



TESIS - PM 147501

OPTIMASI PENJADWALAN JOB-JOB PADA MESIN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE INTEGER PROGRAMMING

ACHMAD ZAINUDDIN ZAKARIYA
NRP.9115201304

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab,M.Sc

DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh:

ACHMAD ZAINUDDIN ZAKARIYA

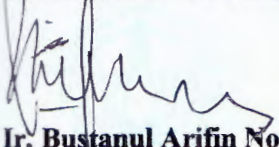
NRP. 9115 201304

Tanggal Ujian : 27 Juli 2017
Periode Wisuda : September 2017

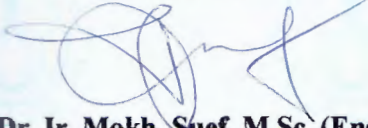
Disetujui Oleh:


1. Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc
NIP : 195204111979031002

(Pembimbing)


2. Dr. Ir. Bustanul Arifin Noer, M.Sc
NIP: 195904301989031001

(Penguji)


3. Dr. Ir. Mokh. Suf, M.Sc. (Eng)
NIP : 196506301990031002

(Penguji)

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi


Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc
NIP. 195903181987011001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas selesainya tesis yang berjudul "Optimasi Penjadwalan *Job-Job* Pada Mesin Produksi Menggunakan Metode *Integer Programming*", yang merupakan salah satu syarat kelulusan program magister manajemen teknologi, Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas dukungan moral dan materil yang diberikan dalam penyusunan tesis ini, maka penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Segala puji dan syukur kepada Allah SWT atas segala kelancaran yang diberikan dalam pembuatan tesis ini.
2. Kedua orang tua penulis dan keluarga besar penulis yang telah memberikan kasih doa, serta bimbingan yang diberikan sehingga penulis dapat melakukan berbagai kegiatan dengan baik dan lancar, khususnya dalam penyelesaian tesis ini.
3. Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu penulis dalam memberikan ide, saran, dan kritiknya.
4. Novita Dian Puspitasari yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam menyelesaikan tesis ini.
5. Seluruh karyawan magister manajemen teknologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah membantu penulis.

ABSTRAK

Industri komponen kendaraan bermotor di Indonesia merupakan salah satu industri yang tumbuh pesat setiap tahunnya. Peningkatan tersebut didorong oleh pertumbuhan industri otomotif sehingga kebutuhan komponen kendaraan bermotor sebagai industri penyokong turut tumbuh pesat.

PT. X adalah pemasok komponen sistem pembuangan (knalpot) kendaraan bermotor di Indonesia. PT. X memasok komponen knalpot tersebut ke perusahaan otomotif di Indonesia yang telah menjadi mitra tetapnya. Di awal kesepakatan, mitra akan memberikan job-job pembuatan komponen knalpot yang harus dipasok sesuai desain yang telah disepakati.

Adanya keterbatasan sumber daya yaitu mesin produksi, menyebabkan tidak semua job dapat dikerjakan dalam satu waktu. Metode penjadwalan job yang dilakukan di industri saat ini adalah dengan memproses lebih awal job-job dengan waktu proses paling pendek; hal ini menyebabkan penjadwalan yang kurang optimal yang sering ditandai dengan keterlambatan penyelesaian pesanan. Penjadwalan dengan menggunakan Integer linear programming diajukan sebagai alternatif yang diharapkan bisa menghasilkan penyelesaian yang lebih baik .

Penjadwalan job menggunakan integer linear programming ternyata mampu menghasilkan waktu tunggu penempatan job yang minimal dan total waktu penyelesaian seluruh job menjadi lebih optimal dari yang sejauh ini diperoleh. Penjadwalan dengan menggunakan metode integer linear programming mampu mengurangi waktu penyelesaian pesanan sampai 60%.

Kata Kunci: Optimasi penjadwalan job, mesin produksi, integer linear programming

Abstract

Automotive component industry in Indonesia is one of the fastest growing industries every year. The increase was driven by the growth of the automotive industry so that the needs of motor vehicle components as supporting industries also grew rapidly.

PT. X is a supplier of automotive exhaust system components in Indonesia. PT. X supplied the exhaust components to an automotive company in Indonesia which has become a regular partner. At the beginning of the agreement, the partner will provide the jobs of making exhaust components that must be supplied according to agreed design.

Limited resources such as production machines, causing not all jobs can be done in one time. The job scheduling method that is done in the industry today is by processing the job with the shortest processing time. This leads to less optimal scheduling which is often marked by the delay in order completion. Scheduling using integer linear programming is proposed as an alternative that is expected to result in a better solution.

Job scheduling using integer linear programming was able to generate minimum job placement waiting time and total completion time of all jobs become more optimal than that so far obtained. Scheduling by using integer linear programming method can reduce order completion time up to 60%.

Keyword: Job scheduling optimization, production machine, integer linear programming

Daftar Isi

Daftar Tabel	iii
Daftar Gambar	iv
BAB I.....	9
PENDAHULUAN	9
1.1. Latar Belakang	9
1.2. Perumusan Masalah.....	10
1.3. Tujuan Penelitian.....	10
1.4. Manfaat Penelitian.....	10
1.5. Batasan Masalah.....	10
BAB II.....	12
TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1. Penjadwalan Mesin Produksi	12
2.1.1. Model Penjadwalan.....	12
2.1.2. Hasil Penjadwalan.....	13
1. Pembebanan	13
2. Pengurutan.....	13
3. <i>Dispatching</i>	13
4. <i>Gantt Chart</i>	13
2.2. Ulasan Penelitian Sebelumnya	13
2.3. Gambaran Aktivitas Produksi	14
2.3. <i>Linear Programming</i>	16
2.3.1. Integer Programming	16
BAB III	18
METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1. Identifikasi Masalah	18
3.2. Pengumpulan Data	18

3.3.	Pembuatan Model Matematis.....	20
3.3.1.	Variabel keputusan.....	20
3.3.2.	Fungsi Tujuan	21
3.3.3.	Kendala-kendala	21
3.4.	Pembuatan Program Dan Analisis.....	23
3.5.	Pengambilan Kesimpulan Dan Saran.....	24
BAB IV		25
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		25
4.1.	Proses Pengumpulan Data.....	25
4.1.1.	Data Mesin Produksi.....	25
4.1.2.	Data <i>Job</i> Yang Dikerjakan.....	26
4.1.3.	Data Kegunaan Mesin.....	29
4.1.4.	Data Urutan Proses Pengerjaan <i>Job</i>	29
4.1.5.	Data Waktu Proses.....	31
4.2.	Optimasi Penjadwalan <i>Job</i>	33
4.3.	Analisis Hasil	33
4.4.	Formulasi Matematis.....	35
4.4.1.	Penjadwalan <i>Job</i> Menggunakan Metode Perusahaan	37
4.4.2.	Penjadwalan <i>job</i> Hasil Optimasi.....	38
BAB V		40
PENUTUP.....		40
5.1.	Kesimpulan.....	40
5.2.	Saran.....	40
Daftar Pustaka.....		41
LAMPIRAN I		42
Biografi Penulis.....		52

Daftar Tabel

Tabel 2. 1. Daftar penelitian optimasi menggunakan linear programming.....	14
Tabel 3. 1. Contoh proses pengerjaan job-job pada mesin produksi.....	22
Tabel 4. 1. Jenis Mesin Yang Digunakan Dalam Produksi Komponen Knalpot.....	25
Tabel 4. 2. Data Kegunaan Mesin.....	29
Tabel 4. 3. Tabel Urutan Proses.....	30
Tabel 4. 4. Keterangan Mesin Pada Urutan Proses.....	30
Tabel 4. 5. Data Waktu Proses Untuk 50.000 Komponen Setiap <i>Job</i>	32
Tabel 4. 6. Waktu Penyelesaian Seluruh <i>Job</i> Hasil Optimasi.....	34
Tabel 4. 7. Penjadwalan <i>Job</i> Dengan Metode Perusahaan (menit).....	37
Tabel 4. 8. <i>Gantt Chart</i> Hasil Optimasi Penjadwalan <i>Job</i> (menit).....	39
Tabel 4. 9. <i>Gantt Chart</i> Penjadwalan <i>Job</i> Metode Perusahaan (menit).....	39

Daftar Gambar

Gambar 2. 1. Rangkaian Komponen Knalpot.....	16
Gambar 3. 1. Rancangan Metodologi Penelitian.....	19
Gambar 3. 2. Gantt chart hasil penjadwalan mesin produksi (contoh).....	23
Gambar 4. 1. Front Flange.....	26
Gambar 4. 2. Exhaust Cover.....	26
Gambar 4. 3. Bracket.....	27
Gambar 4. 4. Middle Flange.....	27
Gambar 4. 5. End flange.....	28
Gambar 4. 6. Separator	28
Gambar 4. 7. Outer Pipe.....	28

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri komponen kendaraan bermotor di Indonesia merupakan salah satu industri yang tumbuh pesat setiap tahunnya. Peningkatan tersebut terdorong oleh pertumbuhan industri otomotif sehingga kebutuhan komponen kendaraan bermotorpun tumbuh pesat. Sampai saat ini produksi komponen kendaraan bermotor di Indonesia tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan pasar domestik tetapi juga pasar internasional. (Warta Ekspor, 2014).

PT. X adalah pemasok komponen sistem pembuangan (knalpot) kendaraan bermotor di Indonesia. Komponen knalpot yang tersedia antara lain berupa *flange*, *bracket*, *separator*, dan *exhaust cover*. PT. X memasok komponen knalpot tersebut ke perusahaan otomotif di Indonesia yang telah menjadi mitra tetapnya. Di awal kesepakatan, mitra akan memberikan *job-job* pembuatan komponen knalpot yang harus dipasok sesuai desain yang telah disepakati.

Sebagai pemasok, PT. X harus dapat menyelesaikan *job-job* tersebut sesuai dengan kapasitas produksi yang dimiliki. Saat ini, proses pengerjaan *job* hanya dijadwalkan berdasarkan perkiraan waktu prosesnya. *Job* dengan waktu proses yang lebih pendek cenderung lebih dahulu dikerjakan. Sebaliknya *job* dengan waktu proses yang lebih panjang seringkali ditunda pengerjaannya. Selain itu, kesulitan lain muncul ketika harus menjadwalkan beberapa *job* dengan waktu proses yang hampir sama dan keterbatasan jumlah mesin produksi. Metode penjadwalan *job* yang digunakan saat ini menyebabkan waktunya penyelesaian *job* dan pengiriman pesanan belum memenuhi harapan mitra perusahaan. Waktu penyelesaian *job* yang terlalu lama menyebabkan penundaan pengiriman pesanan kepada mitra perusahaan.

Pengerjaan *job-job* tersebut dilakukan menggunakan mesin produksi berjenis mesin press dengan beberapa macam tonase. Tonase adalah kekuatan tekan dari mesin *press* saat digunakan. Mesin *press* tersebut dilengkapi dengan *dies* (cetakan) dan *punch* yang spesifik.

