

29 304/H/07



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

RTMT
608.53
600
p-1
2007

TESIS - MM. 2403

**PENJADWALAN PRODUKSI
UNTUK PROSES PRODUKSI BUKU PAD
DENGAN INTEGER PROGRAMMING**

WILLIAM GOENARDI
NRP. 9104 201 307

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

**PROGRAM MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI
PROGRAM PASCASARJANA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2007**

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	28 - 2 - 2007
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	228021

PENJADWALAN PRODUKSI UNTUK PROSES PRODUKSI BUKU PAD DENGAN INTEGER PROGRAMMING

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

Oleh :

**WILLIAM GOENARDI
NRP. 9104 201 307**

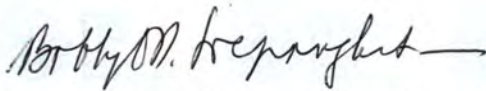
Disetujui oleh Tim Penguji Tesis :

**Tanggal Ujian : 2 Februari 2007
Periode Wisuda : Maret 2007**



1. Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc.

(Pembimbing)

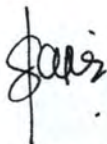


2. Ir. Bobby Oedy Soepangkat, M.Sc., Ph.D. (Penguji)



3. Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph.D.


(Penguji) Direktur Program Pascasarjana



4. Vita Ratnasari, S.Si., M.Si.



**(Penguji) Prof. Ir. Happy Ratna S., M.Sc., Ph.D.
NIP. 130 541 829**



KATA PENGANTAR



KATA PENGANTAR

Dengan segenap puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat dan karunia yang telah dicurahkan-Nya, saya dapat menyelesaikan Tesis dengan judul :

**PENJADWALAN PRODUKSI
UNTUK PROSES PRODUKSI BUKU PAD
DENGAN INTEGER PROGRAMMING**

Tujuan dari penyusunan Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata-2 (S-2) Magister Manajemen Teknologi (M.MT.) dari Program Pascasarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS), Program Studi Magister Manajemen Teknologi, bidang keahlian Manajemen Industri.

Banyak sekali tantangan dan hambatan yang saya hadapi selama menyusun Tesis ini, tetapi semuanya dapat saya lalui dengan pertolongan rahmat Tuhan serta bimbingan dari dosen pembimbing dan bantuan dari pihak-pihak lain. Maka dari itu, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Keluargaku tercinta yang telah banyak memberikan dukungan dan doanya; mama (Tania), papa (Go King Hwie), koko (Jimmy), adik (Clarissa), dan Go King Tjiok.
2. Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc. selaku dosen pembimbing Tesis.
3. Prof. Ir. Happy Ratna S., M.Sc., Ph.D. selaku Direktur Program Pascasarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.



4. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc.; Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc.; Nurhadi Siswanto, ST., MSIE; beserta seluruh staf pengelola MMT-ITS.
5. Para dosen pengajar di program studi MMT-ITS.
6. Teman-teman saya atas bantuan dan doanya.
7. Semua pihak yang telah terlibat dalam pembuatan Tesis ini, yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Kami menyadari bahwa Tesis ini masih jauh dari sempurna, untuk itu saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tesis ini. Akhir kata semoga Tesis ini dapat memberi manfaat bagi pembaca.

Surabaya, 12 Februari 2007

William Goenardi

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized figure inside, followed by the letters 'ITS' and the full name of the institution in Indonesian: 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember'. The logos are arranged in a grid-like fashion across the entire page.

ABSTRAK



PENJADWALAN PRODUKSI UNTUK PROSES PRODUKSI BUKU PAD DENGAN INTEGER PROGRAMMING

Nama Mahasiswa : William Goenardi
NRP : 9104.201.307
Pembimbing : Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc.

ABSTRAK

Dalam penelitian mengenai penjadwalan produksi ini, diambil contoh kasus dari PT. "X", sebuah perusahaan yang berskala global dan bergerak di bidang industri kertas dan produk turunan kertas. Permasalahan yang diangkat yaitu mengenai penjadwalan produksi untuk sistem produksi *job order* dan dilakukan secara *batch*, dimana terdapat urutan proses produksi dan terdapat beberapa mesin yang dapat mengerjakan suatu order tertentu. Penjadwalan produksi tersebut bertujuan untuk mengurangi waktu tunggu (*idle time*) produksi.

