 34: Apakah $C_{ijk}' > 00.00$?

- Jika ya maka $Tr_0 = 06.00$, kembali ke langkah 32

- Jika tidak maka $Tr_{ijk'+1} = C_{ijk}'$ kembali ke langkah 32

Langkah 35: Jadwalkan *job ijk* pada mesin 2

Langkah 36: Apakah sisa roll $k=0$?

- Jika Ya maka lanjut ke langkah 37

- Jika Tidak maka lanjut ke langkah 38

Langkah 37: Gambarkan pada Gantt Chart, lanjut ke langkah 43

Langkah 38: Pilih $k+1$ pada job i yang belum dijadwalkan

Langkah 39: Hitung nilai sisa available time mesin untuk masing-masing mesin 1

$$SA_j = AT_x + C_{ijk}$$

Dimana :

SA_j = sisa available time di mesin 1

AT_x = available time di mesin 1 (15.00)

C_{ikj} = completion time saat itu

Tentukan SA_{ij} maximum

Langkah 40: Apakah $T_{ijk+1} \leq \max SA_1$

- Jika ya maka *job i+1* di produksi dengan $Tr_{ijk+1} = C_{ijk}$ kemudian Kembali ke langkah 3

- Jika tidak maka lanjut ke langkah 41

Langkah 41: Apakah job i dilakukan overtime?

- Jika ya maka ke langkah 42

- Jika tidak, tetapkan $Tr_{ijk+1} = 07.00$ kemudian kembali ke langkah 2

Langkah 42: Apakah $Tr_{ijk+1} \geq 21.00$?

- Jika Ya maka $Tr_{ijk+1} = 07.00$

- Jika Tidak $Tr_{ijk+1} = C_{ijk}$

Kembali ke langkah 3

Langkah 43: Jika list $L \neq 0$, maka lanjut ke langkah 44. Jika list $L = 0$ maka langkah 68

Langkah 44: Pilih *job* teratas dari list L ,

Langkah 45: Apakah dari keterangan diketahui stock?

- Jika Ya maka kembali ke langkah 43
- Jika Tidak lanjut ke langkah 46

Langkah 46: Cek apakah *job* yang telah selesai memiliki spesifikasi termasuk panjang dan lebar itu sama?

- Jika Ya maka lanjut ke langkah 47
- Jika Tidak maka kembali ke langkah 1

Langkah 47: Hitung jumlah produksi aktual

$$P_i = (P'_i - W'_i) - W_i$$

Dimana

P_i = Jumlah produksi aktual

P'_i = Jumlah produksi aktual terdata

W'_i = sisa produksi terdata

W_i = sisa produksi terpilih

Kembali ke langkah 2

Langkah 48: Job di produksi hanya di mesin $j=2$

Langkah 49: Apakah $k=1$?

- Jika Ya maka lanjut ke langkah 50
- Jika Tidak maka lanjut lanjut langkah 52

Langkah 50: $Tr_{ijk+1} = C_{ijk}$,

Langkah 51: Hitung Completion time di $j=2$

$$C_{ijk} = Tr_{ijk} + T_{ijk}$$

Dimana

C_{ijk} = Completion time saat itu

Tr_{ijk} = waktu dimana *job* ij rol ij' mulai diproses

T_{ijk} = Jumlah Waktu operasi tiap roll,

Lanjut langkah 54

Langkah 52: Hitung nilai sisa available time mesin untuk masing-masing mesin j

$$SA_j = AT_x - C_{ij}$$

Dimana :

SA_j = sisa available time di mesin j

AT_x = available time

C'_{ij} = completion time saat itu

Tentukan SA_{ij} maximun

Langkah 53: Apakah $T_{ijk+1} \leq \max SA_j$?

Dimana T_{ijk+1} adalah waktu operasi untuk *job* berikutnya

- Jika ya maka $Tr_{ijk+1} = C_{ijk}$ Kembali ke langkah 51
- Jika tidak maka lanjut ke langkah 54

Langkah 54: Apakah $T_{ijk} < 12.00$ dan $C_{ijk} > 13.00$?

- Jika Ya maka $C_{ijk} + 1$ jam
- Jika Tidak maka tidak perlu ditambahkan waktu tambahan lanjut langkah 55 untuk roll $k=1$, dan ke langkah 61 untuk roll $k>1$

Langkah 55: Apakah $Tr_0 \geq d_i$?

- Jika ya maka lanjut ke langkah 60
- Jika tidak maka lanjut langkah 56

Langkah 56: $C_i = Tr_0 + (T_i : AT_x)$

Dimana,

C_i = Completion Time *job* i keseluruhan

T_i = waktu proses *job* i keseluruhan

Langkah 57: Apakah $C_i \geq d_i$?

- Jika ya maka lanjut ke langkah 60
- Jika tidak maka $Tr_{ijk+1} = Tr_0$, lanjut ke ke langkah 58

Langkah 58: Hitung $C_{ijk+1} = C_{ijk} + (T_{i+1} : AT_x)$

Dimana

C_{ijk+1} = Completion time pada *job* berikutnya

T_{i+1} = waktu proses *job* berikutnya secara keseluruhan

Langkah 59: Apakah $C_{ijk+1} \geq d_i$?

- Jika ya lanjut ke langkah 60
- Jika tidak maka kembali ke langkah 51

Langkah 60: Adakan overtime antara jam 23.00-00.00 tetapkan $Tr_{ijk+1} = C_{ijk}$

Langkah 61: Apakah $C_{ijk} > 00.00$?

- Jika ya maka lanjut langkah 62
- Jika tidak ke langkah 66

Langkah 62: Lakukan pemecahan operasi pada *job* ijk menjadi tiap rol kecil yaitu *job* ijk'

Langkah 63: Hitung completion time tiap roll kecil

$$C_{ijk'} = Tr_{ijk'} + T_{ijk'}$$

Dimana

C'_{ij} = Completion time saat itu

Tr'_{ij} = waktu dimana *job* *ij* rol *ij*' mulai diproses

Tr'_{i2} = waktu dimana *job* *i* di mesin *j* 2 rol kecil mulai diproses

Jika $Tr_0 = 06.00$ maka lanjut langkah 60

Langkah 64: Apakah pada langkah 63 $Tr_0 = 06.00$?

- Jika Ya maka lanjut langkah 66
- Jika Tidak lanjut langkah 65

Langkah 65: Apakah $C_{ijk'} > 00.00$?

- Jika ya maka $Tr_0 = 06.00$
- Jika tidak maka $Tr_{ijk+1} = C_{ijk}$

Kembali ke langkah 63

Langkah 66: Jadwalkan *job* *ijk* pada mesin 2

Langkah 67: Apakah sisa roll $k = 0$?

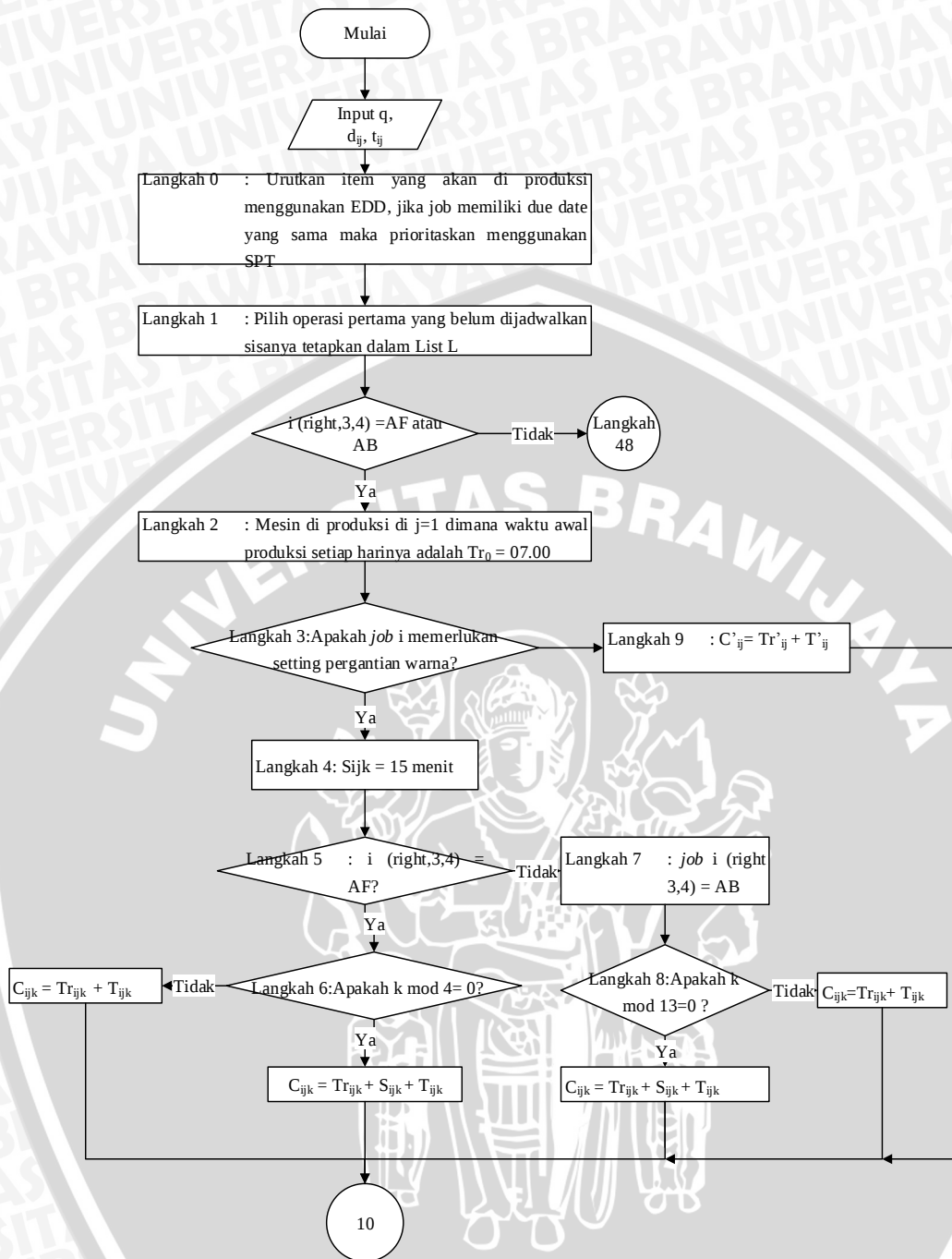
- Jika ya kembali ke langkah 37
- Jika tidak kembali ke langkah 48,

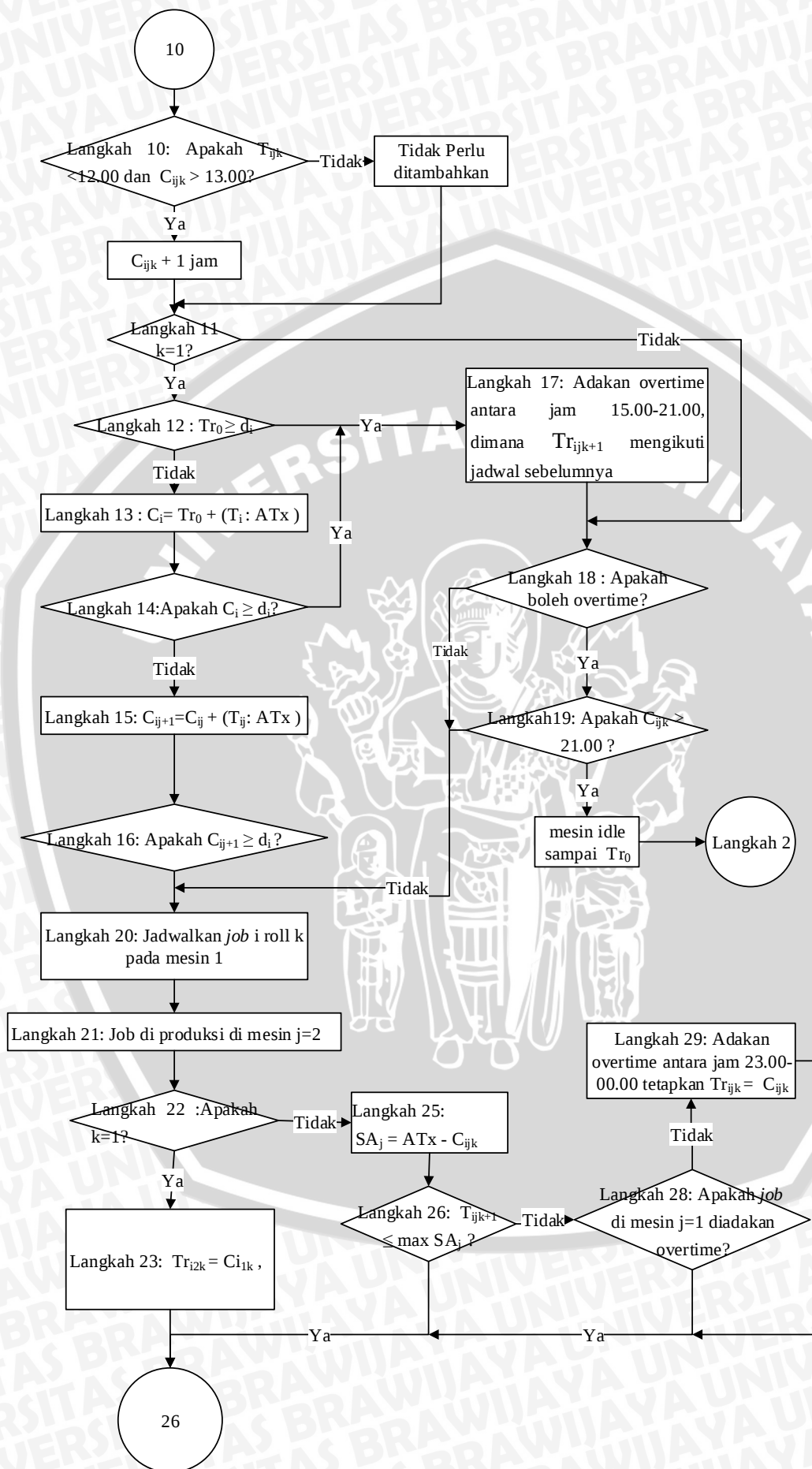
Langkah 68: Apakah ada *job* sisipan?