Satu mesin *press* hanya dapat digunakan untuk mengerjakan satu jenis proses dalam satu waktu. Hal itu menyebabkan tidak semua *job* dapat dikerjakan dalam satu waktu. Jika ada dua *job* yang membutuhkan mesin produksi yang sama maka salah satu *job* harus menunggu *job* yang lain selesai dikerjakan terlebih dahulu. Waktu tunggu penempatan *job* pada mesin produksi meliputi waktu proses serta waktu penggantian *dies* dan *punch*.

Semakin banyak *job* yang dijadwalkan maka waktu tunggu juga semakin lama begitu pula dengan waktu penyelesaian seluruh *job*.

Oleh karena itu, PT. X perlu mengoptimalkan penjadwalan *job-job* yang ada saat ini. Optimasi tersebut dibutuhkan untuk mengatasi keterbatasan jumlah mesin produksi yang dimiliki oleh perusahaan dan menentukan urutan penempatan *job* yang meminimalkan total waktu penyelesaian.

Melalui optimasi penjadwalan *job* dengan diharapkan akan meminimalkan total waktu penyelesaian seluruh *job* sehingga mengurangi waktu tunggu penempatan *job* pada mesin produksi dan pengiriman pesanan yang lebih cepat.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang pada sub bab sebelumnya, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana penjadwalan *job-job* yang optimal pada mesin produksi sehingga diperoleh urutan penempatan *job* yang meminimalkan total waktu penyelesaian seluruh *job*.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan model matematis untuk menyelesaikan masalah optimasi penjadwalan *job-job* pada mesin produksi sehingga didapatkan urutan penempatan *job* yang meminimalkan total waktu penyelesaian.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Dari hasil optimasi yang dijalankan akan diperoleh urutan penempatan *job* yang lebih optimal karena meminimalkan total waktu penyelesaian.
2. Dengan adanya penjadwalan yang optimal diharapkan perusahaan dapat mengurangi waktu tunggu penempatan *job* pada mesin produksi, sehingga *job-job* dapat diselesaikan lebih cepat sesuai kapasitas yang tersedia.

1.5. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini digunakan batasan/asumsi sebagai berikut:

1. Permasalahan yang dibahas adalah penjadwalan *job-job* pada mesin produksi di PT. X.
2. Jenis mesin yang digunakan dalam penelitian ini mesin press dengan rincian sebagai yaitu: mesin press 150 ton, mesin press 100 ton, mesin press 80 ton, mesin press 63 ton, mesin press 40 ton, dan mesin press 25 ton.

3. Optimasi dilakukan dengan metode *Integer Linear Programming*.
4. *Job* yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa komponen *front flange, middle flange, end flange, bracket, separator, exhaust cover, Outer pipe*.
5. Pengerjaan *Job* dalam penelitian ini dikerjakan dalam satu group produksi.
6. Jam produksi dalam satu hari adalah 14 jam.
7. Bahan baku yang dibutuhkan telah tersedia selama proses produksi.
8. Urutan proses produksi pada setiap *job* tidak bisa dirubah urutannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penjadwalan Mesin Produksi

Dalam industri manufaktur yang memiliki banyak variasi produk tentu membutuhkan dukungan fasilitas produksi yang optimal sehingga mampu memenuhi pesanan yang diberikan. Terlebih lagi jika beberapa atau seluruh pekerjaan membutuhkan fasilitas kerja yang sama, sedangkan fasilitas yang tersedia seringkali terbatas jumlah dan kapasitasnya.

Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan penjadwalan pada fasilitas produksi seperti mesin press. Penjadwalan didefinisikan sebagai pengurutan/pengerjaan sejumlah komponen (*job*) secara menyeluruh pada beberapa buah mesin. Pada dasarnya penjadwalan dilakukan dengan mengalokasikan sumber daya tertentu (fasilitas, pekerja, dan peralatan) selama periode tertentu kemudian dilakukan pengurutan kerja pada setiap unit pemrosesan sehingga dicapai hasil yang optimal. (Ginting, 2009).

2.1.1. Model Penjadwalan

Baker (1974) seperti yang dikutip oleh (Ginting, 2009) menyebutkan bahwa terdapat 4 jenis model penjadwalan yaitu:

1. Berdasarkan mesin yang digunakan. Pada keadaan ini, sejumlah mesin dapat dibedakan menjadi mesin tunggal atau mesin majemuk. Dikatakan tunggal jika setiap jenis mesin yang digunakan dalam serangkaian proses jumlahnya adalah 1 unit, sedangkan mesin majemuk adalah jika terdapat lebih dari satu jenis mesin yang sama.
2. Pola *job shop* dan *flow shop*. Pada pola *job shop*, setiap pekerjaan memiliki aliran kerja yang berbeda. Aliran proses yang tidak searah mengakibatkan pekerjaan yang dikerjakan di suatu mesin dapat berupa pekerjaan baru atau pekerjaan yang sedang dilakukan (*work in process*) atau pekerjaan yang akan menjadi produk jadi. Pada pola *flow shop* aliran proses produksi yang terjadi adalah sama urutannya dan tidak dimungkinkan adanya variasi.
3. Pola kedatangan pekerjaan statis dan dinamis. Pada pola statis pekerjaan datang bersamaan atau tidak bersamaan tetapi pekerjaan telah diketahui sejak waktu nol. Pada pola dinamis kedatangan pekerjaan sifatnya tidak menentu.

4. Deterministik dan stokastik. Model deterministik memiliki kepastian informasi parameter seperti parameter waktu proses, waktu kesiapan pekerjaan dapat diproses atau waktu kirim (tenggat waktu). Model stokastik mengandung unsur ketidakpastian misalnya waktu kedatangan pekerjaan yang tidak pasti atau jumlah dan kapasitas mesin yang tersedia.

2.1.2. Hasil Penjadwalan

Dari hasil optimasi yang dilakukan akan diperoleh keluaran yang dapat digunakan untuk menentukan jadwal mesin produksi dan memastikan aliran kerja yang lancar akan melalui tahapan produksi. Beberapa keluaran yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Pembebanan

Pembebanan melibatkan penyesuaian kebutuhan kapasitas untuk *order-order* yang diterima. Pembebanan dilakukan dengan menugaskan *order-order* pada fasilitas-fasilitas tertentu (Ginting, 2009).

2. Pengurutan

Pengurutan merupakan penugasan tentang *order-order* mana yang diprioritaskan untuk diproses dahulu bila suatu fasilitas harus memproses banyak *job* (Ginting, 2009).

3. *Dispatching*

Dispatching merupakan prioritas kerja tentang *job-job* mana yang diseleksi dan diprioritaskan untuk diproses (Ginting, 2009).

4. *Gantt Chart*

Gantt chart adalah alat bantu visual yang berguna dalam hal penjadwalan dan pembebanan. *Gantt chart* menampilkan keterkaitan atau urutan pekerjaan di dalam sebuah sistem sehingga dapat membantu menentukan penjadwalan yang optimal (Heizer & Render, 2011).

2.2. Ulasan Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan penelitian tahun 2012 yang dilakukan oleh Mulyono, alokasi sumber daya yang optimal dapat diselesaikan dengan baik menggunakan metode *mixed integer programming*. Optimasi pada penelitian tersebut dilakukan dalam proses perencanaan produksi cat di suatu perusahaan sehingga mampu meminimalkan total biaya produksi.

Linear programming juga dapat menyelesaikan persoalan optimasi yang lain, seperti pada penelitian yang dilakukan Sari pada tahun 2012 mengenai penugasan guru pada

sekolah menengah kejuruan di Surabaya. Hasil optimasi mampu mengalokasikan secara maksimal jumlah guru yang terbatas untuk berkontribusi dalam kegiatan pembelajaran.

Selain itu pada penelitian yang dilakukan oleh Aucky Wibisono (2013) dalam optimasi pengadaan bahan baku segar di PT X, metode *linear programming* digunakan untuk mengetahui alokasi bahan baku segar yang dibutuhkan untuk proses produksi pada periode tertentu. Hasil dari optimasi pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa perusahaan dapat menghemat pengadaan bahan baku dari metode pengadaan yang sebelumnya.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka permasalahan yang berkaitan dengan optimasi sumber daya perusahaan dapat diselesaikan dengan baik menggunakan metode *linear programming*. Pada Tabel 2.1 dapat dilihat beberapa penelitian yang menggunakan metode *linear programming* untuk mengoptimalkan sumber daya yang dimiliki antara lain dalam perencanaan produksi, pengadaan bahan baku, serta penugasan guru .

Tabel 2. 1. Daftar penelitian optimasi menggunakan linear programming

No	Penulis	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Yang Digunakan
1	Aucky Wibisono, 2013	Optimasi pengadaan bahan baku segar di PT X. dengan metode <i>linear programming</i>	Alokasi bahan baku yang optimal pada setiap periode tertentu	<i>Linear programming</i>
2	Mulyono, 2012	Optimasi perencanaan produksi cat di PT. XYZ dengan metode <i>mixed integer programmin</i>	Meminimalkan total biaya produksi dengan mengoptimalkan alokasi sumber daya	<i>Mixed integer programming</i>
3	Sari, 2012	Optimasi penugasan guru pada kegiatan pembelajaran di SMKN 2 Surabaya dengan menggunakan <i>integer programming</i>	Memaksimalkan alokasi sumber daya yaitu guru pada penugasan kegiatan pembelajaran	<i>Integer programming</i>

2.3. Gambaran Aktivitas Produksi

Komponen knalpot yang diproduksi berasal dari lembaran plat atau batangan aluminium. Lembaran plat aluminium tersebut kemudian dibentuk sesuai dengan desain yang diinginkan. Plat memiliki ukuran dan ketebalan tertentu sesuai dengan kebutuhan komponen yang akan dibentuk. Proses pembentukan komponen terbagi ke dalam beberapa bagian proses. Setiap komponen yang diproduksi memiliki tahapan proses yang berbeda-beda. Setiap proses dikerjakan menggunakan mesin press dengan tonase (daya tekan)

tertentu. Beberapa proses yang dilalui dalam produksi komponen knalpot adalah sebagai berikut:

a. *Blanking*

Blanking adalah proses pemotongan logam dengan tujuan untuk mendapatkan hasil potong dengan bentuk tertentu sedangkan sisa potong akan dibuang.

b. *Forming*.

Forming adalah proses pembentukan untuk mendapatkan bentuk awal dari suatu komponen, misalnya melengkung, melingkar atau bentuk yang lain sesuai dengan desain. Setelah proses ini biasanya diikuti oleh proses pembentukan lanjutan seperti pada *embossing* atau *punching*.

c. *Embossing*

Embossing adalah proses pembentukan sisi material untuk menonjolkan bentuk komponen yang dibuat.

d. *Punching/piercing*

Punching atau *piercing* adalah proses pembentukan lubang pada material. Lubang yang dihasilkan dapat berbentuk bulat atau bentuk lain.

e. *Trimming*

Trimming adalah proses pemotongan sisa material yang tidak berguna untuk mendapatkan ukuran akhir yang dibutuhkan.

f. *Restrike*.