Dari permasalahan tersebut, akan dibuat suatu model matematis yang berupa pemrograman linier integer (*integer linear programming*). Model matematis ini terdiri atas fungsi tujuan untuk meminimalkan total waktu penyelesaian (*completion time*) semua *order*. Selain itu terdapat empat fungsi kendala, yang meliputi : kendala ketepatan waktu pengiriman, kendala hubungan pendahuluan, kendala konflik *order-order* di pusat kerja Mesin Pad, dan kendala alternatif pemilihan Mesin Pad. Model matematis tersebut selanjutnya diselesaikan dengan menggunakan *software* komputer.

Dari 5 Mesin Pad dan 9 order yang diujicobakan untuk diselesaikan menggunakan program tersebut, ternyata didapatkan solusi yang optimal, dimana jadwal produksi memberikan waktu penyelesaian paling cepat dengan *idle time* karena *set up* mesin hanya 28 jam, serta terpenuhinya semua kendala yang diminta. Sementara penugasan mesin-mesin pad adalah sebagai berikut:

Mesin Pad	Order
Mesin Pad 2	31 – 21
Mesin Pad 3	22
Mesin Pad 5	14 – 11
Mesin Pad 6	13 – 12
Mesin Pad 7	41 – 32

Kata Kunci : penjadwalan produksi, integer, linier



DAFTAR ISI

PRODUCTION SCHEDULING FOR PRODUCTION PROCESS OF PAD BOOK WITH INTEGER PROGRAMMING

By : William Goenardi
Reg.No. : 9104.201.307
Supervisor : Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc.

ABSTRACT

On this research of production scheduling, the case sample is taken from PT. 'X', a global company that moves in the paper industry and paper derivative product. The problem that should be solved is the production scheduling for production system of job order, in which it is done by using batch way – a sequential production process and machines that could operate a certain order. This production scheduling has an aim to reduce the idle time of production.

Of those above problem, it will make a mathematic model that called integer linear programming. This mathematic model consists of the function of objective to minimize the completion time of all orders. Besides that, there are four obstacles function: the obstacle in on-time delivery, the obstacle in previous relationship, orders conflict at work-central Pad machine, and the obstacle in alternative selection of Pad machine. This mathematic model will finished by using computer software.

Of 5 Pad machines and 9 orders that tested by using this program, there is an optimal solution, in which the production scheduling will give a faster finishing time with idle time, because the set up of machine only takes 28 hours, and all obstacle could be met. The following is the task of pad machines:

Pad Machine	Order
Pad 2 Machine	31-21
Pad 3 Machine	22
Pad 5 Machine	14-11
Pad 6 Machine	13-12
Pad 7 Machine	41-32

Keyword: Production Scheduling, Integer, Linear



ABSTRACT



DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Kata Pengantar	iii
Abstak	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	ix
Bab I Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan dan Manfaat	3
Bab II Tinjauan Pustaka	4
2.1. Penjadwalan Produksi	4
2.2. Manajemen Ilmiah / Riset Operasi	11
Bab III Metodologi Penelitian	18
3.1. Survey dan Observasi	19
3.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah	19
3.3. Penetapan Tujuan Penelitian	19
3.4. Tinjauan Pustaka	20
3.5. Pembuatan Model Matematis	20
3.6. Pengumpulan Data	26
3.7. Penyelesaian Formulasi	27



Bab IV Hasil dan Pembahasan	28
4.1. Order	28
4.2. Perhitungan	40
4.3. Program	55
4.4. Hasil	58
4.5. Pembahasan	67
Bab V Kesimpulan dan Saran	69
5.1. Kesimpulan	69
5.2. Saran	69
Daftar Pustaka	71
Appendiks A Data	72
Appendiks B Program Komputer	84
Appendiks C Solusi	90