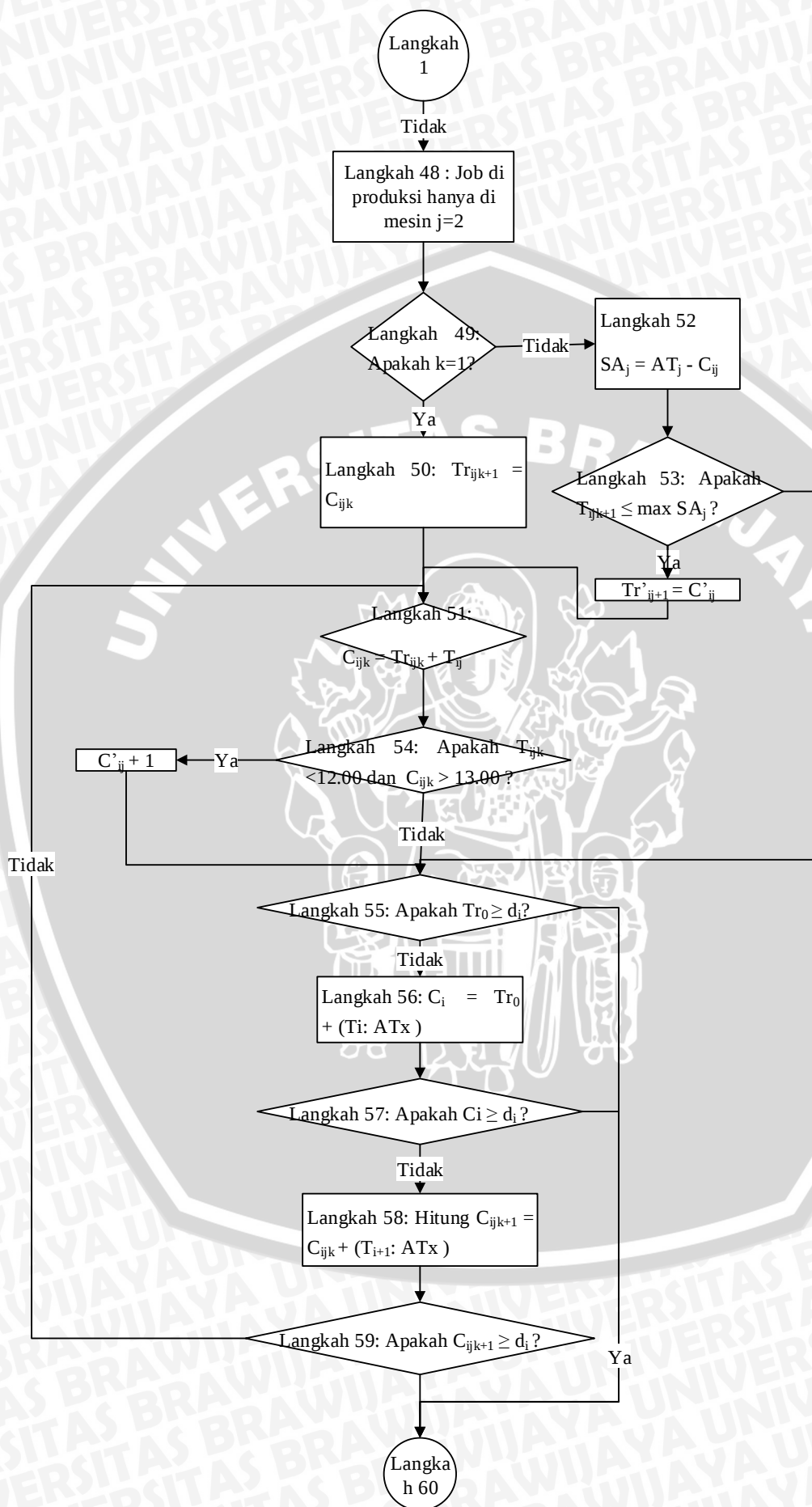
- Jika Ya maka sisipkan *job* mulai dari langkah 0
- Jika Tidak maka selesai

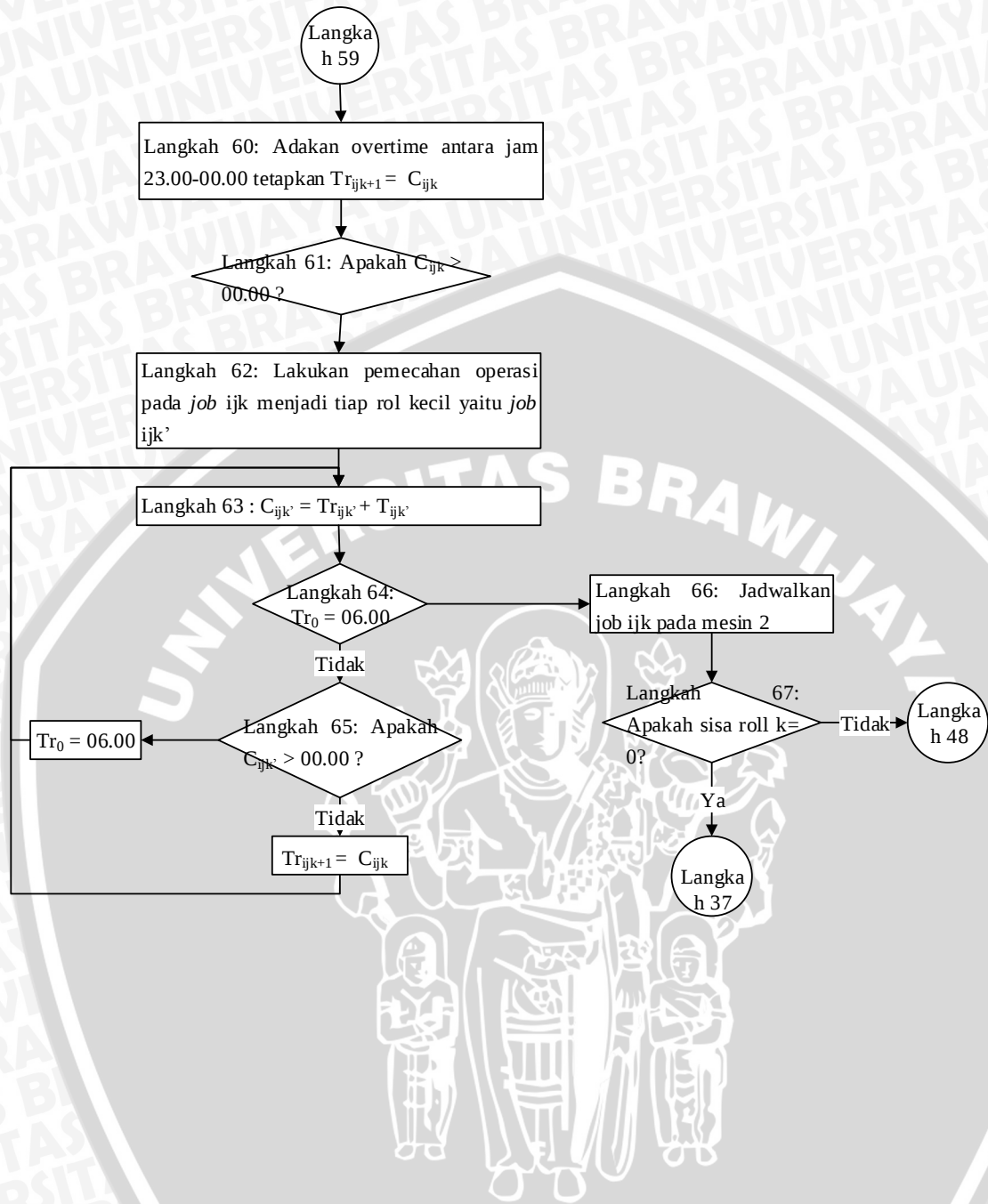
4.4.6 Flowchart Algoritma Penjadwalan

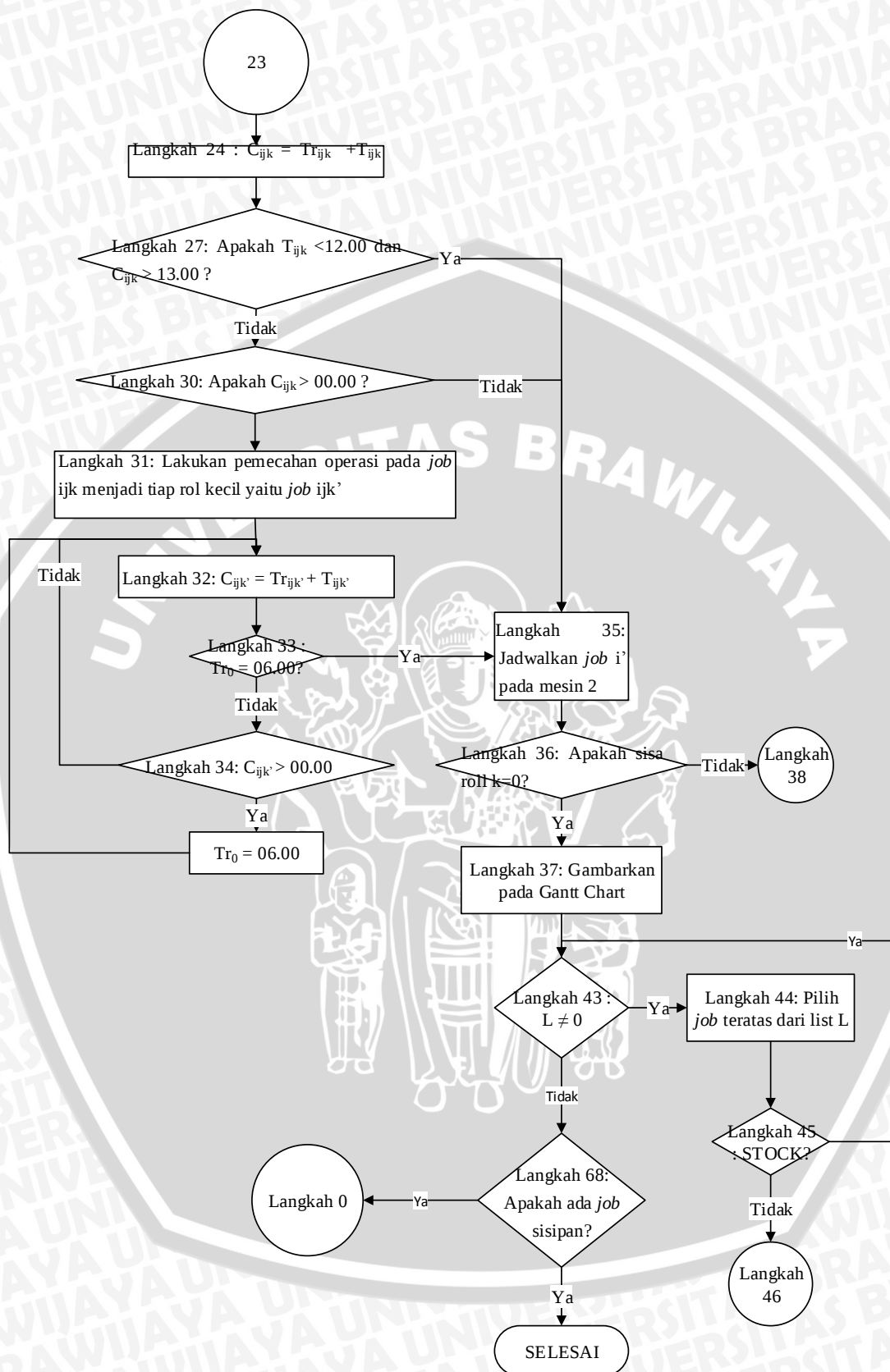
Dari pengembangan algoritma yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya maka apabila digambarkan dalam *flowchart* maka akan sebagai berikut:

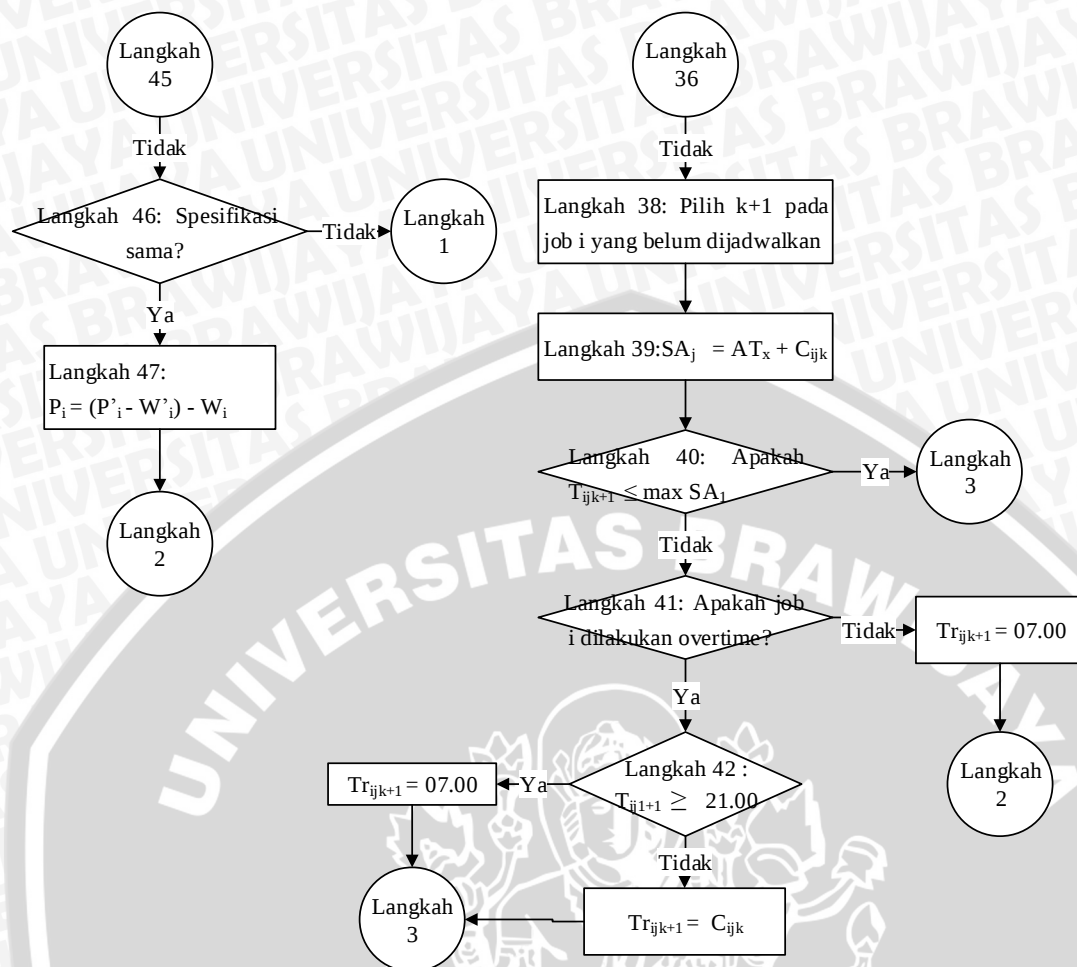












Gambar 4.5 Flowchart Algoritma Penjadwalan

4.5 Verifikasi Model Algoritma

Proses verifikasi digunakan untuk memastikan apakah algoritma yang diusulkan sudah sesuai dengan permasalahan di perusahaan. Dalam proses verifikasi ini adanya batasan dalam penggunaan data. Dimana data yang digunakan adalah rencana dan realisasi *order* pada bulan Oktober 2015, yang terdiri dari 33 *job*. Proses verifikasi ini dilakukan dengan perhitungan secara manual agar dapat menunjukkan langkah-langkah dari algoritma yang diusulkan dengan lebih detail, sehingga dengan adanya proses verifikasi ini dapat mengetahui bagaimana algoritma bekerja dan apakah algoritma yang dibuat telah sesuai dengan logika pemodel.

Proses verifikasi algoritma digunakan untuk memastikan algoritma yang dikembangkan telah berjalan sesuai dengan logika berpikir dan dapat bekerja untuk menyelesaikan permasalahan di perusahaan. Data yang digunakan dalam verifikasi model ini

adalah beberapa *job* yang mewakili masalah dan batasan yang ditetapkan dalam penelitian ini yaitu penjadwalan untuk produk jenis kertas *aluminum foil*, *aluminum board*, dan *inner frame*.

Dengan menggunakan model algoritma dasar Earliest Due date (EDD) dan mengkombinasikannya dengan Shortest Processing Time (SPT) sesuai dengan permasalahan yang ada di perusahaan, diperoleh jadwal akhir berupa gantt chart yang ditunjukkan pada Lampiran 1. Berikut merupakan contoh langkah-langkah pengerjaan dari algoritma yang telah dibuat sesuai dengan permasalahan yang di pertimbangkan pada 1 Oktober 2015. Pada penjadwalan ini yang diproduksi adalah *job* yang belum di selesaikan pada bulan-bulan sebelumnya

Langkah 0 : Tentukan item yang akan diproduksi, urutkan *job* yang ada sesuai aturan Earliest Due date (EDD) jika ada *job* yang memiliki due date yang sama maka dilakukan pemilihan prioritas berdasarkan waktu proses yang lebih pendek. Untuk masing-masing *job* ditentukan nilai d_i dan T_i .

Tabel 4.8 Verifikasi List L Algoritma Untuk Mesin Laminasi ($j=1$)

N o	Nama Job	Due date	Waktu Proses	Jumlah Roll	Proses Tiap Roll	Sisa Roll Awal	Produksi Kebutuhan Aktual	Prod uksi Akhir	Sisa Akhir
1	1AFSYD	25-Sep	540	3	180	0.471	3	3	0.471
2	2IFWZN	25-Sep	180	3	60	0.506	3	3	0.506
3	7ABGZL	2-Oct	120	2	60	0.340	2	2	0.340
4	6AFGXA	3-Oct	450	3	150	0.790	3	3	0.790
5	5AFGXC	6-Oct	1350	9	150	0.294	8.7	9.0	0.3
6	4AFRXB	8-Oct	450	3	150	0.956	3	3.0	0.956
7	3AFGXB	8-Oct	450	3	150	0.948	2.1	3.0	0.9
8	8AFGXC	13-Oct	4350	29	150	0.730	27.976	28.0	0

Tabel 4.9 Verifikasi List L Algoritma Untuk Mesin Slitting ($j=2$)

No	Job	Panjang Roll Kecil	Panjang Roll Besar	Jumlah Roll Kecil	Waktu proses per Roll	Jumlah Roll Besar
1	1AFSYD	1750	12000	7	280	3
2	2IFWZN	800	3000	4	140	3
3	7ABGZL	1750	12000	7	280	2
4	6AFGXA	1750	12000	7	280	3
5	5AFGXC	1750	12000	7	280	9
6	4AFRXB	1750	12000	7	280	3
7	3AFGXB	1750	12000	7	280	3
8	8AFGXC	1750	12000	7	280	28

Langkah 1: Operasi paling hulu dari *job* tersebut adalah *job* 1 AFSYD, sisanya *job* urutan 2-8 masuk ke dalam list L

Langkah 2 : Mesin di produksi di $j=1$ dimana waktu awal produksi setiap harinya adalah

$$Tr_0 = 07.00$$

Langkah 3 : *Job i* tidak memerlukan waktu untuk pergantian warna

Langkah 9 : Hitung nilai $C1'_{ij11}$ pada masing-masing j

$C_{111} = Tr_{111} + T_{111}$, karena merupakan produk yang diproduksi diawal hari maka $Tr_{111} = Tr_0 = 07.00$, sehingga

$$C_{111} = 07.00 + 180 \text{ menit} = 10.00$$

Langkah 10: Apakah $T_{ijk} < 12.00$ dan $C_{ijk} > 13.00$? Tidak

Langkah 11: Apakah $k=1$? Ya

Langkah 12: Apakah $Tr_{ij} \geq d_i$? 07.00 (1 Oktober 2015) $>$ 25 September 2015

Langkah 17: Adakan overtime antara jam 15.00-21.00

Langkah 18: Apakah job diperbolehkan adanya overtime? Ya

Langkah 19: Apakah $C'_{ij} > 21.00$? Tidak

Langkah 20: Jadwalkan *job i* pada mesin 1

Langkah 21: Job di produksi di mesin $j=2$

Langkah 22: Apakah $k=1$? Ya

Langkah 23: $Tr_{12k} = C_{11k}$, $Tr_{121} = C_{111} = 10.00$

Langkah 24: Hitung Completion time di $j=2$

$$\begin{aligned} C_{121} &= Tr_{121} + T_{121} \\ &= 10.00 + 280 = 14.40, \text{ Lanjut ke langkah 27} \end{aligned}$$

Langkah 27: Apakah $T_{ijk} < 12.00$ dan $C_{ijk} > 13.00$? Ya, sehingga $C_{121} = 15.40$

Langkah 35: Jadwalkan *job i*'=1 pada mesin 2

Langkah 36: Apakah sisa roll $k=0$? Tidak

Langkah 38: Pilih $k+1$ pada *job i* yang belum dijadwalkan

Langkah 39: Hitung nilai sisa available time mesin untuk masing-masing mesin 1

$$SA_1 = AT_1 - C_{111}$$

$$SA_1 = 15.00 - 10.00 = 5 \text{ jam}$$

Langkah 40: Apakah $T_{ijk+1} \leq \max SA_1$ atau $180 \text{ menit} \leq 5 \text{ jam}$

Sehingga *job i*=1 roll $k=2$ akan di produksi $Tr_{112} = 10.00$

Langkah 3 : Apakah *job i* memerlukan setting pergantian warna? Tidak

Langkah 9 : Hitung nilai C_{112} pada $j=1$

$$C_{112} = Tr_{112} + T_{111},$$

$$C_{112} = 10.00 + 180 \text{ menit} = 13.00$$

Langkah 10: Apakah $T_{ijk} < 12.00$ dan $C_{ijk} > 13.00$? Ya

$$C_{112} + 1 \text{ jam} = 14.00$$

Langkah 11: Apakah $k=1$? Tidak

Langkah 18: Apakah job diperbolehkan adanya overtime? Ya

Langkah 19: Apakah $C'_{ij} > 21.00$? Tidak

Langkah 20: Jadwalkan *job* i pada mesin 1

Langkah 21: Job di produksi di mesin $j=2$

Langkah 22: Apakah $k=1$? Tidak

Langkah 25: Hitung nilai sisa available time mesin untuk masing-masing mesin j

$$\begin{aligned} SA_2 &= AT_3 - C_{112} \\ &= 23.00 - 14.40 = 8.5 \text{ jam} \end{aligned}$$

Langkah 27: $T_{ijk} \leq \max SA_j$ dimana $280 \leq \max 8.5 \text{ jam}$

$$Tr_{122} = C_{121} = 15.40$$

Langkah 24: Hitung Completion time di $j=2$

$$\begin{aligned} C_{122} &= Tr_{122} + T_{122} \\ &= 15.40 + 280 = 20.20 \end{aligned}$$

Langkah 27: Apakah $T_{ijk} < 12.00$ dan $C_{ijk} > 13.00$? Tidak

Langkah 30: Apakah $C_{ijk} > 00.00$? Tidak

Langkah 36: Jadwalkan job $i=1$ dan roll $k=2$ pada mesin 2

Langkah 36: Apakah sisa roll $k=0$? Tidak

Langkah 38: Pilih $k+1=3$

Langkah 39: Hitung nilai sisa available time mesin untuk masing-masing mesin 1

$$\begin{aligned} SA_1 &= AT_1 - C_{3'11} \\ SA &= 15.00 - 14.00 = 1 \text{ jam} \end{aligned}$$