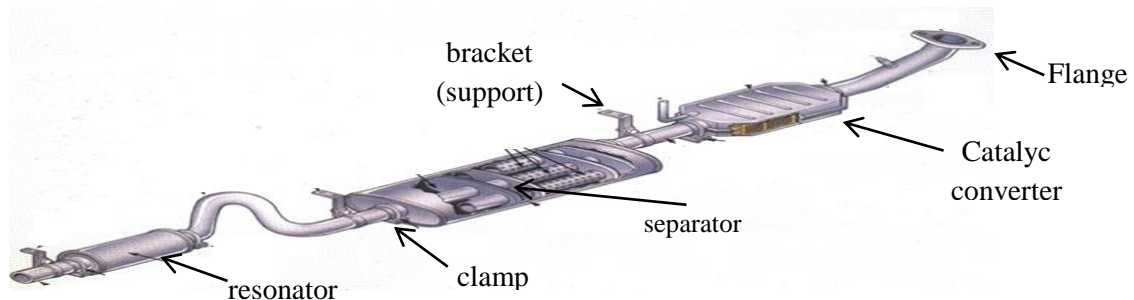
Restrike adalah kelanjutan dari *trimming*. Dilakukan untuk menyempurnakan atau menegaskan bentuk komponen yang dibuat. Proses *restrike* dilakukan di akhir proses pengerjaan.

g. *Extrusion*.

Extrusion adalah salah satu proses pembentukan komponen dengan tujuan untuk mengecilkan ukuran penampang komponen.

Dalam proses produksi, tidak semua tahapan di atas harus dilalui oleh setiap *job*. Beberapa *job* terkadang hanya melalui 3 sampai 4 tahapan di atas. Selain itu urutannya dapat berbeda-beda sesuai dengan bentuk komponen yang dibutuhkan. Pada setiap tahapan yang dilalui, mesin *press* yang digunakan akan dipasangkan dengan *dies* (cetakan) *punch* khusus sesuai dengan bagian komponen yang akan dibentuk.

Letak komponen knalpot yang diproduksi oleh PT. X dalam satu rangkaian keseluruhan, dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1. Rangkaian Komponen Knalpot

2.3. *Linear Programming*

Linear programming memiliki tujuan utama untuk menggunakan secara efisien dan mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Permasalahan yang biasa diselesaikan menggunakan *linear programming* mempunyai karakteristik yaitu memiliki banyak pilihan solusi yang sesuai dengan setiap kondisi dasar dari permasalahan yang dihadapi. Solusi yang sesuai dengan permasalahan yang ada dan memenuhi tujuan yang ditentukan disebut dengan *optimal solution* (Gass, 2003).

2.3.1. **Integer Programming**

Pada beberapa permasalahan, penyelesaian menggunakan *linear programming* membutuhkan penambahan variabel khusus. Hal tersebut dilakukan untuk kasus-kasus yang mengandung hubungan pemilihan solusi “ya” atau “tidak”. Misalnya pemilihan investasi proyek atau fasilitas tertentu. Keputusan pemilihan solusi tersebut dapat direpresentasikan dengan bilangan 1 jika solusi tersebut dipilih atau 0 jika solusi tersebut tidak dipilih. Variabel khusus tersebut dinamakan variabel biner, sehingga permasalahan yang mengandung variabel biner disebut dengan *binary integer programming* (Lieberman & Frederick S, 2010).

Variabel biner kemudian mengalami perkembangan untuk permasalahan tertentu yang mengharuskan memilih antara dua fungsi pembatas, sehingga hanya satu fungsi pembatas yang akan digunakan sedangkan fungsi pembatas yang lainnya dapat diabaikan (Lieberman & Frederick S, 2010). Kondisi tersebut dapat diilustrasikan sebaga berikut:

Dalam sebuah permasalahan misalnya ditemui dua pertidaksamaan di bawah ini sebagai fungsi pembatas.

1. $3X_1 + 2X_2 \leq 18$
2. $X_1 + 4X_2 \leq 16$

Dari dua pertidaksamaan tersebut, harus dipilih salah satu yang akan diikutsertakan dalam perhitungan optimasi di setiap iterasi. Untuk itu pertidaksamaan tersebut harus dimodifikasi sehingga dapat digunakan sesuai yang dibutuhkan. Hal tersebut dilakukan dengan menambahkan bilangan positif yang bernilai sangat besar, direpresentasikan dengan M dan introduksi variabel keputusan biner, Y. Penambahan bilangan M dan Y dalam sistem pertidaksamaan ini dituliskan dalam format:

1. $3X_1 + 2X_2 \leq 18 + M.Y$
2. $X_1 + 4X_2 \leq 16 + M.(1 - Y)$

Dengan penambahan bilangan berharga besar M, dan sebuah variabel keputusan Y, maka dari dua pertidaksamaan yang tersedia hanya satu saja, bisa pertidaksamaan 1 atau 2, yang bisa aktif.

Sebagai contoh, apabila Y berharga 0, maka sistem pertidaksamaan akan berubah menjadi

1. $3X_1 + 2X_2 \leq 18$
2. $X_1 + 4X_2 \leq 16 + M$

yang akan memaksa pertidaksamaan nomor 1 menjadi aktif karena ruas kanan pertidaksamaan nomor dua yang mengandung M berharga besar sehingga tidak lagi menjadi pembatas.

Sebaliknya, apabila Y berharga 1, maka sistem pertidaksamaan akan berubah menjadi

1. $3X_1 + 2X_2 \leq 18 + M$
2. $X_1 + 4X_2 \leq 16$

yang akan membuat pertidaksamaan nomor 2 menjadi aktif.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis agar sesuai dengan sasaran. Berikut langkah-langkah dalam penelitian ini:

3.1. Identifikasi Masalah

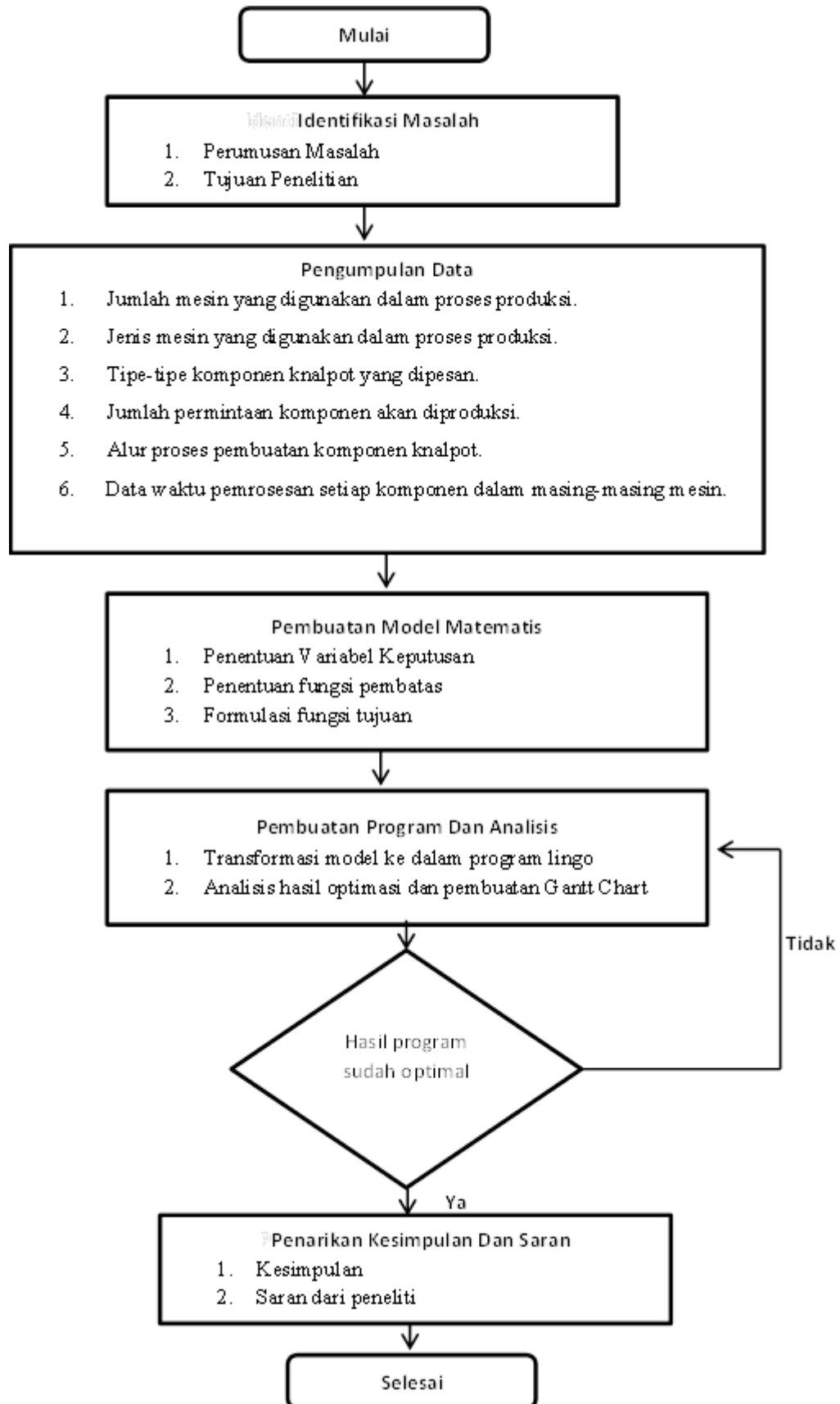
Tahap ini dilakukan pada obyek penelitian dengan melakukan identifikasi permasalahan yang terjadi saat ini. Pengamatan dilakukan pada proses pembuatan komponen knalpot di PT. X. Beberapa pustaka yang terkait dengan metode dan obyek penelitian ini digunakan sebagai referensi pada penelitian yang akan dilakukan. Akhir dari tahap ini adalah perumusan masalah dan tujuan dari penelitian.

3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan baik secara langsung maupun data dari pihak-pihak terkait dalam proses produksi. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jumlah mesin yang digunakan dalam proses produksi.
2. Jenis mesin yang digunakan dalam proses produksi.
3. Tipe-tipe komponen knalpot yang dipesan.
4. Jumlah permintaan komponen akan diproduksi.
5. Alur proses pembuatan komponen knalpot.
6. Data durasi pengerjaan setiap komponen.

Langkah-langkah penelitian digambarkan dalam diagram alir seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1. Penjelasan setiap langkah akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya.



Gambar 3. 1. Rancangan Metodologi Penelitian

3.3. Pembuatan Model Matematis

Model matematis dalam masalah ini diformulasikan untuk menemukan solusi optimal dalam masalah penjadwalan *job-job* pada mesin produksi. Dalam melakukan optimasi dengan *linear integer programming* ditetapkan hal-hal sebagai berikut:

3.3.1. Variabel keputusan

Variabel keputusan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

X_{ikn} : Waktu start pengerjaan *job* *i*, proses *k*, pada mesin *n*.

Penambahan indeks *k* ini sengaja dilakukan karena sebuah *job* yang mengalami pengerjaan pada sebuah mesin bisa melibatkan lebih dari 1 proses.

t_{ikn} : Durasi pengerjaan *job* *i*, proses *k*, di mesin *n*.