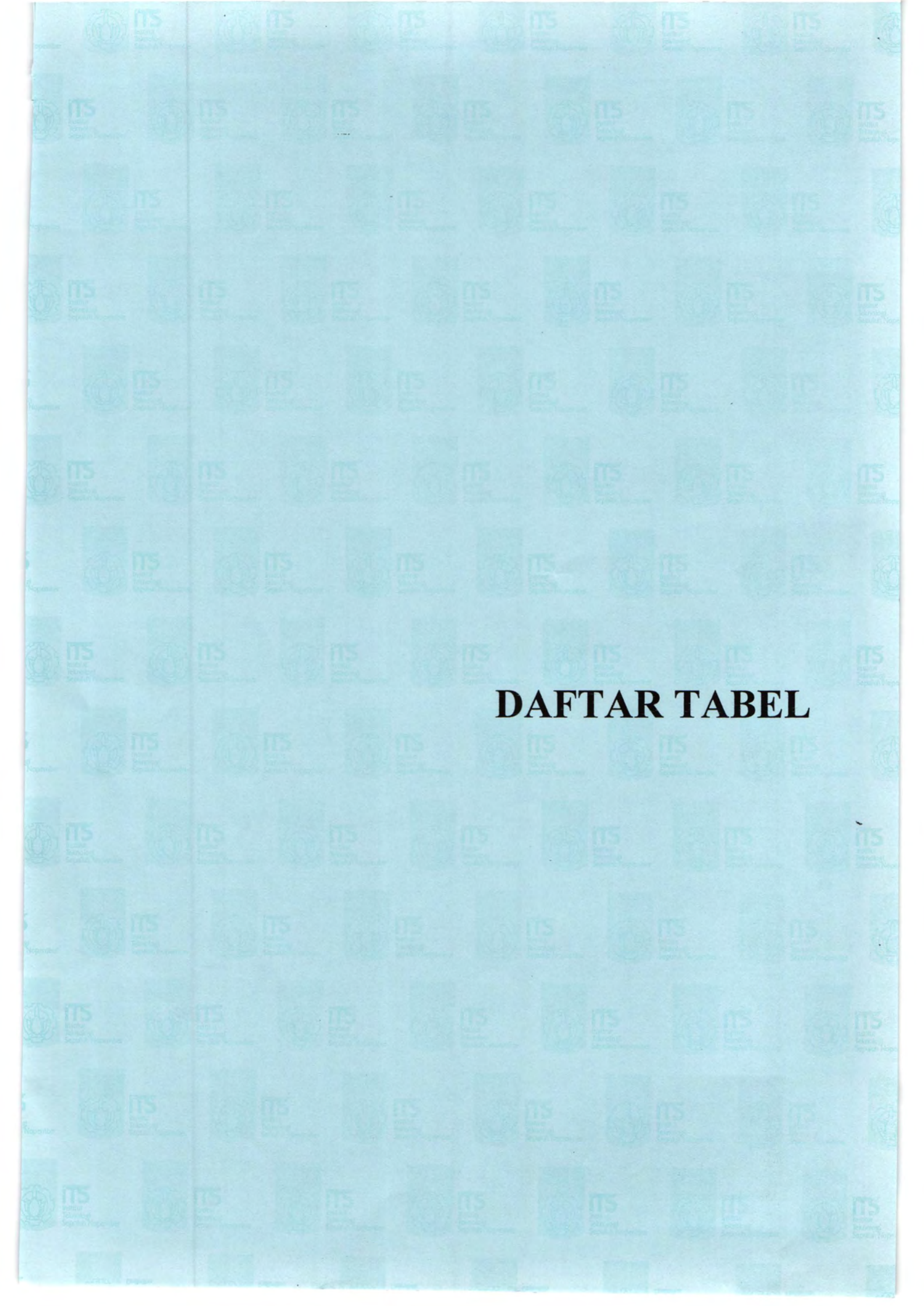


DAFTAR GAMBAR



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Elemen-elemen Sistem Penjadwalan	10
Gambar 2.2. Proses Sains Manajemen	12
Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian	18
Gambar 4.1. Tipe Buku Pad	30

The background of the page is a repeating pattern of the ITS logo, which consists of a circular emblem with a stylized figure and the text 'ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember' around it. This pattern is repeated across the entire page in a light blue color.

DAFTAR TABEL



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Perkiraan Pemanfaatan, Biaya, dan Kebutuhan Lahan (Contoh)	17
Tabel 3.1.	Waktu Pengerjaan <i>Order</i> dan <i>Due Date</i> (Contoh)	24
Tabel 3.2.	Waktu <i>Set Up</i> Mesin (Contoh)	24
Tabel 4.1.	Komponen Buku Pad	32
Tabel 4.2.	Spesifikasi <i>Order</i>	36
Tabel 4.3.	Perhitungan Waktu <i>Running</i> Mesin Pad 2, 3	42
Tabel 4.4.	Perhitungan Waktu <i>Running</i> Mesin Pad 5, 6	43
Tabel 4.5.	Perhitungan Waktu <i>Running</i> Mesin Pad 7	44
Tabel 4.6.	Perhitungan Waktu Proses <i>Finishing</i>	47
Tabel 4.7.	Perhitungan Waktu Proses <i>Packing</i>	49
Tabel 4.8a.	Perhitungan Waktu <i>Set Up</i> Mesin Pad 2 dan 3 (menit)	52
Tabel 4.8b.	Perhitungan Waktu <i>Set Up</i> Mesin Pad 2 dan 3 (jam)	52
Tabel 4.9a.	Perhitungan Waktu <i>Set Up</i> Mesin Pad 5 dan 6 (menit)	53
Tabel 4.9b.	Perhitungan Waktu <i>Set Up</i> Mesin Pad 5 dan 6 (jam)	53
Tabel 4.10a.	Perhitungan Waktu <i>Set Up</i> Mesin Pad 7 (menit)	54
Tabel 4.10b.	Perhitungan Waktu <i>Set Up</i> Mesin Pad 7 (jam)	54
Tabel 4.11.	Hasil Penjadwalan	59
Tabel 4.12.	Matriks Penugasan Mesin Pad	67
Tabel 4.13.	Urutan Pengerjaan <i>Order</i> di Mesin Pad	68
Tabel A.1.	Tipe Pad yang Diproduksi Mesin	72
Tabel A.2.	Kapasitas Mesin Pad 2 dan 3	73