Langkah 40: Apakah $T_{ijk+1} \leq \max SA_1$? Tidak $180 \text{ menit} > 1 \text{ jam}$

Langkah 41: Apakah job i dilakukan overtime? Ya

Langkah 3 : Apakah *job* i memerlukan setting pergantian warna? Tidak

Langkah 9 : Hitung nilai C_{113} pada $j=1$

$$Tr_{113} = C_{112} = 14.00$$

$$C_{113} = Tr_{113} + T'_{11},$$

$$C_{113} = 14.00 + 180 \text{ menit} = 17.00$$

Langkah 10: Apakah $T'_{ij} < 12.00$ dan $C'_{ij} > 13.00$? Tidak

Langkah 11: Apakah $k=1$? Tidak

Langkah 18: Apakah job diperbolehkan adanya overtime? Ya

Langkah 19: Apakah $C_{ijk} > 21.00$? Tidak

Langkah 20: Jadwalkan *job* i roll k pada mesin 1, lanjut ke langkah 21

Langkah 21: Job di produksi di mesin $j=2$

Langkah 22: Apakah $k=1$? Tidak

Langkah 25: Hitung nilai sisa available time mesin untuk masing-masing mesin j

$$\begin{aligned} SA_3 &= AT_2 - C_{123} \\ &= 23.00 - 20.20 = 160 \text{ menit} \end{aligned}$$

Langkah 26: $T_{ijk} > \max SA_{ij}$ atau $280 \text{ menit} > 160 \text{ menit}$

Langkah 28: Apakah *job* di mesin $j=1$ diadakan overtime? Ya

Langkah 29: Adakan overtime antara jam 23.00-00.00 sehingga $Tr_{123} = C_{122} = 20.20$,

Kembali ke langkah 24

Langkah 24: Hitung Completion time di $j=2$

$$\begin{aligned} C_{123} &= Tr_{123} + T_{122} \\ &= 20.20 + 280 = 01.00 \end{aligned}$$

Langkah 23: Apakah $T_{ijk} < 12.00$ dan $C_{ijk} > 13.00$? Tidak

Langkah 30: Apakah $C_{ijk} > 00.00$? Ya

Langkah 31: Lakukan pemecahan operasi pada *job* ijk 123 menjadi tiap rol kecil yaitu *job* 123'

Langkah 32: Hitung completion time tiap roll kecil

$$C_{123'1} = Tr_{123'1} + T_{123'1} = 20.20 + 40 = 21.00$$

Langkah 33: Apakah pada langkah 32 $Tr_0 = 06.00$? Tidak

Langkah 34: Apakah $C_{123'1} > 00.00$? Tidak

Langkah 32: Hitung completion time tiap roll kecil

$$C_{123'2} = Tr_{123'2} + T_{123'1} = 21.00 + 40 = 21.40$$

Langkah 33: Apakah pada langkah 32 $Tr_0 = 06.00$? Tidak

Langkah 34: $C_{123'2} < 00.00$

Langkah 32: Hitung completion time tiap roll kecil

$$C_{123'3} = Tr_{123'2} + T_{123'3} = 21.40 + 40 = 22.20$$

Langkah 33: Apakah pada langkah 32 $Tr_0 = 06.00$? Tidak

Langkah 34: $C_{123'2} < 00.00$

Langkah 32: Hitung completion time tiap roll kecil

$$C_{123'4} = Tr_{123'4} + T_{123'4} = 22.20 + 40 = 23.00$$

Langkah 33: Apakah pada langkah 32 $Tr_0 = 06.00$? Tidak

Langkah 34: $C_{123'3} < 00.00$

Langkah 32: Hitung completion time tiap roll kecil

$$C_{123'5} = Tr_{123'4} + T_{123'5} = 23.00 + 40 = 23.40$$

Langkah 34: $C_{123'4} < 00.00$

Langkah 32: Hitung completion time tiap roll kecil

$$C_{123'5} = Tr_{123'5} + T_{123'5} = 23.40 + 40 = 00.20$$

Langkah 33: Apakah pada langkah 32 $Tr_0 = 06.00$? Tidak

Langkah 34: $C_{123'5} < 00.00$? Ya, sehingga $Tr_0 = 06.00$

Langkah 32: Hitung completion time tiap roll kecil

$$C_{123'5} = Tr_{123'5} + T_{123'5} = 06.00 + 40 = 06.40$$

Langkah 33: Apakah pada langkah 32 $Tr_0 = 06.00$? Ya

Langkah 35: Jadwalkan *job ijk* pada mesin 2

Langkah 36: Apakah sisa roll $k=0$? Ya

Langkah 37: Gambarkan pada Gantt Chart, lanjut ke langkah 43

Langkah 43: Jika list $L \neq 0$,

Langkah 44: Pilih *job* teratas dari list L adalah 2IFWZN

Langkah 45: Apakah dari keterangan diketahui stock? Tidak

Langkah 46: Cek apakah *job* yang telah selesai memiliki spesifikasi termasuk panjang dan lebar itu sama? Tidak

Langkah 1 : i (right,3,4) = IF, lanjut langkah 48

Langkah 48: Job di produksi di mesin $j=2$

Langkah 49: Apakah $k=1$? Ya

Langkah 50: $Tr_{ijk+1} = C_{ijk}$, $Tr_{221} = C_{121} = 06.40$

Langkah 51: Hitung Completion time di $j=2$

$$\begin{aligned} C_{221} &= Tr_{221} + T_{221} \\ &= 06.40 + 140 = 09.40 \end{aligned}$$

Langkah 54: Apakah $T_{ijk} < 12.00$ dan $C_{ijk} > 13.00$? Tidak

Langkah 55: Apakah $Tr_0 \geq d_i$? Ya

Langkah 60: Adakan overtime antara jam 23.00-00.00 tetapkan $Tr_{ijk+1} = C_{ijk}$

Langkah 61: Apakah $C_{ijk} > 00.00$? Tidak

Langkah 66: Jadwalkan job *ijk* pada mesin 2

Langkah 67: Apakah sisa roll $k=0$? Tidak

Langkah 48: Job di produksi hanya di mesin $j=2$

Langkah 49: Apakah $k=1$? Tidak

Langkah 52: Hitung nilai sisa available time mesin untuk masing-masing mesin $j=2$

$$\begin{aligned} SA_2 &= AT_3 - C1'_{22} \\ &= 23.00 - 09.40 = 13 \text{ jam } 20 \text{ menit} \end{aligned}$$

Langkah 53: $T_{221} \leq \max SA_j$ dimana $140 \leq \max 13 \text{ jam } 20 \text{ menit}$

$$\text{Sehingga } Tr_{222} = C_{221} = 9.40$$

$$\begin{aligned} \text{Langkah 51: } C_{222} &= Tr_{222} + T_{222} \\ &= 09.40 + 140 = 12.00 \end{aligned}$$

Langkah 54: Apakah $T_{ijk} < 12.00$ dan $C_{ijk} > 13.00$? Tidak

Langkah 61: Apakah $C_{ijk} > 00.00$? Tidak

Langkah 66: Jadwalkan job ijk pada mesin 2

Langkah 67: Apakah sisa roll $k=0$? Tidak

Langkah 48: Job di produksi hanya di mesin $j=2$

Langkah 49: Apakah $k=1$? Tidak

Langkah 52: Hitung nilai sisa available time mesin untuk masing-masing mesin $j=2$

$$\begin{aligned} SA_2 &= AT_3 - C2'_{22} \\ &= 23.00 - 13.00 = 10 \text{ jam} \end{aligned}$$

Langkah 53: $T_{ijk+1} \leq \max SA_j$ dimana $140 \leq \max 11 \text{ jam}$

$$\text{Sehingga } Tr_{222} = C_{222} = 12.00$$

$$\begin{aligned} \text{Langkah 51: } C_{223} &= Tr_{223} + T_{223} \\ &= 12.00 + 140 = 14.20 \end{aligned}$$

Langkah 54: Apakah $T_{ijk} < 12.00$ dan $C_{ijk} > 13.00$? Ya sehingga $C_{223} + 1 \text{ jam} = 15.20$

Langkah 61: Apakah $C_{ijk} > 00.00$? Tidak

Langkah 66: Jadwalkan job ijk pada mesin 2

Langkah 67: Apakah sisa roll $k=0$? Ya

Langkah 37: Gambarkan hasil penjadwalan pada gantt chart

Langkah 43: Jika list $L \neq 0$

Langkah 44: Pilih *job* teratas dari list L , adalah 7ABGZL

Langkah 45: Apakah dari keterangan diketahui stock? Ya

Langkah 43: Jika list $L \neq 0$

Langkah 44: Pilih *job* teratas dari list L adalah 6AFGXA,

Langkah 45: Apakah dari keterangan diketahui stock? Tidak

Langkah 46: Cek apakah *job* yang telah selesai memiliki spesifikasi termasuk panjang dan lebar itu sama? Tidak

Langkah 1: Job 6AFGXA pada roll k=1

Langkah 2 : $Tr_{311} = C_{111} = 17.00$

Langkah 3 : Apakah *job* i memerlukan setting pergantian warna? Ya

Langkah 4 : Waktu setup untuk pergantian warna adalah $S_{ijk} = 15$ menit

Langkah 5 : *job* i (right,3,4) = AF

Langkah 6 : Apakah roll k mod 4 = 0 ? Tidak

Karena merupakan k=1 maka

$$\begin{aligned} C_{311} &= Tr_{311} + S_{111} + T_{311} \\ &= 17.00 + 15 \text{ menit} + 150 \text{ menit} = 19.45 \end{aligned}$$

Langkah 10: Apakah $T_{ijk} < 12.00$ dan $C_{ijk} > 13.00$? Tidak

Langkah 12: Apakah $Tr_{ij} \geq d_i$? Ya

Langkah 17: Adakan overtime antara jam 15.00-21.00

Langkah 18: Apakah *job* diperbolehkan adanya overtime? Ya

Langkah 19: Apakah $C_{ijk} > 21.00$? Tidak

Langkah 20: Jadwalkan *job* i=3 roll k=1 pada mesin 1, lanjut ke langkah 21

Langkah 21: *Job* di produksi di mesin j=2

Langkah 22: Apakah k=1? Ya

Langkah 23: $Tr_{321} = C_{223} = 15.20$

Langkah 24: Hitung Completion time di j=2

$$\begin{aligned} C_{321} &= Tr_{321} + T_{321} \\ &= 15.20 + 280 = 20.00 \end{aligned}$$

Langkah 27: Apakah $T_{ijk} < 12.00$ dan $C_{ijk} > 13.00$? Tidak

Langkah 30: Apakah $C_{ijk} > 00.00$? Tidak

Langkah 35: Jadwalkan *job* i=3 roll k=1 pada mesin 2

Langkah 36: Apakah sisa roll k=0? tidak

Langkah 38: Pilih k+1 pada *job* i yang belum dijadwalkan

Langkah 39: Hitung nilai sisa available time mesin untuk masing-masing mesin 1

$$\begin{aligned} SA_1 &= AT_2 - C1'_{31} \\ SA_1 &= 21.00 - 19.45 = 1 \text{ jam } 15 \text{ menit} = 75 \text{ menit} \end{aligned}$$

Langkah 40: $T_{ijk+1} \leq \max SA_1$ atau 180 menit > 75 menit

Langkah 41: Apakah *job* i dilakukan overtime? Ya

Langkah 3 : *Job* i memerlukan waktu untuk pergantian warna

Langkah 4 : Waktu setup untuk pergantian warna adalah $S_{ijk} = 15$ menit

Langkah 5 : $job\ i\ (right, 3, 4) = AF$

Langkah 6 : $k \bmod 4 \neq 0$ maka

$$\begin{aligned} C_{312} &= Tr_{312} + T_{312} \\ &= 07.00 + 150 \text{ menit} = 9.30 \end{aligned}$$

Langkah 10: Apakah $T_{ijk} < 12.00$ dan $C_{ijk} > 13.00$? Tidak

Langkah 11: Apakah $k=1$? Tidak

Langkah 20: Jadwalkan $job\ i=3$ roll $k=2$ pada mesin 1

Langkah 21: Job di produksi di mesin $j=2$

Langkah 22: Apakah $k=1$? Tidak

Langkah 25: Hitung nilai sisa available time mesin untuk masing-masing mesin j

$$\begin{aligned} SA_2 &= AT_3 - C_{2'32} \\ &= 23.00 - 20.00 = 3 \text{ jam} = 180 \text{ menit} \end{aligned}$$