X_{iko} : Waktu start pengerjaan *job* *i*, proses *k*, di mesin *o*.

Dengan indeks:

i : Indeks yang menyatakan jenis *job* secara keseluruhan.

j : Adalah *job-job* yang merupakan bagian dari *i*; hal ini diperlukan untuk menyatakan urutan dan kemungkinan konflik antar-*job* pada sebuah mesin.

k : Adalah indeks yang menunjukkan jenis proses untuk sebuah *job* pada sebuah mesin yang bisa berbeda antara *job* satu dengan *job* yang lain. *k* adalah bagian dari *A* yang merupakan variasi proses secara keseluruhan.

n,o : Indeks untuk mesin; *n* dan *o* merupakan bagian dari *B*, yaitu keseluruhan dari mesin yang digunakan. Urutan pengerjaan *job* *i* adalah dari mesin *n*, yang bisa merupakan mesin 1, 2, atau mesin lain sesuai dengan proses produksi dan urutan pengerjaan, kemudian dilanjutkan dengan pengerjaan pada mesin *o*, yang merupakan mesin lain yang dibutuhkan.

3.3.2. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan untuk masalah ini diformulasikan untuk meminimalkan waktu total penyelesaian semua *job*. Fungsi tujuan dituliskan sebagai berikut:

Minimalkan K

$$K \geq x_{iko} + t_{iko}$$

Indeks o pada fungsi objektif ini berkaitan dengan pengerjaan pada mesin terakhir untuk sebuah *job*. Fungsi tujuan yang lain seperti meminimalkan makespan dan sebagainya bisa juga nanti dilakukan sebagai perbandingan.

3.3.3. Kendala-kendala

Kendala-kendala pada optimasi mesin produksi dalam masalah ini adalah berkaitan dengan urutan pengerjaan *job* dan konflik pengerjaan *job* pada mesin yang sama. Kendala-kendala yang ada dirumuskan sebagai berikut:

3.3.3.1. Kendala Urutan Pengerjaan *Job*

Pengerjaan yang dilakukan pada sebuah mesin tidak bisa dilakukan sebelum pengerjaan pada mesin sebelumnya sudah selesai dilaksanakan. Secara umum kendala dituliskan dengan

$$x_{ikn} + t_{ikn} \leq x_{iko} \quad \begin{array}{l} j \in i (1, \dots, l) \\ k \in A (1, \dots, m) \\ n, o \in B (1, \dots, p) \end{array}$$

3.3.3.2. Kendala Pengerjaan *Job* Pada Mesin Yang Sama

Pada saat sebuah mesin mengerjakan sebuah *job*, mesin ini dengan sendirinya tidak bisa dimanfaatkan untuk pengerjaan *job* yang lain. Untuk itu perlu ditetapkan sebuah kendala yang menjamin bahwa pada suatu saat hanya ada satu *job* yang bisa diproses. Saat ini belum diketahui *job* mana yang akan diproses terlebih dahulu sehingga dibuat suatu sistem kendala yang bisa memberi pilihan terhadap *job* mana yang didahulukan dan tetap menjamin bahwa pada suatu saat hanya ada satu *job* yang diproses. Apabila pada sebuah mesin n terjadi konflik antara *job* i dan *job* j , maka kendala dituliskan dalam bentuk

$$X_{ikn} + t_{ikn} \leq X_{jkn} + M \cdot Y_{ijn}$$

$$X_{jkn} + t_{jkn} \leq X_{ikn} + M \cdot (1 - Y_{ijn})$$

Sebagaimana sudah disinggung sebelumnya, M adalah bilangan positif yang bernilai besar dan Y_{ijn} dalam hal ini adalah bilangan biner yang berharga 1 apabila *job* j dikerjakan lebih dahulu dari *job* i pada mesin n . Kendala ini dituliskan apabila terjadi konflik antara *job* i dan *job* j pada mesin n yang disimbolkan dengan bilangan biner Y_{ijn} . Y_{231} misalnya menunjukkan adanya konflik pemanfaatan mesin pada pengerjaan *job* 2 dan 3 pada mesin 1.

Contoh berikut ini diberikan untuk memperjelas penulisan formulasi. Tabel 3.1 di bawah ini menunjukkan urutan pengerjaan 2 *job* pada 3 mesin.

Tabel 3. 1. Contoh proses pengerjaan *job-job* pada mesin produksi

Job	Durasi (dalam menit)			
	Proses 1	Proses 2		Proses 3
1	Mesin 1	Mesin 3a	Mesin 3b	Mesin 2
	10	15		20
2	Mesin 1	Mesin 2		
	17	25		

Jumlah mesin yang digunakan pada contoh ini adalah 4, yang terdiri dari: mesin 1, mesin 2, mesin 3a, dan mesin 3b. Mesin 3a dan mesin 3b adalah tipe mesin yang sama berjumlah 2 buah. Proses 2 untuk *job* 1 misalnya bisa dikerjakan pada 2 buah mesin yang tersedia yang diberi label mesin 3a dan 3b. Dalam model matematis, persoalan tersebut dituliskan sebagai berikut:

a. Kendala urutan pengerjaan *job*

***Job* 1.**

$$X_{111} + 10 \leq X_{123a} + 1000 \cdot Y_1$$

$$X_{123a} + 15 \leq X_{132} + 1000 \cdot Y_1$$

$$X_{111} + 10 \leq X_{123b} + 1000 \cdot Y_2$$

$$X_{123a} + 15 \leq X_{132} + 1000 \cdot Y_2$$

$$Y_1 + Y_2 = 1$$

Pengerjaan *job* 1 proses 2 bisa dikerjakan di mesin 3a atau 3b

Job 2.

$$X_{211} + 17 \leq X_{222} + 1000*Y_1$$

b. Konflik pengerjaan *job* pada mesin yang sama

Konflik *job* 1 dan *job* 2 pada mesin 1. $M = 1000$

$$X_{111} + 10 \leq X_{211} + 1000*Y_{121}$$

$$X_{211} + 17 \leq X_{111} + 1000*(1-Y_{121})$$

Konflik *job* 1 dan *job* 2 pada mesin 2

$$X_{132} + 20 \leq X_{222} + 1000*Y_{122}$$

$$X_{222} + 25 \leq X_{132} + 1000*(1-Y_{122})$$

c. Fungsi tujuan

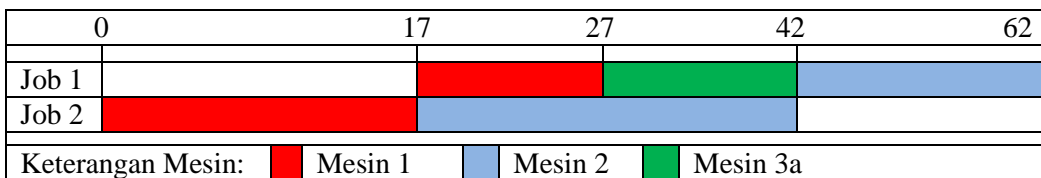
$$\text{Min} = K$$

$$K \geq X_{132} + 20$$

$$K \geq X_{222} + 25$$

3.4. Pembuatan Program Dan Analisis

Penyelesaian model optimasi dilakukan dengan bantuan aplikasi lingo. Hasil akhir permodelan adalah berupa urutan proses penggunaan mesin pada masing-masing *job* serta waktu dimulainya suatu proses dari setiap *job* yang ada. Contoh hasil penjadwalan mesin produksi pada sub bab 3.3 ditampilkan dalam bentuk *gant chart* pada Gambar 3.2. *Gantt chart* tersebut menunjukkan waktu start setiap proses pada setiap *job*, durasi pengerjaan keseluruhan *job*, serta urutan pengerjaan *job* yang optimal.



Gambar 3. 2. Gantt chart hasil penjadwalan mesin produksi (contoh)

3.5. Pengambilan Kesimpulan Dan Saran

Pada tahap ini akan dilakukan kesimpulan dari semua tahap yang telah dilakukan. Selanjutnya hal-hal lain yang belum dibahas yang berkaitan dengan penelitian akan diajukan sebagai saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab 4 ini akan dijelaskan mengenai proses pengumpulan data, pengolahan data menggunakan metode *Integer linear programming*, dan analisis dari hasil pengolahan data tersebut.

4.1. Proses Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data yang dibutuhkan dilakukan sebelum proses pengolahan data. Data-data yang dibutuhkan dikumpulkan berdasarkan pengamatan dan keterangan dari bagian produksi. Data yang dikumpulkan antara lain adalah jenis mesin dan jumlah mesin yang digunakan dalam proses produksi komponen knalpot, komponen-komponen knalpot tertentu yang diproduksi oleh PT. X, tahapan proses produksi, dan waktu proses pembuatan masing-masing komponen.

4.1.1. Data Mesin Produksi

Dalam proses produksi, digunakan mesin dengan tipe mesin *press* yang memiliki tonase (daya tekan) tertentu. Berdasarkan daya tekan yang dimiliki, jenis mesin *press* yang digunakan dalam pembuatan komponen knalpot adalah mesin *press* dengan tonase 150 ton, 100 ton, 80 ton, 63 ton, 40 ton, dan 25 ton. Masing-masing mesin *press* tersebut digunakan secara khusus untuk tahapan proses tertentu. Pada Tabel 4.1. di bawah ini dapat dilihat rincian data mesin yang digunakan untuk proses produksi. Mesin yang berjumlah lebih dari satu seperti mesin *press* 40 ton, untuk memudahkan penomoran maka ditambahkan huruf setelah nomor mesinnya.

Tabel 4. 1. Jenis Mesin Yang Digunakan Dalam Produksi Komponen Knalpot

Mesin Produksi		
Nomor	Tipe Mesin	Kegunaan Mesin
1	Mesin <i>press</i> 150 Ton	Mesin untuk <i>blanking</i>
2	Mesin <i>press</i> 100 Ton	Mesin untuk <i>embossing</i> dan <i>extrusion</i>
3	Mesin <i>press</i> 80 Ton	Mesin untuk <i>forming</i>
4	Mesin <i>press</i> 63 Ton	Mesin untuk <i>punching</i>
5a	Mesin <i>press</i> 40 Ton	Mesin untuk <i>trimming</i>
5b	Mesin <i>press</i> 40 Ton	
6	Mesin <i>press</i> 25 Ton	Mesin untuk <i>restrike</i> dan <i>sloting</i>

4.1.2. Data *Job* Yang Dikerjakan

Job yang dikerjakan adalah produksi komponen knalpot yaitu beberapa tipe komponen penghubung pipa knalpot, komponen *support* (penyangga), serta komponen penyaring pada pipa knalpot. Komponen-komponen tersebut adalah sekelompok *job* yang harus dikerjakan dan dipasok kepada mitra perusahaan dalam jumlah minimal tertentu sesuai dengan desain yang telah disepakati sebelumnya. Untuk memberikan gambaran mengenai komponen yang diproduksi, maka berikut ini dijelaskan fungsi masing-masing komponen.

1. Front Flange

Front flange adalah komponen yang berfungsi sebagai penghubung *exhaust manifold* dengan kepala silinder. *Exhaust manifold* adalah bagian pertama yang menempel pada kendaraan. Front flange ditunjukkan oleh Gambar 4.1.