Langkah 26: $T_{ijk} > \max SA_j$ dimana $280 \leq \max 180$ menit

Langkah 28: Apakah job di mesin $j=1$ diadakan overtime? Ya

Langkah 29: Adakan overtime antara jam 23.00-00.00

$$Tr_{123} = C_{322} = 20.00$$

Langkah 24: Hitung Completion time di $j=2$

$$\begin{aligned} C_{322} &= Tr_{123} + T_{122} \\ &= 20.00 + 280 = 00.40 \end{aligned}$$

Langkah 27: Apakah $T_{ijk} < 12.00$ dan $C_{ijk} > 13.00$? Tidak

Langkah 32: $C_{322} > 00.00$

Langkah 31: Lakukan pemecahan operasi pada $job\ ij\ 223$ menjadi tiap rol kecil yaitu $job\ 223'$

Langkah 32: Hitung completion time tiap roll kecil

$$C_{322'1} = Tr_{322'1} + T_{322'1} = 20.00 + 40 = 20.40$$

Langkah 33: Apakah pada langkah 32 $Tr_0 = 06.00$? Tidak

Langkah 34: $C_{322'1} < 00.00$

Langkah 32: Hitung completion time tiap roll kecil

$$C_{322'2} = Tr_{322'2} + T_{322'2} = 20.40 + 40 = 21.20$$

Langkah 33: Apakah pada langkah 32 $Tr_0 = 06.00$? Tidak

Langkah 34: $C_{322'2} < 00.00$

Langkah 32: Hitung completion time tiap roll kecil

$$C_{322'3} = Tr_{322'3} + T_{322'3} = 21.20 + 40 = 22.00$$

Langkah 33: Apakah pada langkah 32 $Tr_0 = 06.00$? Tidak

Langkah 34: $C_{322'3} < 00.00$

Langkah 32: Hitung completion time tiap roll kecil

$$C_{322'4} = Tr_{322'4} + T_{322'4} = 22.00 + 40 = 22.40$$

Langkah 33: Apakah pada langkah 32 $Tr_0 = 06.00$? Tidak

Langkah 34: $C_{2'4'32} < 00.00$

Langkah 32: Hitung completion time tiap roll kecil

$$C_{322'5} = Tr_{322'5} + T_{322'5} = 22.40 + 40 = 23.20$$

Langkah 33: Apakah pada langkah 32 $Tr_0 = 06.00$? Tidak

Langkah 34: $C_{322'5} < 00.00$

Langkah 32: Hitung completion time tiap roll kecil

$$C_{322'6} = Tr_{322'6} + T_{322'6} = 23.20 + 40 = 00.00$$

Langkah 33: Apakah pada langkah 32 $Tr_0 = 06.00$? Tidak

Langkah 34: $C_{322'6} > 00.00$

Langkah 34: Hitung completion time tiap roll kecil

$$C_{323'7} = Tr_{323'7} + T_{323'7} = 06.00 + 40 = 06.40$$

Langkah 33: Apakah pada langkah 32 $Tr_0 = 06.00$? Tidak

Langkah 34: Apakah $C_{ijk'} > 00.00$? Tidak

Langkah 35: Jadwalkan *job ijk* pada mesin 2

Langkah 36: Apakah sisa roll $k=0$?

Langkah 38: Pilih $k+1$ pada job i yang belum dijadwalkan

Langkah 39: Hitung nilai sisa available time mesin untuk masing-masing mesin 1

$$SA_1 = AT_1 - C_{2'31}$$

$$SA_1 = 15.00 - 09.30 = 5 \text{ jam } 30 \text{ menit} = 330 \text{ menit}$$

Langkah 40: $T_{ijk+1} \leq \max SA_1$ atau $180 \text{ menit} \leq 330 \text{ menit}$

$$Tr_{313} = 9.30$$

Langkah 3 : *Job i* memerlukan waktu untuk pergantian warna

Langkah 4 : Waktu setup untuk pergantian warna adalah $S_{ijk} = 15 \text{ menit}$

Langkah 5 : *job i* (right,3,4) = AF

Langkah 6 : $k \bmod 4 \neq 0$ maka

$$C_{313} = Tr_{313} + T_{313} = 9.30 + 180 \text{ menit} = 12.00$$

Langkah 10: Apakah $T_{ijk} < 12.00$ dan $C_{ijk} > 13.00$? Tidak

Langkah 11: Apakah $k=1$? Tidak

Langkah 18: Apakah job diperbolehkan adanya overtime? Ya

Langkah 19: Apakah $C_{ijk} > 21.00$? Tidak

Langkah 20: Jadwalkan *job* $i=3$ dan $k=3$ pada mesin 1

Langkah 21: Job di produksi di mesin $j=2$

Langkah 22: Apakah $k=1$? Tidak

Langkah 25: Hitung nilai sisa available time mesin untuk masing-masing mesin j

$$\begin{aligned} SA_2 &= AT_3 - C_{322} \\ &= 23.00 - 6.40 = 16 \text{ jam } 20 \text{ menit} = 980 \text{ menit} \end{aligned}$$

Langkah 26: $T_{ijk+1} \leq \max SA_j$ dimana $280 \leq \max 980$ menit

$$Tr_{323} = C_{322} = 6.40$$

Langkah 24: Hitung Completion time di $j=2$

$$\begin{aligned} C_{323} &= Tr_{323} + T_{323} \\ &= 6.40 + 280 \text{ menit} = 11.20 \end{aligned}$$

Langkah 27: Apakah $T_{ijk} < 12.00$ dan $C_{ijk} > 13.00$? Tidak

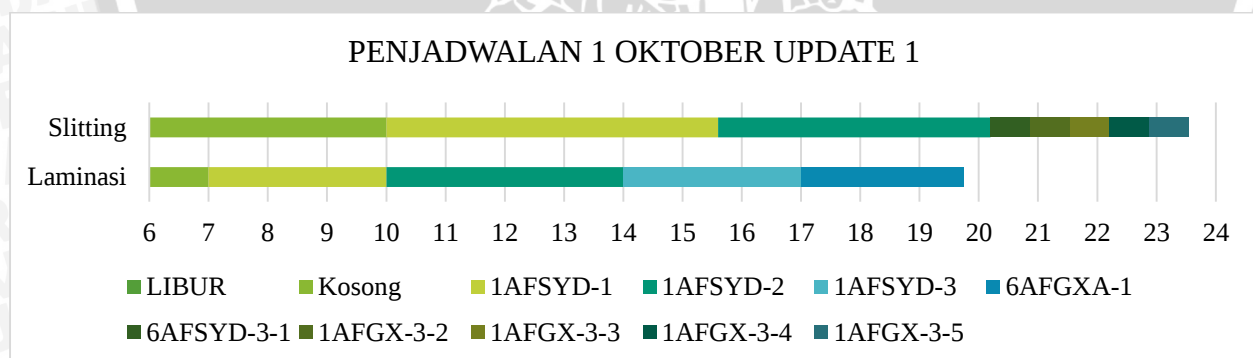
Langkah 30: Apakah $C_{ijk} > 00.00$? Tidak

Langkah 35: Jadwalkan *job* $i=3$ dan $k=3$ pada mesin 2

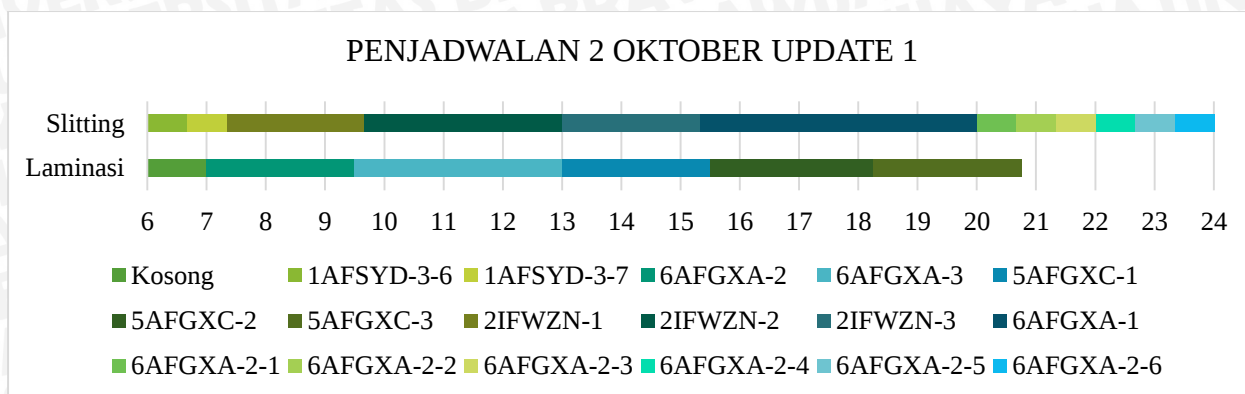
Langkah 36: Apakah sisa roll $k=0$? Ya

Langkah 37: Gambarkan pada gantt chart

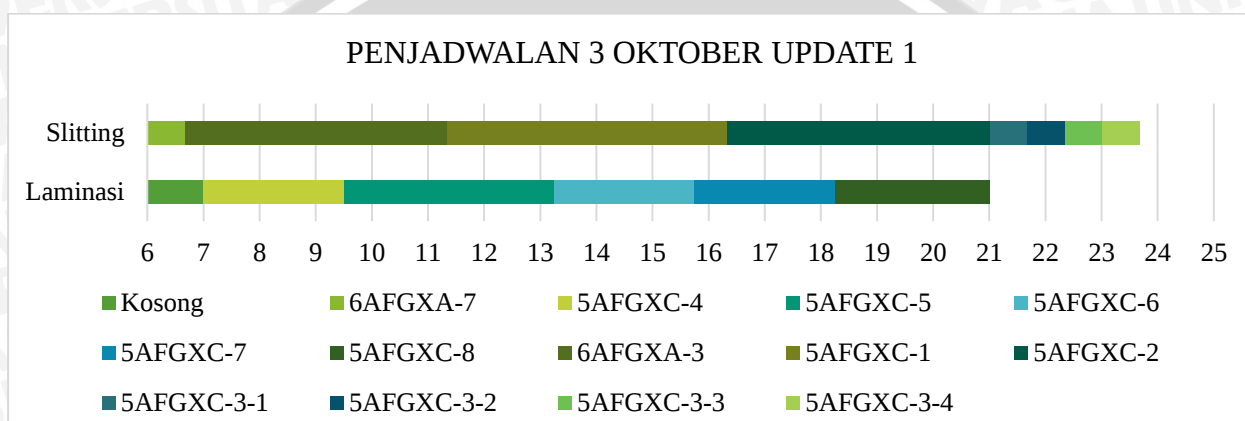
Begitu seterusnya sampai dengan *job* $i=8$ yaitu 8AFGX, sehingga secara keseluruhan gantt chart untuk Update tertanggal 1 Oktober 2015 adalah sebagai berikut



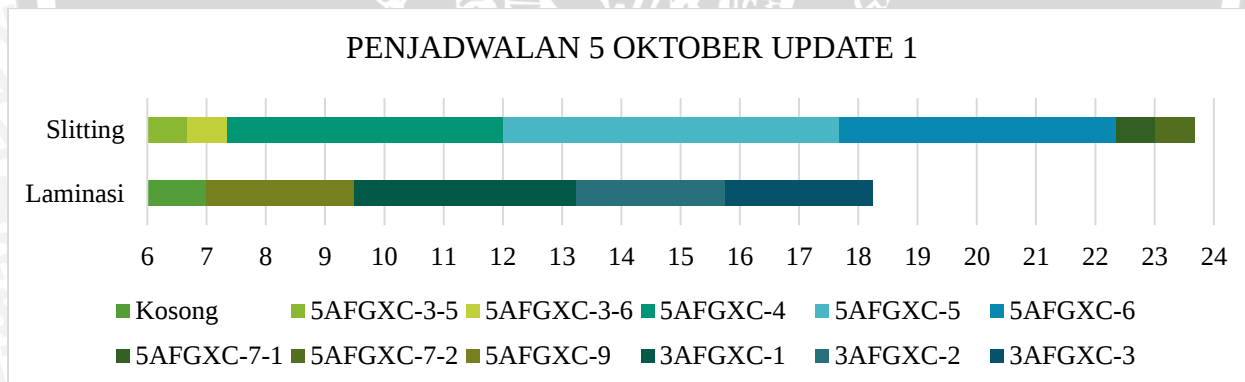
Gambar 4.6 Penjadwalan 1 Oktober Update 1



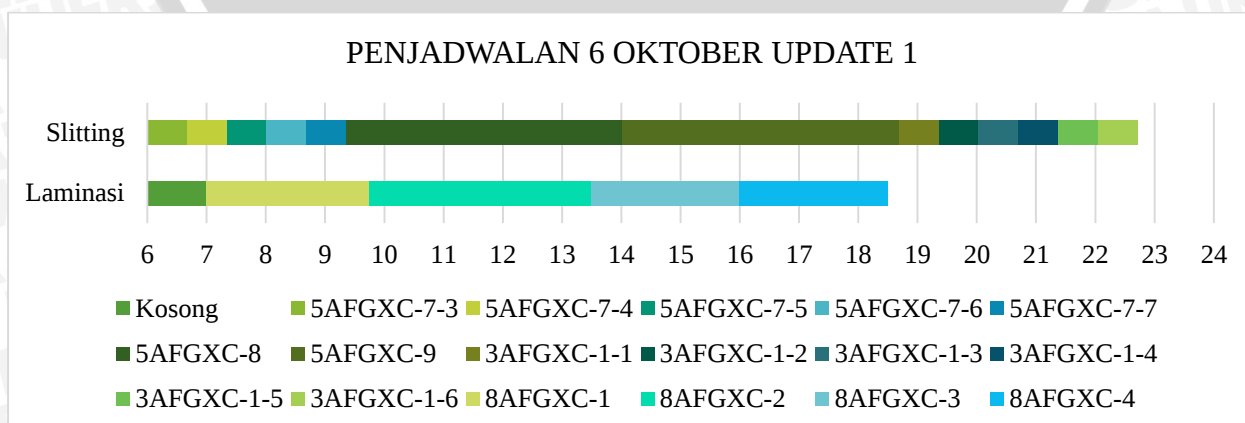
Gambar 4.7 Penjadwalan 2 Oktober Update 1



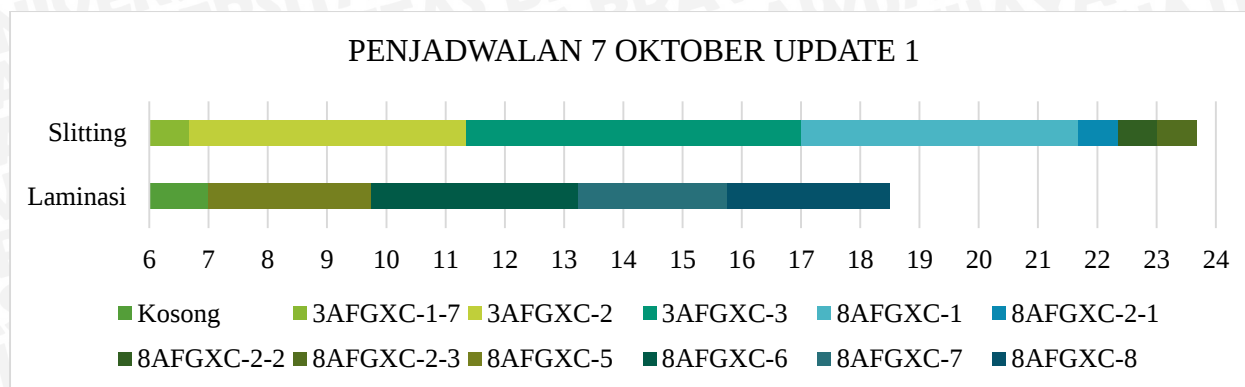
Gambar 4.8 Penjadwalan 3 Oktober Update 1



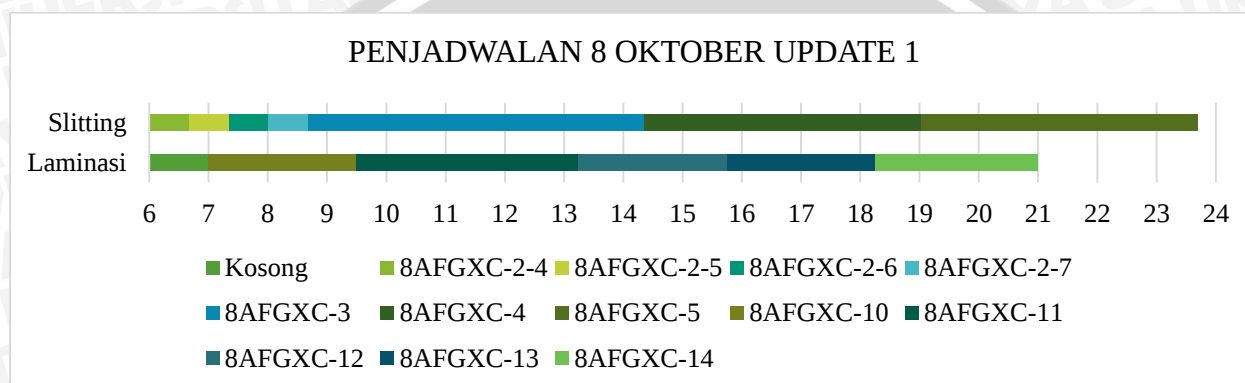
Gambar 4.9 Penjadwalan 5 Oktober Update 1



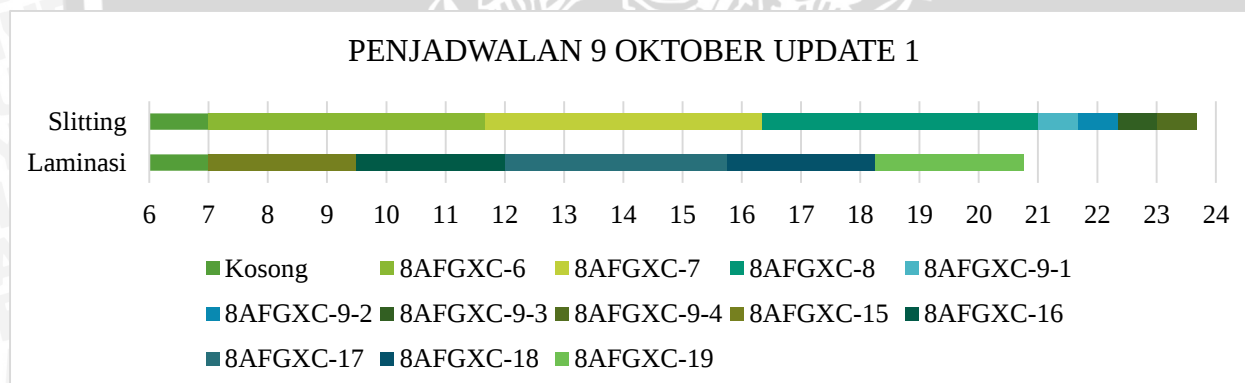
Gambar 4.10 Penjadwalan 6 Oktober Update 1



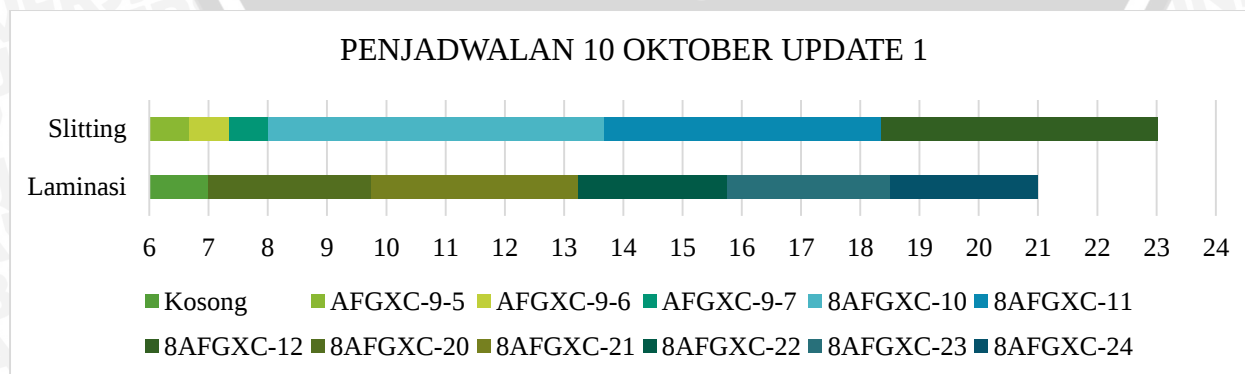
Gambar 4.11 Penjadwalan 7 Oktober Update 1



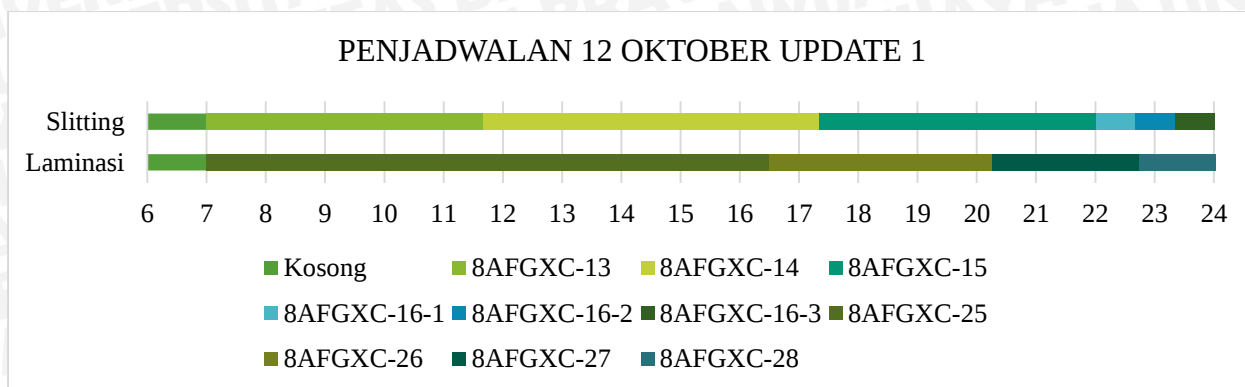
Gambar 4.12 Penjadwalan 8 Oktober Update 1



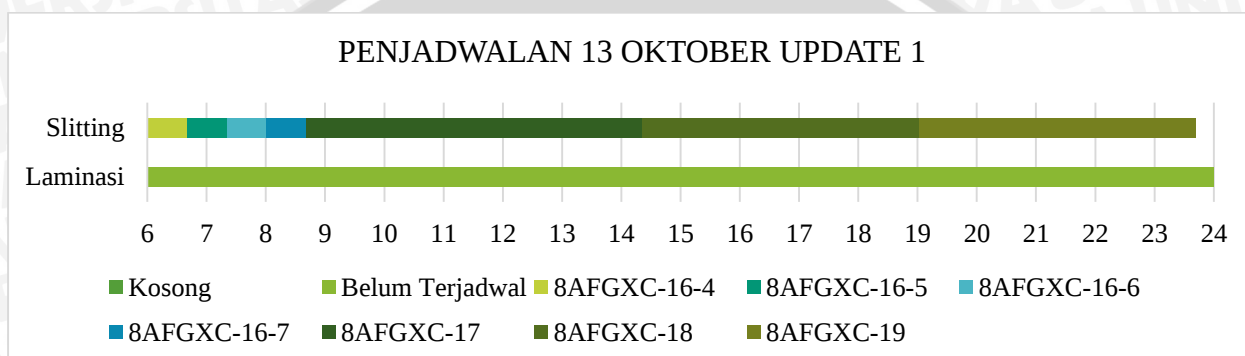
Gambar 4.13 Penjadwalan 9 Oktober Update 1



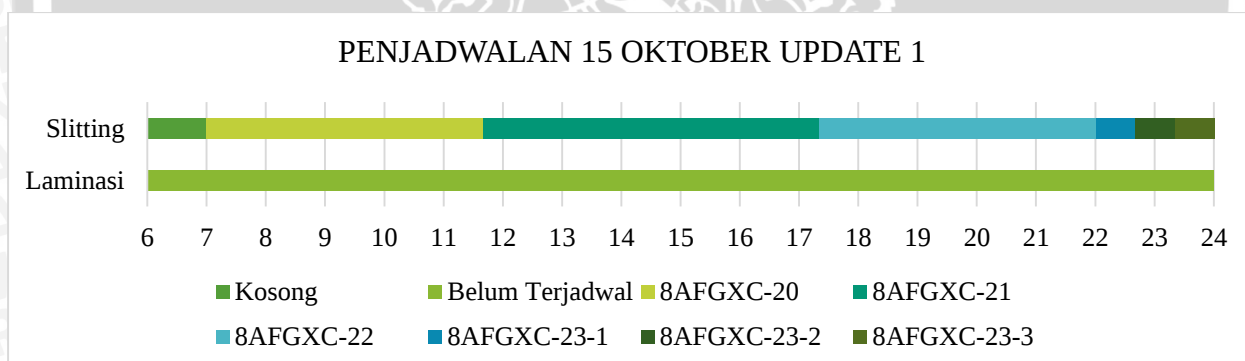
Gambar 4.14 Penjadwalan 10 Oktober Update 1