Gambar 4. 1. Front Flange

2. *Exhaust Cover*

Exhaust cover adalah komponen knalpot yang berfungsi untuk melindungi badan mobil dari suhu panas yang dikeluarkan oleh knalpot. Gambar 4.2 menunjukkan *exhaust cover* yang diproduksi oleh PT. X.



Gambar 4. 2. Exhaust Cover

3. *Bracket*

Bracket adalah salah satu komponen *support*. Komponen *support* pada knalpot berfungsi sebagai penyangga knalpot ke badan kendaraan. *Bracket* ditunjukkan pada Gambar 4.3. di bawah ini.



Gambar 4. 3. Bracket

4. *Middle Flange*

Sama halnya dengan tipe *flange* yang sebelumnya, *middle flange* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.4 juga berfungsi untuk menghubungkan pipa-pipa knalpot, hanya saja *middle flange* memiliki bentuk yang sedikit berbeda dengan *front flange* dan berfungsi menghubungkan pipa bagian tengah knalpot.



Gambar 4. 4. Middle Flange

5. *End Flange*

End flange termasuk salah satu jenis *flange* yang biasanya digunakan sebagai penghubung pipa yang terletak pada bagian belakang knalpot. Gambar 4.5 menunjukkan *end flange* yang telah diproduksi. Setiap jenis *flange* memiliki tahapan proses dan spesifikasi yang berbeda walaupun sekilas bentuknya tampak serupa.



Gambar 4. 5. End flange

6. *Separator*

Komponen ini adalah komponen knalpot yang berfungsi untuk menyaring gas buang hasil pembakaran. Selain itu *separator* juga berfungsi untuk meredam suara gas buang. *Separator* ditunjukkan pada Gambar 4.6. di bawah ini.



Gambar 4. 6. Separator

7. *Outer Pipe*

Outer Pipe adalah komponen yang berada pada ujung pipa knalpot tempat keluarnya asap kendaraan bermotor. *Outer pipe* ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7. Outer Pipe

4.1.3. Data Kegunaan Mesin

Dalam proses produksi komponen knalpot, setiap *job* terdiri dari beberapa proses yang harus dilewati sehingga menghasilkan satu buah komponen. *Job* yang satu dengan *job* yang lain mungkin terdiri dari proses-proses yang berbeda. Setiap tahapan proses membutuhkan tipe mesin press dengan tonase tertentu agar hasil yang diperoleh sesuai dengan desain yang telah disepakati. Misalnya untuk proses blanking pada pembuatan komponen knalpot di PT. X membutuhkan mesin press dengan tonase 150 ton. Begitu pula dengan proses-proses yang lain juga membutuhkan tipe mesin press yang berbeda. Data mesin dan kegunaannya ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2. Data Kegunaan Mesin

Tipe Mesin	Kegunaan Mesin
Mesin press 150 Ton	Mesin untuk proses blanking
Mesin press 100 Ton	Mesin untuk proses embossing dan extrusion
Mesin press 80 Ton	Mesin untuk proses forming
Mesin press 63 Ton	Mesin untuk proses punching
Mesin press 40 Ton	Mesin untuk proses trimming
Mesin press 40 Ton	
Mesin press 25 Ton	Mesin untuk proses restrrike dan sloting

4.1.4. Data Urutan Proses Pengerjaan *Job*

Setiap *job* yang dikerjakan, memiliki panjang proses yang berbeda-beda. Pengerjaan suatu *job* harus dilakukan sesuai dengan urutan prosesnya masing-masing. Proses pertama harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum masuk ke proses selanjutnya, begitu pula seterusnya sampai proses terakhir.

Pada urutan proses pengerjaan *job* tertentu, proses-proses yang berbeda terkadang membutuhkan tipe mesin yang sama. Contohnya pada Tabel 4.2 di atas dapat dilihat proses *embossing* dan *extrusion* sama-sama membutuhkan mesin press 100 ton. Oleh karena itu, pada *job* tertentu mungkin terjadi penggunaan mesin yang sama lebih dari satu kali.

Data urutan proses pengerjaan *job* yang ada dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4.

Tabel 4. 3. Tabel Urutan Proses

No. Order	Job	Proses					
		Proses 1	Proses 2	Proses 3	Proses 4	Proses 5	Proses 6
1	Front Flange	Blanking	Embossing	Punching I	Trimming	Forming	Punching II
		Mesin 1	Mesin 2	Mesin 4	Mesin 5a atau 5b	Mesin 3	Mesin 4
2	Cover	Embossing	Trimming	Restrike			
		Mesin 2	Mesin 5a atau 5b	Mesin 6			
3	Bracket (Support)	Blanking	Forming	Trimming	Punching I		
		Mesin 1	Mesin 3	Mesin 5a atau 5b	Mesin 4		
4	Middle Flange	Embossing	Punching I	Forming	Punching II		
		Mesin 2	Mesin 4	Mesin 3	Mesin 4		
5	End Flange	Blanking	Forming	Extrusion	Punching		
		Mesin 1	Mesin 3	Mesin 2	Mesin 4		
6	Separator	Blanking	Forming	Punching	Extrusion I		
		Mesin 1	Mesin 3	Mesin 4	Mesin 2		
7	Outer Pipe	Blanking	Forming				
		Mesin 1	Mesin 3				

Tabel 4. 4. Keterangan Mesin Pada Urutan Proses

Keterangan Mesin			
Mesin 1	Mesin untuk <i>blanking</i>	4	Mesin untuk <i>punching</i>
Mesin 2	Mesin untuk <i>embossing</i> dan <i>extrusion</i>	5a	Mesin untuk <i>trimming</i>
Mesin 3	Mesin untuk <i>forming</i>	5b	Mesin untuk <i>trimming</i>
Mesin 6	Mesin untuk <i>restrike</i> dan <i>sloting</i>		

4.1.5. Data Waktu Proses

Berikut ini adalah data waktu di setiap tahapan proses pada masing-masing *job*. Waktu proses dalam pengerjaan *job-job* ini terdiri dari waktu *setup* dan waktu pembuatan komponen pada mesin press.

Berdasarkan keterangan bagian produksi, mitra mengharapkan PT. X dapat memasok 50.000 buah komponen untuk setiap *job* yang ada. Total waktu proses per 50.000 pada setiap tahapan serta waktu *setup* setiap proses pada masing-masing *job* dapat dilihat pada Tabel 4.5. Waktu proses didapatkan berdasarkan pengamatan bersama bagian produksi pada saat proses produksi. Pengamatan dilakukan selama 30 kali untuk setiap tahapan proses yang ada, sehingga didapatkan rata-rata waktu prosesnya.

Tabel 4. 5. Data Waktu Proses Untuk 50.000 Komponen Setiap Job

Job		Proses					
		1	2	3	4	5	6
1	Urutan	Mesin 1	Mesin 2	Mesin 4	Mesin 5a atau 5b	Mesin 3	Mesin 4
	waktu proses (detik)	3	3,3	4,2	2,5	2,7	2,8
	total waktu proses (menit)	2500	2750	3500	2083	2250	2333
	Waktu Set up (menit)	33,5	32,6	37,4	41,2	35,3	33,8
2	Urutan	Mesin 2	Mesin 5a atau 5b	Mesin 6			
	waktu proses (detik)	4,2	3,2	3,3			
	total waktu proses (menit)	3500	2667	2750			
	Waktu Set up (menit)	32,6	41,2	38,4			
3	Urutan	Mesin 1	Mesin 3	Mesin 5a atau 5b	Mesin 4		
	waktu proses (detik)	4,3	3,6	2,7	3,4		
	total waktu proses (menit)	3583	3000	2250	2833		
	Waktu Set up (menit)	35,3	33,8	42,6	38,5		
4	Urutan	Mesin 2	Mesin 4	Mesin 3	Mesin 4		
	waktu proses (detik)	3,5	3,8	4,2	3,2		
	total waktu proses (menit)	2917	3167	3500	2667		
	Waktu Set up (menit)	43,7	30,4	31,7	40,8		
5	Urutan	Mesin 1	Mesin 3	Mesin 2	Mesin 4		
	waktu proses (detik)	3,6	2,7	3,2	3,3		
	total waktu proses (menit)	3000	2250	2666,667	2750		
	Waktu Set up (menit)	31,7	40,8	35,3	33,8		
6	Urutan	Mesin 1	Mesin 3	Mesin 4	Mesin 2		
	waktu proses (detik)	3,2	3,3	4,3	3,6		
	total waktu proses (menit)	2667	2750	3583	3000		
	Waktu Set up (menit)	32,6	37,5	41,5	35,7		
7	Urutan	Mesin 1	Mesin 3				
	waktu proses (detik)	3,5	3,7				
	total waktu proses (menit)	2917	3083				
	Waktu Set up (menit)	37,8	42,7				

4.2. Optimasi Penjadwalan *Job*

Optimasi penjadwalan *job* dalam penelitian ini dilakukan dengan mengimplementasikan model matematis ke dalam persoalan pembuatan komponen knalpot. Dari model matematis yang dikembangkan akan dihasilkan penjadwalan *job-job* yang lebih optimal dibandingkan yang saat ini digunakan oleh perusahaan.

Penjadwalan *job* yang optimal didapatkan dari urutan penempatan *job* pada mesin produksi dan waktu tunggu penempatan *job* yang meminimalkan waktu penyelesaian seluruh *job*. Waktu tunggu penempatan *job* pada mesin produksi dapat diminimalkan dengan menyesuaikan frekuensi penggantian *dies* dan *punch*. Contohnya apabila ingin dibuat 1000 unit masing-masing untuk komponen 1 dan komponen 2, maka jika dilakukan 1 kali penggantian *dies* dan *punch*, maka 1000 komponen 1 harus diselesaikan seluruhnya sebelum 1000 komponen 2 bisa diproses. Akan tetapi jika dilakukan 2 kali penggantian *dies* dan *punch*, maka dapat diselesaikan 500 komponen 1 terlebih dahulu, kemudian komponen 2 segera diproses. Dengan begitu waktu tunggu *job* kedua menjadi lebih pendek. Namun apabila penggantian *dies* dan *punch* sering dilakukan, maka waktu total penyelesaian seluruh *job* akan bisa menjadi lebih besar karena banyaknya kehilangan waktu karena seringnya *setting-up*. Untuk itu harus dicari keseimbangan antara waktu tunggu proses yang menggunakan mesin yang sama, dan waktu *setting-up* karena penggantian *dies* dan *punch*. Penjadwalan *job* yang optimal akan mampu meminimalkan waktu total penyelesaian seluruh *job*. Dengan begitu, *job-job* dapat diselesaikan lebih cepat, sehingga perusahaan dapat memasok komponen knalpot sesuai waktu yang diharapkan.