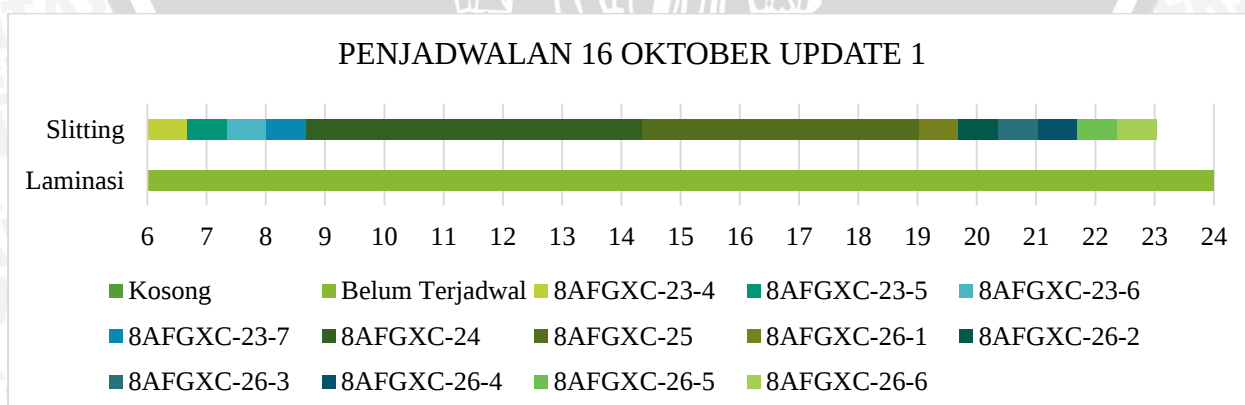
Gambar 4.15 Penjadwalan 12 Oktober Update 1



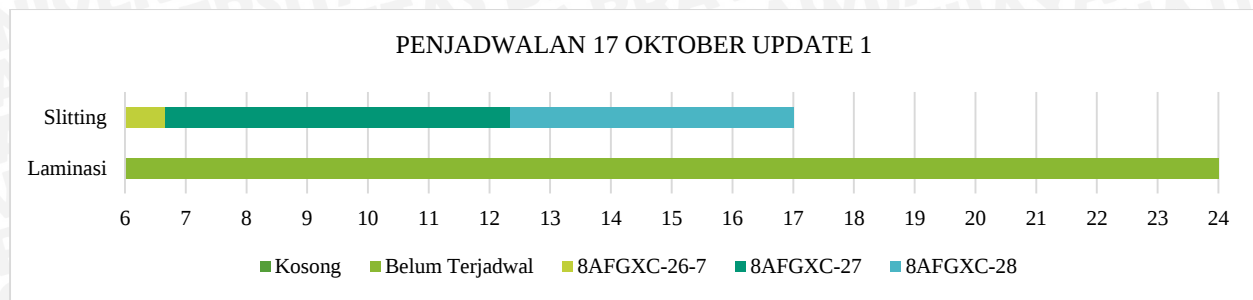
Gambar 4.16 Penjadwalan 13 Oktober Update 1



Gambar 4.17 Penjadwalan 15 Oktober Update 1



Gambar 4.18 Penjadwalan 16 Oktober Update 1



Gambar 4.19 Penjadwalan 17 Oktober Update 1

4.6 Perbandingan Pengembangan Algoritma dengan Penjadwalan Existing

Penelitian ini dibatasi dengan hanya melakukan penjadwalan untuk *order* Bulan Oktober 2015, serta sisa *order* dari periode sebelumnya yang belum terselesaikan hingga bulan Oktober 2015. Berdasarkan data pada Tabel 4.1 maka sejumlah pemesanan tersebut akan dijadwalkan berdasarkan due date paling awal serta menggunakan pertimbangan SPT jika *job* tersebut memiliki $\sum T$ yang sama.

Selama bulan Oktober terdapat 33 *job* termasuk dengan *job* yang belum diproduksi dari bulan sebelumnya serta 14 kali kedatangan *job*, sehingga dilakukan penjadwalan ulang sebanyak 15 kali dalam model ini. Tabel 4.8 menunjukkan hasil penjadwalan terakhir yang disusun pada tanggal 28 Oktober berdasarkan indeks yang telah ditetapkan.

Tabel 4.10 Hasil Pengurutan *Job* Berdasarkan Pendekatan EDD dan SPT

No	Nama Job	Due Date	No	Nama Job	Due Date	No	Nama Job	Due Date
1	1AFSYD	25-Sep	12	13AFGXG	13-Oct	23	24AFGYE	20-Oct
2	2IFWZN	25-Sep	13	20IFWZN	13-Oct	24	15ABGZM	20-Oct
3	7ABGZL	2-Oct	14	19AFSYD	13-Oct	25	14AFGYB	20-Oct
4	6AFGXA	3-Oct	15	8AFGXC	13-Oct	26	21AFGXC	20-Oct
5	9AFSYD	3-Oct	16	16AFGXE	16-Oct	27	33AFSXI	22-Oct
6	10AFGXG	5-Oct	17	18ABGZK	16-Oct	28	32AFSXE	22-Oct
7	5AFGXC	6-Oct	18	17ABGZL	16-Oct	29	30ABGZM	31-Oct
8	4AFRXB	8-Oct	19	23AFSYF	17-Oct	30	31ABGZN	31-Oct
9	3AFGXB	8-Oct	20	22ABGZN	19-Oct	31	28AFGYB	31-Oct
10	11AFSXH	9-Oct	21	26ABGZJ	19-Oct	32	29AFGYJ	31-Oct
11	12AFSXH	13-Oct	22	25AFGXB	19-Oct	33	27ABGZJ	2-Nov

Dari sejumlah *order* tersebut terdapat beberapa *order* yang tidak diproduksi baik di mesin laminasi dan mesin slitting hal tersebut dikarenakan terdapat persediaan produk yang telah diproduksi dibulan-bulan sebelumnya. Ketersediaan produk tersebut bukan disebabkan oleh perusahaan yang memang sengaja memproduksi untuk disimpan karena sifat produksi perusahaan ini adalah *make to order*. Tersedianya barang tersebut disebabkan oleh

keadaan-keadaan khusus misalnya ada customer yang batal melakukan pesanan padahal produknya sudah diproduksi, sehingga produk tersebut akan disimpan kemudian digunakan kembali apabila terdapat pesanan dengan spesifikasi yang sama. Selain itu ketersediaan barang bisa juga disebabkan karena adanya sisa produksi dari pemesanan yang lain. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa customer bisa melakukan pemesanan dalam jumlah yang tidak genap 1 roll, hal tersebut disebabkan karena pihak customer sudah memperkirakan sendiri jumlah yang akan dipesan, sehingga pihak perusahaan membuat kebijakan untuk membulatkan keatas jumlah pesanan setiap customer sehingga sisanya akan disimpan kemudian akan digunakan kembali untuk memenuhi kebutuhan customer lainnya. Pesanan-pesanan yang dimaksud tidak diproduksi adalah 7ABGZL, 4AFRXB, 12AFSXH, 16AFGXE, 18ABGZK, 17ABGZL, 22ABGZN, 26ABGZJ, 24AFGYE, dan 27ABGZJ. Kemudian terdapat keadaan khusus pada *job* 25AFGXB, dimana *job* ini memiliki spesifikasi yang sama dengan *job* 3AFGXB yaitu *job* dengan panjang dan lebar 76×1750 m tiap roll kecil nya, sehingga dilakukan perhitungan jumlah produksi aktual merujuk pada algoritma langkah 40, setelah itu hasilnya adalah *job* tersebut tidak perlu diproduksi karena sudah terpenuhi

Kemudian berdasarkan tujuan awal dari penjadwalan untuk mengetahui *total tardiness* maka pada Tabel 4.12 akan dilakukan perbandingan antara penjadwalan *existing* perusahaan dengan penjadwalan yang telah dikembangkan berdasarkan algoritma EDD dan SPT.

Tabel 4.11 Perbandingan Total *Tardiness*

Nama <i>Job</i>	Tanggal Kedatangan	Due date	Penjadwalan Existing		Algoritma EDD&SPT	
			Waktu Penyelesaian	<i>Tardiness</i>	Waktu Penyelesaian	<i>Tardiness</i>
1AFSYD	31-Agu	25-Sep	9-Oct	14	1-Oct	6
2IFWZN	31-Agu	25-Sep	9-Oct	14	2-Oct	7
3AFGXB	17-Sep	8-Oct	6-Oct		9-Oct	1
4AFRXB	17-Sep	8-Oct	6-Oct		6-Oct	
5AFGXG	22-Sep	6-Oct	21-Oct	15	8-Oct	2
6AFGXA	22-Sep	3-Oct	19-Oct	16	3-Oct	
7ABGZL	30-Sep	2-Oct	2-Oct		2-Oct	
8AFGXG	29-Sep	13-Oct	29-Oct	16	26-Oct	13
9AFSYD	1-Oct	3-Oct	3-Oct		3-Oct	
10AFGXG	1-Oct	5-Oct	6-Oct	1	6-Oct	1
11AFSXH	2-Oct	9-Oct	9-Oct		12-Oct	3
12AFSXH	3-Oct	13-Oct	10-Oct		10-Oct	
13AFGXG	3-Oct	13-Oct	10-Oct		12-Oct	
14AFGYB	5-Oct	20-Oct	10-Oct		29-Oct	9
15ABGZM	5-Oct	20-Oct	10-Oct		27-Oct	7
16AFGXE	6-Oct	16-Oct	16-Oct		16-Oct	
17ABGZL	6-Oct	16-Oct	16-Oct		16-Oct	
18ABGZK	6-Oct	16-Oct	16-Oct		16-Oct	
19AFSYD	9-Oct	13-Oct	28-Oct	15	17-Oct	4
20IFWZN	9-Oct	13-Oct	23-Oct	10	13-Oct	
21AFGXG	12-Oct	22-Oct	22-Oct		30-Oct	8
22ABGZN	15-Oct	19-Oct	19-Oct		19-Oct	
23AFSYF	13-Oct	17-Oct	28-Oct	11	27-Oct	10
24AFGYE	17-Oct	20-Oct	20-Oct		20-Oct	
25AFGXB	17-Oct	19-Oct	19-Oct		19-Oct	
26ABGZJ	17-Oct	19-Oct	19-Oct		19-Oct	
27ABGZJ	19-Oct	2-Nov	21-Oct		21-Oct	
28AFGYB	20-Oct	31-Oct	31-Oct		31-Oct	
29AFGYJ	20-Oct	31-Oct	31-Oct		1-Nov	1
30ABGZM	20-Oct	31-Oct	31-Oct		30-Oct	
31ABGZN	20-Oct	31-Oct	31-Oct		31-Oct	
32AFSXG	26-Oct	30-Oct	29-Oct		2-Nov	3
33AFSXI	28-Oct	29-Oct	2-Nov	4	2-Nov	4
			Total	116	Total	79

Dari tabel 4.12 dapat diketahui perbandingan *total tardiness* antara penjadwalan *existing* dengan hasil pengembangan algoritma EDD dan SPT terdapat pengurangan *total tardiness* sebanyak 37 hari dimana penjadwalan *existing* mengalami keterlambatan sebanyak 117 hari sedangkan penjadwalan baru mengalami keterlambatan sebanyak 80 hari atau mengalami peningkatan sebanyak 32% dari model penjadwalan yang ada sebelumnya.

Pada tabel 4.12 terdapat beberapa kolom di bagian waktu penyelesaian yang diberi huruf tebal yang artinya pada *job-job* tersebut sebenarnya tidak dilakukan produksi karena menggunakan *stock* seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, sehingga bentuk penjadwalan yang baru hanya mengikuti waktu ketika *job* tersebut harus dipenuhi atau pada *due date* nya sehingga dianggap tidak mengalami keterlambatan baik positif (*tardiness*) maupun negatif (*earliness*).

4.7 Analisa Hasil Penjadwalan

Algoritma yang dikembangkan adalah algoritma dengan pengurutan order menggunakan pendekatan aturan EDD dan SPT. Pada awalnya aturan EDD digunakan untuk mengurutkan order yang akan dijadwalkan, apabila ditemui terdapat *due date* yang sama maka order dengan *due date* yang sama akan diurutkan kembali menggunakan aturan SPT. Terdapat 33 order yang dibebankan selama bulan Oktober 2015, 14 diantaranya adalah job dari bulan-bulan sebelumnya yang belum selesai diproduksi.

Dalam 1 job dipecah menjadi beberapa roll besar sesuai dengan permintaan, tiap roll inilah yang akan dijadwalkan berdasarkan algoritma yang dikembangkan. Pada mulanya bahan baku mulai dari kertas paper *cw/board* akan dipasang pada mesin laminasi begitu juga kertas *aluminium foil* kemudian direkatkan menggunakan lem kemudian terdapat proses pilihan yang bisa dikerjakan bisa juga tidak yaitu penambahan warna. Penambahan warna ini bergantung pada permintaan *customer*, dimana akan disesuaikan dengan desain rokok masing-masing *customer*, untuk pesanan yang berwarna *silver* atau huruf “S” pada penamaan job tidak akan dilakukan penambahan warna karena itu merupakan warna dasar dari *foil*, sedangkan untuk pesanan selain *silver* yaitu *gold* atau *red* akan ditambahkan penambahan warna. Di mesin laminasi sendiri penambahan warna berasal dari satu *drum* warna yang dipasang disebelah *mesin* dimana penambahan warna ini tidak memakan waktu setiap pergantian roll nya melainkan dapat dipakai untuk beberapa kali. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya jika di mesin laminasi ini memproduksi 2 produk yaitu jenis produk AF (*Aluminum Foil*) dan AB (*Aluminum Board*) sehingga ditetapkan apabila dalam 1 drum warna untuk produk AF dapat digunakan sebanyak 3 kali roll besar sedangkan untuk produk AB dapat digunakan untuk 12 kali proses roll besar.

Dalam penjadwalan ini membatasi bahwa penjadwalan tidak mempertimbangkan adanya interupsi misalnya dengan kesamaan setting warna yang memakan waktu 15 menit, sehingga penjadwalan tetap mengikuti aturan penjadwalan yang sudah dibuat berdasarkan aturan EDD dan SPT. Batasan tersebut dibuat mempertimbangkan apabila dengan adanya prioritas tersebut menyebabkan produk selesai dalam waktu yang lebih lama dan menyebabkan jumlah hari keterlambatan yang lebih banyak.

Penjadwalan akan dihentikan ketika jam istirahat yaitu pukul 12.00-13.00 disemua mesin, kemudian untuk waktu kerja produksi berakhir ketika roll terakhir pada hari tersebut diproduksi selesai. Misalnya untuk mesin laminasi dengan waktu kerja berakhir pada pukul 15.00 ternyata menurut perhitungan penjadwalan roll terakhir selesai pukul 15.40 maka waktu kerja akan berakhir pada pukul 15.40. Pihak perusahaan lebih memilih memberikan

waktu tambahan kerja dibandingkan pekerjaan selesai sebelum jadwal yang seharusnya ditetapkan.

Aturan penjadwalan menggunakan ketentuan aturan non permutasi sehingga job yang diproduksi di mesin laminasi diikuti aturan yang sama pada mesin slitting, sehingga akan terhindar kemungkinan mesin slitting berhenti beroperasi menunggu mesin laminasi selesai beroperasi.

Untuk memenuhi jumlah pesanan tersebut perusahaan menerapkan adanya lembur pada semua bagian baik di mesin laminasi dan mesin *slitting shift* 1 dan *shift* 2. Untuk mesin laminasi waktu kerja pukul 07.00-15.00 dan waktu lembur diijinkan antara pukul 15.00-21.00. Kemudian mesin *slitting shift* 1 waktu kerja yaitu pukul 07.00-15.00 diijinkan adanya lembur pukul 06.00-07.00 sedangkan mesin *slitting shift* 2 dengan waktu kerja pukul 15.00-23.00 diijinkan adanya lembur pukul 23.00-00.00. Dengan tujuan untuk mampu memenuhi permintaan pelanggan menyelesaikan pesanan sesuai dengan *due date* nya maka dalam penjadwalan ini banyak dilakukan lembur dengan pertimbangan pada algoritma bahwa jika produk diproduksi ketika sudah terlambat akan diadakan lembur serta apabila produksi sekarang jika dibandingkan dengan *job* berikutnya akan menyebabkan terlambat pada *job* setelahnya juga akan diadakan lembur. Untuk mesin laminasi saja selama bulan Oktober melakukan lembur dari tanggal 1 Oktober-27 Oktober melakukan penambahan waktu kerja agar mampu memenuhi pesanan.

Keseluruhan *job* selama bulan *Oktober* di mesin laminasi selesai pada tanggal 31 Oktober sedangkan mesin *slitting* terus beroperasi dan selesai pada tanggal 2 November 2015. Adanya perbedaan waktu produksi tersebut disebabkan karena terdapat perbedaan kecepatan mesin antara mesin *slitting* dan mesin laminasi. Selain kecepatan waktu produksi juga dipengaruhi oleh *spesifikasi* roll kecil yang diminta oleh perusahaan, misalnya untuk kertas 12.000m bisa di potong menjadi 1750m tiap roll dan bisa juga 2000m tiap roll, kemudian masing-masing roll tersebut memiliki waktu potong yang berbeda dimana roll 1750m memakan waktu 40 menit tiap roll kecilnya dan 50 menit untuk roll dengan panjang 2000m.

Dari penjadwalan sebelumnya menerapkan sistem FCFS atau *first come first serve* namun apabila mendekati *due date* maka akan diterapkan sistem penjadwalan *edd*, dari hasil penjadwalan tersebut ditemui adanya keterlambatan sebanyak 116 hari dan penjadwalan yang dikembangkan dalam penelitian ini menghasilkan jumlah keterlambatan sebanyak 79 hari sehingga penjadwalan yang baru dianggap lebih baik dibandingkan dengan penjadwalan yang lama. Dengan menyusutnya jumlah keterlambatan selama bulan

tersebut maka akan menguntungkan perusahaan karena mengurangi beban perusahaan untuk memberikan potongan harga kepada konsumen. Semakin banyak jumlah hari *job* yang terlambat maka semakin banyak pula potongan yang diberikan oleh perusahaan sehingga mengurangi profit margin yang diterima oleh perusahaan.

Jumlah biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk memenuhi pesanan dengan melakukan lembur dibandingkan dengan profit yang diperoleh perusahaan ketika mampu mengurangi jumlah total tardiness memang jauh lebih kecil, namun biaya lembur yang dikeluarkan oleh perusahaan ini cenderung lebih besar dibandingkan dengan upah gaji harian yang diberikan oleh perusahaan. Sehingga disarankan supaya perusahaan melakukan manipulasi waktu kerja yang lebih efektif agar tidak terjadi banyak kerugian dengan rancangan sebagai berikut;

1. Perubahan waktu kerja

Sesuai dengan yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa terdapat 1 *shift* kerja untuk mesin laminasi dan 2 *shift* kerja mesin slitting. Masing-masing shift terdapat 3 orang pekerja dengan 1 orang pengawas dan 2 lainnya sebagai operator. Pada mesin laminasi operator A dan B bertugas untuk mengatur setting mesin kemudian ketika mesin beroperasi sifatnya *idle* atau tidak melakukan aktivitas apapun, kemudian pada mesin *slitting* operator A bertugas untuk mengatur setting sedangkan operator B bertugas memindahkan roll kecil setiap kali adanya pemotongan. Kemudian 3 pengawas pada masing-masing *shift* bertugas hanya untuk mengawasi. Secara keseluruhan terdapat 6 operator.

Pada lampiran 2 dapat diketahui bahwa hampir setiap hari baik mesin laminasi dan mesin slitting melakukan lembur. Namun lembur yang signifikan dilakukan pada mesin slitting karena hanya beroperasi sampai dengan pukul 15.00 namun hampir setiap hari melakukan lembur hingga hampir pukul 21.00, hal tersebut menyebabkan ketidak-seimbangan waktu kerja jika dibandingkan dengan mesin slitting yang beroperasi 2 shift dan hanya melakukan lembur <1 jam setiap harinya.

Sehingga dapat dilakukan perubahan waktu kerja pada mesin laminasi menjadi 2 shift dengan masing-masing waktu kerja 7 jam yaitu 07.00-14.00 dengan masing-masing 1 orang operator dan 1 orang pengawas yang merangkap sebagai operator. Kemudian pada mesin slitting dibuat tetap 2 shift dengan masing-masing waktu kerja 8 jam yaitu pukul 06.00-23.00 dengan setiap shiftnya terdiri dari 2 operator kemudian pengawas hanya 1 orang yang mengawasi 2 shift dalam 1 hari. Namun untuk menghindari kelelahan pada pekerja, pengawas dilakukan pergantian waktu kerja

sehingga diharapkan pengawas mampu melakukan kerja sebagai operator mesin laminasi dan juga mengawasi mesin *slitting*. Kemudian operator pada masing-masing *shift* juga melakukan pergantian waktu kerja setiap 2 hari sekali.

Dengan menggunakan aturan tersebut dan dipadukan dengan model penjadwalan algoritma EDD dan SPT maka jumlah *tardiness* akan berkurang, selain itu jumlah *profit margin* yang diterima oleh perusahaan juga bertambah.

2. Penambahan jumlah mesin dan pekerja

Jumlah mesin yang masing-masing hanya 1 buah dan jumlah pekerja yang totalnya hanya sebanyak 9 orang dirasa cenderung sedikit karena dibandingkan dengan jumlah pesanan yang banyak terjadi banyak sekali lembur. Sehingga ketika ditambahkan jumlah mesin dan pekerja untuk setiap mesinnya mengikuti *shift* kerja yang sudah ada tentu akan meminimasi waktu proses sehingga berdampak pada minimasi *total tardiness*.



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 *total tardiness* pada sistem produksi yang ada di perusahaan, terdapat beberapa aturan yang harus diperhatikan yaitu sebagai berikut:
 - a. *Job* diurutkan menggunakan aturan *earliest due date*, kemudian ketika ditemui *job* dengan *due date* yang sama maka dilakukan pemilihan *job* menggunakan *shortest processing time*
 - b. Untuk *job* dengan kode AF dan AB diproduksi di 2 mesin yaitu mesin laminasi dan mesin slitting, sedangkan *job* dengan kode IF hanya diproduksi pada mesin slitting saja.
 - c. Untuk *job* dengan permintaan warna selain *silver* akan ditambahkan waktu setup penambahan warna, untuk kertas jenis AF ditambahkan waktu setup warna setiap 3 kali roll besar sedangkan untuk kertas jensi AB ditambahkan waktu setup warna setiap 12 kali roll besar.
 - d. Ketentuan waktu produksi mesin laminasi pukul 07.00-15.00 dan diijinkan lembur pukul 15.00-21.00, kemudian waktu produksi mesin slitting pukul 07.00-23.00 dan diijinkan lembur pukul 06.00-07.00 dan 23.00-00.00

Kemudian urutan *job* berdasarkan algoritma yang dikembangkan adalah 1AFSYD, 2IFWZN, 7ABGZL, 6AFGXA, 9AFSYD, 10AFGXG, 5AFGXC, 4AFRXB, 3AFGXB, 11AFSXH, 12AFSXH, 13AFGXG, 20IFWZN, 19AFSYD, 8AFGXC, 16AFGXE, 18ABGZK, 17ABGZL, 23AFSYF, 22ABGZN, 26ABGZJ, 25AFGXB, 24AFGYE, 15ABGZM, 14AFGYB, 21AFGXC, 33AFSXI, 32AFSXE, 30ABGZM, 31ABGZN, 28AFGYB, 29AFGYJ, 27ABGZJ

2. Sistem penjadwalan produksi yang telah ada sebelumnya menghasilkan total tardiness

sebesar 116 hari. Sementara, sistem penjadwalan produksi baru dengan menggunakan algoritma yang dikembangkan menghasilkan total tardiness sebesar 79 hari. Sehingga total tardiness yang dapat dikurangi dengan penjadwalan produksi yang baru adalah sebanyak 37 hari.

5.2 Saran

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

1. Pengembangan algoritma yang telah dikembangkan dengan pendekatan EDD dan SPT diharapkan dapat diaplikasikan dan dikembangkan dalam bentuk software program, sehingga penjadwalan dapat dilakukan dengan mudah, lebih cepat dan memiliki ketelitian yang lebih tinggi.
2. Diharapkan ada pengembangan algoritma dengan metode yang lain untuk mendapatkan hasil penjadwalan yang lebih baik dari pada yang dikembangkan dalam penelitian ini.
3. Diharapkan kepada pihak perusahaan untuk mempertimbangkan saran yang dibuat di penelitian ini seperti perubahan waktu kerja, penambahan jumlah mesin, maupun penambahan jumlah pekerja.