4.3. Analisis Hasil

Untuk mencari hasil penjadwalan yang optimal dari model matematika ini, digunakan program lingo. Solusi yang diharapkan dari penelitian ini adalah yang menghasilkan fungsi tujuan yang optimal. Hasil penjadwalan *job* menggunakan program lingo dengan beberapa skenario penggantian *dies* dan *punch* dapat dilihat pada Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.6 menunjukkan waktu penyelesaian seluruh *job* (K) dengan frekuensi penggantian *dies* dan *punch* yang berbeda-beda (P) serta nilai *makespan* dari

keseluruhan proses produksi (nilai). *Makespan* keseluruhan proses produksi dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Nilai} = K + (p-1) \times ((\sum_1^l W_{ikn}) + (\sum t_{ikn} \times T))$$

Pada formula di atas dapat nilai adalah *makespan* keseluruhan produksi yaitu setelah 1 *batch dies* dan *punch* diganti kemudian proses diulang hingga selesai seluruhnya. Notasi *p* adalah faktor untuk melihat berapa kali penggantian *dies* dan *punch*. W_{ikn} adalah waktu *setup* pada *job* *i* proses *k* di mesin *n*. t_{ikn} adalah waktu proses pada *job* *i* proses *k* mesin *n* sedangkan *T* adalah banyaknya produk yang dibuat dalam 1 *batch*.

K nomor 1, 24.052 menit adalah waktu penyelesaian *job* pembuatan 50.000 komponen dengan 1 kali penggantian *dies* dan *punch*. Sedangkan *K* nomor 2 dan 3 berturut-turut adalah waktu penyelesaian *job* pembuatan 50.000 komponen dengan 2 kali dan 5 kali penggantian *dies* dan *punch*. Pada *K* nomor 1, waktu tunggu penempatan *job* menjadi lebih panjang karena setiap proses harus menyelesaikan 50.000 komponen terlebih dahulu sebelum *job* yang lain dapat dikerjakan. Sedangkan pada *K* nomor 2 dan 3 waktu tunggu penempatan *job* menjadi lebih pendek karena setiap proses hanya perlu menyelesaikan 25.000 dan 10.000 komponen saja sebelum *job* yang lain dikerjakan. Akan tetapi, Pada tabel 4.6 dapat dilihat bahwa semakin sering dilakukan penggantian *dies* dan *punch* maka *makespan* keseluruhan *job* juga menjadi lebih panjang; hal ini terkait dengan waktu *setting-up* yang relatif panjang dibandingkan dengan waktu proses masing-masing komponen yang dengan demikian optimasi waktu lebih mengarah pada penggantian *dies* dan *punch* yang lebih jarang. Dengan demikian ditetapkan bahwa produksi akan dilakukan dengan *batch* sebesar 50.000 unit dengan 1 kali penggantian *dies* dan *punch*.

Tabel 4. 6. Waktu Penyelesaian Seluruh Job Hasil Optimasi

No	K (menit)	P	Nilai (menit)
1	24.052	1	24.052
2	12.177	2	51.627
3	5.052	5	70.553

4.4. Formulasi Matematis

Formulasi matematis untuk optimasi penjadwalan *job* berikut ini menggunakan metode *Integer linear programming* yang diimplementasikan pada program lingo. Model matematis berikut ini ditulis dengan satu kali penggantian *dies* dan *punch* untuk produksi sebanyak 50.000 unit. Formulasi matematis yang menunjukkan fungsi tujuan dan fungsi-fungsi kendala adalah sebagai berikut:

1. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan dari penelitian ini adalah untuk meminimalkan waktu penyelesaian seluruh *job* yang ada. Variabel waktu penyelesaian seluruh *job* dinotasikan dengan (K). Waktu penyelesaian seluruh *job* didefinisikan sebagai waktu *start* pada proses terakhir ditambah dengan waktu prosesnya. Jika dituliskan secara matematis pada program komputer, persamaan fungsi tujuan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Min} &= K && i = 1, \dots, 8 \\ K &\geq x_{iko} + t_{iko} && k \in A = (1, \dots, 6) \\ &&& o \in B = (1, \dots, 7) \end{aligned}$$

$$K \geq X164 + (33.8 + 2333)$$

$$K \geq X236 + (38.4 + 2750)$$

$$K \geq X344 + (38.5 + 2833)$$

$$K \geq X444 + (40.8 + 2667)$$

$$K \geq X544 + (33.8 + 2750)$$

$$K \geq X642 + (35.7 + 3000)$$

$$K \geq X723 + (42.7 + 3083)$$

2. Kendala Urutan Pengerjaan *Job*

Berikut ini adalah contoh penulisan formulasi matematika pada kendala urutan pengerjaan *job* 1. Formulasi selengkapnya pada setiap *job* dapat dilihat pada lampiran 1, halaman 41.

$$\begin{aligned} X_{ikn} + t_{ikn} &\leq X_{iko} && i (1, \dots, 7) \\ &&& k \in A (1, \dots, 6) \\ &&& n, o \in B (1, \dots, 7) \end{aligned}$$

$$X111 + (33.5+2500) \leq X122 + 100000*Y1$$

$$X122 + (32.6+2750) \leq X134 + 100000*Y1$$

$$X134 + (37.4+3500) \leq X145a + 100000*Y1$$

$$\begin{aligned}
X_{145a} + (41.2+2083) &\leq X_{153} + 100000*Y_1 \\
X_{153} + (35.3+2250) &\leq X_{164} + 100000*Y_1 \\
X_{111} + (33.5+2500) &\leq X_{122} + 100000*Y_2 \\
X_{122} + (32.6+2750) &\leq X_{134} + 100000*Y_2 \\
X_{134} + (37.4+3500) &\leq X_{145b} + 100000*Y_2 \\
X_{145b} + (41.2+2083) &\leq X_{153} + 100000*Y_2 \\
X_{153} + (35.3+2250) &\leq X_{164} + 100000*Y_2 \\
Y_1+Y_2 &= 1
\end{aligned}$$

3. Kendala Pengerjaan *Job* Pada Mesin Yang Sama

Berikut ini adalah contoh penulisan formulasi matematika untuk kendala pengerjaan *job* pada mesin yang sama, untuk konflik yang terjadi pada *job* 1. Formulasi selengkapnya untuk setiap *job* dapat dilihat pada lampiran 1, halaman 43.

$$\begin{aligned}
X_{ikn} + t_{ikn} &\leq X_{jkn} + M.Y_{ijn} && i \in (1, \dots, 7) \\
&&& k \in A(1, \dots, 6) \\
X_{jkn} + t_{jkn} &\leq X_{ikn} + M.(1 - Y_{ijn}) && n, o \in B(1, \dots, 7)
\end{aligned}$$

Konflik *job*1 proses 1 dan *job*7 proses 1 di mesin 1

$$\begin{aligned}
X_{111} + (33.5+2500) &\leq X_{711} + 100000*Y_{171} \\
X_{711} + (37.8+2917) &\leq X_{111} + 100000*(1-Y_{171})
\end{aligned}$$

Konflik *job*1 proses 5 dan *job* 7 proses 2 di mesin3

$$\begin{aligned}
X_{153} + (35.3+2250) &\leq X_{723} + 100000*Y_{173} \\
X_{723} + (42.7 + 3083) &\leq X_{153} + 100000*(1-Y_{173})
\end{aligned}$$

Konflik *job*1 dan *job* 6 di mesin 1

$$\begin{aligned}
X_{111} + (33.5+2500) &\leq X_{611} + 100000*Y_{161} \\
X_{611} + (32.6+2667) &\leq X_{111} + 100000*(1-Y_{161})
\end{aligned}$$

Konflik *job*1 dan *job* 6 di mesin 2

$$\begin{aligned}
X_{122} + (32.6+2750) &\leq X_{642} + 100000*Y_{162} \\
X_{642} + (35.7 + 3000) &\leq X_{122} + 100000*(1-Y_{162})
\end{aligned}$$

Konflik *job1* dan *job 6* di mesin 3

$$X153 + (35.3+2250) \leq X623 + 100000*Y163$$

$$X623 + (37.5+2750) \leq X153 + 100000*(1-Y163)$$

Konflik *job1* proses 3 dan *job 6* proses 3 di mesin 4

$$X134 + (37.4+3500) \leq X634 + 100000*Y16a4$$

$$X634 + (41.5+3583) \leq X134 + 100000*(1-Y16a4)$$

Konflik *job1* proses 6 dan *job 6* proses 3 di mesin 4

$$X164 + (33.8+2333) \leq X634 + 100000*Y16b4$$

$$X634 + (41.5+3583) \leq X164 + 100000*(1-Y16b4)$$

4.4.1. Penjadwalan *Job* Menggunakan Metode Perusahaan

Metode yang digunakan perusahaan dalam hal penjadwalan *job* pada mesin produksi saat ini dilakukan dengan memperkirakan lama proses dari masing-masing *job* dan kurang memperhatikan waktu dan urutan penempatan *job* pada mesin produksi. Pada Tabel 4.7 ditunjukkan waktu penyelesaian *job* hasil penjadwalan yang dilakukan perusahaan saat ini. *Job* dengan waktu proses yang pendek cenderung lebih dahulu dikerjakan.

Metode penjadwalan saat ini masih belum dapat mengoptimalkan proses produksi, sehingga perusahaan belum mampu memenuhi harapan dari mitra. Pasokan yang dilakukan masih melebihi waktu yang diharapkan atau jumlah yang dipasok kurang memenuhi kebutuhan yang ada.

Tabel 4. 7. Penjadwalan Job Dengan Metode Perusahaan (menit)

Job	Total waktu proses	Waktu penyelesaian
7	6081	6081
2	9253	15334
5	10808	26142
3	11817	37959
6	12147	50106
4	12397	62503
1	15630	78133

4.4.2. Penjadwalan job Hasil Optimasi

Hasil pemodelan dari penelitian ini menghasilkan hasil yang lebih optimal, karena hasil perhitungan dengan menggunakan metode *integer programming* ini mempertimbangkan kendala yang ada seperti konflik pengerjaan *job* pada mesin yang sama dan waktu tunggu. Selain itu hasil optimasi menghasilkan urutan penempatan *job* yang meminimalkan waktu penyelesaian seluruh *job*. Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 menampilkan *gant chart* yang membandingkan penjadwalan *job* dari hasil dan penjadwalan menggunakan metode perusahaan.

Hasil optimasi memberikan penjadwalan yang lebih optimal dengan waktu penyelesaian seluruh *job* yang lebih baik dari metode yang digunakan perusahaan saat ini, sehingga perusahaan akan mampu memenuhi harapan dari mitra perusahaan yaitu memasok 50.000 buah komponen untuk setiap tipenya dengan waktu penyelesaian selama 24.052 menit atau 29 hari dari yang sebelumnya selama 78.113 menit atau 84 hari.

BAB V

PENUTUP

Pada bab ini dituliskan kesimpulan dari penelitian ini dan saran untuk perusahaan agar dapat mengoptimalkan penjadwalan *job-job* pada mesin produksi yang dimiliki.

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis pada bab sebelumnya, kesimpulan yang terkait dengan hasil optimasi dari pemodelan menggunakan *integer programming* untuk penjadwalan *job-job* pada mesin produksi di PT. X dapat diperoleh. Penyelesaian pemodelan yang telah dilakukan menghasilkan beberapa keuntungan sebagai berikut:

1. Hasil optimasi penjadwalan *job-job* pada mesin produksi dalam penelitian ini mampu memberikan urutan penempatan *job* dan waktu tunggu yang meminimalkan waktu penyelesaian seluruh *job*.
2. Waktu penyelesaian seluruh *job* yang dihasilkan lebih baik dibandingkan metode yang digunakan perusahaan saat ini yaitu dari semula selama 84 hari menjadi 29 hari, sehingga perusahaan dapat memenuhi harapan mitra dalam memasok komponen yang dibutuhkan.

5.2. Saran

Dalam mencapai hasil yang lebih baik, terdapat dua saran yang dapat diberikan untuk perusahaan dan penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Saran untuk perusahaan adalah untuk mendapatkan penjadwalan yang lebih optimal, sebaiknya perusahaan memperhatikan urutan penempatan *job* pada setiap proses produksi sehingga didapatkan waktu tunggu dan penyelesaian seluruh *job* yang optimal.
2. Untuk penelitian selanjutnya, optimasi penjadwalan *job* dapat diarahkan untuk *job-job* dengan prioritas tertentu serta waktu kedatangan yang berbeda-beda.

Daftar Pustaka

- Aucky Wibisono, F. X. (2013). Optimasi pengadaan bahan baku segar di PT X. dengan metode linear programming. *prosiding seminar nasional manajemen teknologi XVII*, (hal. A-14-1).
- Gass, S. I. (2003). *Linear Programming, Method And Application*. Dover Publication, Inc, New York, USA.
- Ginting, R. (2009). Ir. Dalam R. Ginting, *penjadwalan mesin* (hal. 1). Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Heizer, J., & Render, B. (2011). *Operation Management*. Pearson, New Jersey, USA.
- Warta Ekspor (2014). *Perkembangan Komponen Otomotif Di Indonesia*, Kementerian Perdagangan, Jakarta.
- Lieberman, G. J., & Frederick S, H. (2010). *Introduction To Operation Research*. McGraw-hill. New York, USA.
- Mulyono, M. f. (2012). Optimasi perencanaan produksi cat di PT. XYZ dengan metode mixed integer programmin. *Prosiding seminar nasional manajemen teknologi XVI*, (hal. A-33-1).
- Sari, A. P. (2012). Optimasi penugasan guru pada kegiatan pembelajaran di SMKN 2 Surabaya dengan menggunakan integer programming. *Prosiding seminar nasional manajemen teknologi XVI*, (hal. A-27-1).

LAMPIRAN I

Model matematis pada program lingo.

Min= K;

$K \geq X164 + (33.8 + 2333);$

$K \geq X236 + (38.4 + 2750);$

$K \geq X344 + (38.5 + 2833);$

$K \geq X444 + (40.8 + 2667);$

$K \geq X544 + (33.8 + 2750);$

$K \geq X642 + (35.7 + 3000);$

$K \geq X723 + (42.7 + 3083);$

!job1;

$X111 + (33.5+2500) \leq X122 + 100000*Y1;$

$X122 + (32.6+2750) \leq X134 + 100000*Y1;$

$X134 + (37.4+3500) \leq X145a + 100000*Y1;$

$X145a + (41.2+2083) \leq X153 + 100000*Y1;$

$X153 + (35.3+2250) \leq X164 + 100000*Y1;$

$X111 + (33.5+2500) \leq X122 + 100000*Y2;$

$X122 + (32.6+2750) \leq X134 + 100000*Y2;$

$X134 + (37.4+3500) \leq X145b + 100000*Y2;$

$X145b + (41.2+2083) \leq X153 + 100000*Y2;$

$X153 + (35.3+2250) \leq X164 + 100000*Y2$

@Bin(Y1); @Bin(Y2);

$Y1+Y2=1;$

!job2;

$X212 + (32.6+3500) \leq X225a + 100000*Y3;$

$X225a + (41.2+2667) \leq X236 + 100000*Y3;$

$X212 + (32.6+3500) \leq X225b + 100000*Y4;$

$X225b + (41.2+2667) \leq X236 + 100000*Y4;$

@Bin(Y3); @Bin(Y4);

Y3+Y4=1;

!job3;

$X311 + (35.3+3583) \leq X323 + 100000*Y5;$

$X323 + (33.8+3000) \leq X335a + 100000*Y5;$

$X335a + (42.6+2250) \leq X344 + 100000*Y5;$

$X311 + (35.3+3583) \leq X323 + 100000*Y6;$

$X323 + (33.8+3000) \leq X335b + 100000*Y6;$

$X335b + (42.6+2250) \leq X344 + 100000*Y6;$

@Bin(Y5); @Bin(Y6);

Y5+Y6=1;

!job4;

$X412 + (43.7+2917) \leq X424;$

$X424 + (30.4+3167) \leq X433;$

$X433 + (31.7+3500) \leq X444;$

!job5;

$X511 + (31.7+3000) \leq X523;$

$X523 + (40.8+2250) \leq X532;$

$X532 + (35.3+2667) \leq X544;$

!job6;

$X611 + (32.6+2667) \leq X623;$

$X623 + (37.5+2750) \leq X634;$

$X634 + (41.5+3583) \leq X642;$

!job7;

$X711 + (37.8+2917) \leq X723;$

!konflik job1 proses 1 dan job7 proses 1 di mesin 1;
 $X_{111} + (33.5+2500) \leq X_{711} + 100000*Y_{171};$
 $X_{711} + (37.8+2917) \leq X_{111} + 100000*(1-Y_{171});$

!konflik job1 proses 5 dan job 7 proses 2 di mesin3;
 $X_{153} + (35.3+2250) \leq X_{723} + 100000*Y_{173};$
 $X_{723} + (42.7 + 3083) \leq X_{153} + 100000*(1-Y_{173});$

!konflik job3 proses 1 dan job7 proses 1 di mesin 1;
 $X_{311} + (35.3+3583) \leq X_{711} + 100000*Y_{371};$
 $X_{711} + (37.8+2917) \leq X_{311} + 100000*(1-Y_{371});$

!konflik job3 proses 2 dan job 7 proses 2 di mesin3;
 $X_{323} + (33.8+3000) \leq X_{723} + 100000*Y_{373};$
 $X_{723} + (42.7+3083) \leq X_{323} + 100000*(1-Y_{373});$

!konflik job4 proses 3 dan job 7 proses 2 di mesin3;
 $X_{433} + (31.7+3500) \leq X_{723} + 100000*Y_{473};$
 $X_{723} + (42.7+3083) \leq X_{433} + 100000*(1-Y_{473});$

!konflik job5 proses 2 dan job 7 proses 2 di mesin3;
 $X_{523} + (40.8+2250) \leq X_{723} + 100000*Y_{573};$
 $X_{723} + (42.7+3083) \leq X_{523} + 100000*(1-Y_{573});$

!konflik job5 proses 1 dan job 7 proses 1 di mesin 1;
 $X_{511} + (31.7+3000) \leq X_{711} + 100000*Y_{571};$
 $X_{711} + (37.8+2917) \leq X_{511} + 100000*(1-Y_{571});$

!konflik job6 proses 1 dan job7 proses 1 di mesin1;

$$X611 + (32.6+2667) \leq X711 + 100000*Y671;$$

$$X711 + (37.8+2917) \leq X611 + 100000*(1-Y671);$$

!konflik job6 proses 2 dan job 7 proses 2 di mesin3;

$$X623 + (37.5+2750) \leq X723 + 100000*Y673;$$

$$X723 + (42.7+3083) \leq X623 + 100000*(1-Y673);$$

!konflik job1 dan job6 di mesin 1;

$$X111 + (33.5+2500) \leq X611 + 100000*Y161;$$

$$X611 + (32.6+2667) \leq X111 + 100000*(1-Y161);$$

!konflik job1 dan job6 di mesin 2;

$$X122 + (32.6+2750) \leq X642 + 100000*Y162;$$

$$X642 + (35.7+3000) \leq X122 + 100000*(1-Y162);$$

!konflik job1 dan job6 di mesin 3;

$$X153 + (35.3+2250) \leq X623 + 100000*Y163;$$

$$X623 + (37.5+2750) \leq X153 + 100000*(1-Y163);$$

!konflik job1 proses 3 dan job6 proses 3 di mesin 4;

$$X134 + (37.4+3500) \leq X634 + 100000*Y16a4;$$

$$X634 + (41.5+3583) \leq X134 + 100000*(1-Y16a4);$$

!konflik job1 proses 6 dan job6 proses 3 di mesin 4;

$$X164 + (33.8+2333) \leq X634 + 100000*Y16b4;$$

$$X634 + (41.5+3583) \leq X164 + 100000*(1-Y16b4);$$

!konflik job2 dan job6 di mesin 2;

$$X212 + (32.6+3500) \leq X642 + 100000*Y262;$$

$$X642 + (35.7+3000) \leq X212 + 100000*(1-Y262);$$

!konflik job3 dan job6 di mesin 1;

$$X311 + (35.3+3583) \leq X611 + 100000*Y361;$$

$$X611 + (32.6+2667) \leq X311 + 100000*(1-Y361);$$

!konflik job3 dan job6 di mesin 3;

$$X323 + (33.8+3000) \leq X623 + 100000*Y363;$$

$$X623 + (37.5+2750) \leq X323 + 100000*(1-Y363);$$

!konflik job3 dan job6 di mesin 4;

$$X344 + (38.5+2833) \leq X634 + 100000*Y364;$$

$$X634 + (41.5+3583) \leq X344 + 100000*(1-Y364);$$

!konflik job4 dan job6 di mesin 2;

$$X412 + (43.7+2917) \leq X642 + 100000*Y462;$$

$$X642 + (35.7 + 3000) \leq X412 + 100000*(1-Y462);$$

!konflik job4 dan job6 di mesin 3;

$$X433 + (31.7+3500) \leq X623 + 100000*Y463;$$

$$X623 + (37.5+2750) \leq X433 + 100000*(1-Y463);$$

!konflik job4 proses 2 dan job6 proses 3 di mesin 4;

$$X424 + (30.4+3167) \leq X634 + 100000*Y46a4;$$

$$X634 + (41.5+3583) \leq X424 + 100000*(1-Y46a4);$$

!konflik job4 proses 4 dan job6 proses 3 di mesin 4;

$$X444 + (40.8+2667) \leq X634 + 100000*Y46b4;$$

$$X634 + (41.5+3583) \leq X444 + 100000*(1-Y46b4);$$

!konflik job5 dan job6 di mesin 1;

$$X511 + (31.7+3000) \leq X611 + 100000*Y561;$$

$$X611 + (32.6+2667) \leq X511 + 100000*(1-Y561);$$

!konflik job5 dan job6 di mesin 2;

$$X532 + (35.3+2667) \leq X642 + 100000*Y562;$$

$$X642 + (35.7+3000) \leq X532 + 100000*(1-Y562);$$

!konflik job5 dan job6 di mesin 3;

$$X523 + (40.8+2250) \leq X623 + 100000*Y563;$$

$$X623 + (37.5+2750) \leq X523 + 100000*(1-Y563);$$

!konflik job5 dan job6 di mesin 4;

$$X544 + (33.8+2750) \leq X634 + 100000*Y564;$$

$$X634 + (41.5+3583) \leq X544 + 100000*(1-Y564);$$

!konflik job1 dan job5 di mesin 1;

$$X111 + (33.5+2500) \leq X511 + 100000*Y151;$$

$$X511 + (31.7+3000) \leq X111 + 100000*(1-Y151);$$

!konflik job1 dan job5 di mesin 2;

$$X122 + (32.6+2750) \leq X532 + 100000*Y152;$$

$$X532 + (35.3+2667) \leq X122 + 100000*(1-Y152);$$

!konflik job1 dan job5 di mesin 3;

$$X153 + (35.3+2250) \leq X523 + 100000*Y153;$$

$$X523 + (40.8+2250) \leq X153 + 100000*(1-Y153);$$

!konflik job1 proses 3 dan job5 proses 4 di mesin 4;

$$X134 + (37.4+3500) \leq X544 + 100000*Y15a4;$$

$$X544 + (33.8+2750) \leq X134 + 100000*(1-Y15a4);$$

!konflik job1 proses 6 dan job5 proses 4 di mesin 4;

$$X164 + (33.8+2333) \leq X544 + 100000*Y15b4;$$

$$X544 + (33.8+2750) \leq X164 + 100000*(1-Y15b4);$$

!konflik job2 dan job5 di mesin 2;

$$X212 + (32.6+3500) \leq X532 + 100000*Y252;$$

$$X532 + (35.3+2667) \leq X212 + 100000*(1-Y252);$$

!konflik job3 dan job5 di mesin 1;

$$X311 + (35.3+3583) \leq X511 + 100000*Y351;$$

$$X511 + (31.7+3000) \leq X311 + 100000*(1-Y351);$$

!konflik job5 dan job3 di mesin 3;

$$X323 + (33.8+3000) \leq X523 + 100000*Y353;$$

$$X523 + (40.8+2250) \leq X323 + 100000*(1-Y353);$$

!konflik job3 dan job5 di mesin 4;

$$X344 + (38.5+2833) \leq X544 + 100000*Y354;$$

$$X544 + (33.8+2750) \leq X344 + 100000*(1-Y354);$$

!konflik job4 dan job5 di mesin 2;

$$X412 + (43.7+2917) \leq X532 + 100000*Y452;$$

$$X532 + (35.3+2667) \leq X412 + 100000*(1-Y452);$$

!konflik job4 dan job5 di mesin 3;

$$X433 + (31.7+3500) \leq X523 + 100000*Y453;$$

$$X523 + (40.8+2250) \leq X433 + 100000*(1-Y453);$$

!konflik job4 proses 2 dan job5 proses 4 di mesin 4;

$$X424 + (30.4+3167) \leq X544 + 100000*Y45a4;$$

$$X544 + (33.8+2750) \leq X424 + 100000*(1-Y45a4);$$

!konflik job4 proses 4 dan job5 proses 4 di mesin 4;

$$X444 + (40.8 + 2667) \leq X544 + 100000*Y45b4;$$

$$X544 + (33.8 + 2750) \leq X444 + 100000*(1-Y45b4);$$

!konflik job1 dan job4 di mesin 2;

$$X122 + (32.6+2750) \leq X412 + 100000*Y142;$$

$$X412 + (43.7+2917) \leq X122 + 100000*(1-Y142);$$

!konflik job1 dan job4 di mesin 3;

$$\begin{aligned} X153 + (35.3+2250) &\leq X433 + 100000*Y143; \\ X433 + (31.7+3500) &\leq X153 + 100000*(1-Y143); \end{aligned}$$

!konflik job1 proses 3 dan job4 proses 2 di mesin 4;

$$\begin{aligned} X134 + (37.4+3500) &\leq X424 + 100000*Y144; \\ X424 + (30.4+3167) &\leq X134 + 100000*(1-Y144); \end{aligned}$$

!konflik job1 proses 6 dan job4 proses 2 di mesin 4;

$$\begin{aligned} X164 + (33.8+2333) &\leq X424 + 100000*Y1464; \\ X424 + (30.4+3167) &\leq X164 + 100000*(1-Y1464); \end{aligned}$$

!konflik job1 proses 3 dan job4 proses 4 di mesin 4;

$$\begin{aligned} X134 + (37.4+3500) &\leq X444 + 100000*Y1444; \\ X444 + (40.8+2667) &\leq X134 + 100000*(1-Y1444); \end{aligned}$$

!konflik job1 proses 6 dan job4 proses 4 di mesin 4;

$$\begin{aligned} X164 + (33.8+2333) &\leq X444 + 100000*Y1424; \\ X444 + (40.8+2667) &\leq X164 + 100000*(1-Y1424); \end{aligned}$$

!konflik job2 dan job4 di mesin 2;

$$\begin{aligned} X212 + (32.6+3500) &\leq X412 + 100000*Y242; \\ X412 + (43.7+2917) &\leq X212 + 100000*(1-Y242); \end{aligned}$$

!konflik job3 dan job 4 di mesin 3;

$$\begin{aligned} X323 + (33.8+3000) &\leq X433 + 100000*Y343; \\ X433 + (31.7+3500) &\leq X323 + 100000*(1-Y343); \end{aligned}$$

!konflik job3 proses 4 dan job4 proses 2 di mesin 4;

$$\begin{aligned} X344 + (38.5+2833) &\leq X424 + 100000*Y34a4; \\ X424 + (30.4+3167) &\leq X344 + 100000*(1-Y34a4); \end{aligned}$$

!konflik job3 proses 4 dan job4 proses 4 di mesin 4;

$$\begin{aligned} X344 + (38.5+2833) &\leq X444 + 100000*Y34b4; \\ X444 + (40.8 + 2667) &\leq X344 + 100000*(1-Y34b4); \end{aligned}$$

!konflik job1 dan job2 di mesin 2;

$$X122 + (32.6+2750) \leq X212 + 100000*Y122;$$

$$X212 + (32.6+3500) \leq X122 + 100000*(1-Y122);$$

!konflik job1 dan job2 di mesin 5a;

$$X145a + (41.2+2083) \leq X225a + 100000*Y125a;$$

$$X225a + (41.2+2667) \leq X145a + 100000*(1-Y125a);$$

!konflik job1 dan job2 di mesin 5b;

$$X145b + (41.2+2083) \leq X225b + 100000*Y125b;$$

$$X225b + (41.2+2667) \leq X145b + 100000*(1-Y125b);$$

!konflik job1 dan job3 di mesin 1;

$$X111 + (33.5+2500) \leq X311 + 100000*Y131;$$

$$X311 + (35.3+3583) \leq X111 + 100000*(1-Y131);$$

!konflik job1 dan job3 di mesin 3;

$$X153 + (35.3+2250) \leq X323 + 100000*Y133;$$

$$X323 + (33.8+3000) \leq X153 + 100000*(1-Y133);$$

!konflik job1 dan job3 di mesin 5a;

$$X145a + (41.2+2083) \leq X335a + 100000*Y135a;$$

$$X335a + (42.6+2250) \leq X145a + 100000*(1-Y135a);$$

!konflik job1 dan job3 di mesin 5b;

$$X145b + (41.2+2083) \leq X335b + 100000*Y135b;$$

$$X335b + (42.6+2250) \leq X145b + 100000*(1-Y135b);$$

!konflik job1 proses 3 dan job3 proses 4 di mesin 4;

$$X134 + (37.4+3500) \leq X344 + 100000*Y13a4;$$

$$X344 + (38.5+2833) \leq X134 + 100000*(1-Y13a4);$$

!konflik job1 proses 6 dan job3 proses 4 di mesin 4;
 $X_{164} + (33.8+2333) \leq X_{344} + 100000*Y_{13b4}$;
 $X_{344} + (38.5+2833) \leq X_{164} + 100000*(1-Y_{13b4})$;

!konflik job2dan job3 di mesin 5a;
 $X_{225a} + (41.2+2667) \leq X_{335a} + 100000*Y_{235a}$;
 $X_{335a} + (42.6+2250) \leq X_{225a} + 100000*(1-Y_{235a})$;

!konflik job2dan job3 di mesin 5b;
 $X_{225b} + (41.2+2667) \leq X_{335b} + 100000*Y_{235b}$;
 $X_{335b} + (42.6+2250) \leq X_{225b} + 100000*(1-Y_{235b})$;
@Gin(X111); @Gin(X122); @Gin(X134); @Gin(X145a); @Gin(X145b); @Gin(X153);
@Gin(X164);
@Gin(X212); @Gin(X225a); @Gin(X225b); @Gin(X236);
@Gin(X311); @Gin(X323); @Gin(X335a); @Gin(X335b); @Gin(X344);
@Gin(X412); @Gin(X424); @Gin(X433); @Gin(X444);
@Gin(X511); @Gin(X523); @Gin(X532); @Gin(X544);
@Gin(X611); @Gin(X623); @Gin(X642); @Gin(X634);
@Gin(X711); @Gin(X723);

@Bin(Y122); @Bin(Y125a); @Bin(Y125b);
@Bin(Y131); @Bin(Y133); @Bin(Y135a); @Bin(Y135b); @Bin(Y13a4); @Bin(Y13b4);
@Bin(Y235a); @Bin(Y235b);
@Bin(Y142); @Bin(Y143); @Bin(Y144); @Bin(Y1464); @Bin(Y1444); @Bin(Y1424);
@Bin(Y242); @Bin(Y343); @Bin(Y34a4); @Bin(Y34b4);
@Bin(Y151); @Bin(Y152); @Bin(Y153); @Bin(Y15a4); @Bin(Y15b4);
@Bin(Y252); @Bin(Y351); @Bin(Y353); @Bin(Y354);
@Bin(Y452); @Bin(Y453); @Bin(Y45a4); @Bin(Y45b4);
@Bin(Y161); @Bin(Y162); @Bin(Y163); @Bin(Y16a4); @Bin(Y16b4);
@Bin(Y262); @Bin(Y361); @Bin(Y363); @Bin(Y364);
@Bin(Y462); @Bin(Y463); @Bin(Y46a4); @Bin(Y46b4);
@Bin(Y561); @Bin(Y562); @Bin(Y563); @Bin(Y564);
@Bin(Y17a3); @Bin(Y173); @Bin(Y373); @Bin(Y473);
@Bin(Y573); @Bin(Y673); @Bin(Y171); @Bin(Y371); @Bin(Y571); @Bin(Y671);

Biografi Penulis

Penulis dilahirkan di Surabaya pada 23 Januari 1990.



Penulis menempuh pendidikan formal di SD Muhammadiyah 2 Pontianak , SDN Banjarbaru Utara 1, SMPN 1 Banjarbaru, SMA Negeri 1 Banjarbaru(RSBI), dan SMAN 5 Surabaya(RSBI). Pada tahun 2012, penulis lulus S1 dari Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, ITS Surabaya. Kemudian penulis melanjutkan studi magisternya di Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi , Departemen Manajemen Teknologi dengan bidang keahlian Manajemen Industri ITS Surabaya. Tesis yang dipilih penulis adalah persoalan yang berkaitan dengan optimasi penjadwalan job dalam industri otomotif.