Tabel A.3. Kapasitas Mesin Pad 5 dan 6	76
Tabel A.4. Kapasitas Mesin Pad 7	80
Tabel A.5. Standart Waktu <i>Set Up</i> Mesin	83



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan semakin ketatnya persaingan dunia usaha saat ini, khususnya untuk industri manufaktur yang berskala global, maka setiap perusahaan harus melakukan berbagai langkah inovatif untuk bisa tetap bertahan (*survive*).

Strategi perusahaan dalam mengelola manajemen operasinya sangatlah menentukan daya saing perusahaan tersebut di pasar global. Karena perusahaan yang mengelola manajemen operasinya dengan baik dapat meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kualitas, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kepuasan pelanggan (*customer satisfaction*). Salah satu area dalam manajemen operasi adalah perencanaan produksi (*Production Planning Control – PPC*). Dalam hal ini, PPC harus dapat mendukung kelancaran produksi dengan melakukan penjadwalan produksi yang paling efisien.

PT. “X” adalah perusahaan yang bergerak di bidang industri kertas dan produk kertas. Pada Divisi *Stationery*, PT. “X” memproduksi buku sesuai pesanan (*job order*) untuk diekspor ke berbagai negara di dunia. Perusahaan ini menghadapi persaingan yang berat dari China dan India. Selain harga yang lebih murah, China dan India juga mampu memenuhi order lebih cepat karena secara geografis China dan India lebih dekat dengan sebagian besar negara-negara pelanggan. Oleh karena itu, untuk dapat meningkatkan daya saing PT. “X” terhadap pesaingnya, salah satunya adalah dengan mengurangi waktu tunggu (*lead time*) produksi dengan



melakukan penjadwalan produksi secara tepat. Karena selama ini penjadwalan produksi yang dilakukan hanya terfokus pada terpenuhinya tanggal pengiriman (*due date*), tetapi kurang memperhatikan penugasan mesin dan urutan pengerjaan yang paling efisien.

1.2. Perumusan Masalah

Karena produk diproduksi secara *batch* sesuai permintaan pelanggan (*job order*) dan banyaknya jenis produk yang diproduksi, maka diperlukan penjadwalan produksi yang tepat untuk dapat mengurangi waktu berhenti (*idle time*) mesin yang disebabkan karena waktu *set up* mesin, sehingga dapat mengurangi waktu tunggu (*lead time*), dan pada akhirnya dapat meningkatkan kepuasan pelanggan (*customer satisfaction*).

Masalah pada penelitian ini hanya yang berada pada ruang lingkup sebagai berikut:

1. Produksi yang dijadwalkan hanya di Divisi *Stationery* dan produk *Pad Book* (mulai dari Mesin *Pad – Finishing – Packing*).
2. Penjadwalan produksi hanya untuk pesanan-pesanan yang bisa dikerjakan secara *on-line* di mesin *pad*.

Adapun beberapa asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Selama periode penelitian, mesin dapat berjalan dengan normal (3 shift – nonstop) dan tidak ada mesin yang menjalani perawatan atau perbaikan serta tidak ada hari libur.

2. Tidak ada perubahan tanggal pengiriman dan jumlah pesanan secara mendadak.
3. Tidak ada *overlapping* antara pekerjaan di suatu pusat kerja (*work center*) dengan pusat kerja sebelumnya maupun berikutnya.
4. Bahan baku yang dibutuhkan tersedia dan cukup jumlahnya.
5. Tenaga kerja yang dibutuhkan senantiasa terpenuhi, baik oleh karyawan sendiri maupun oleh tenaga kerja borongan (*outsourcing*).

1.3. Tujuan dan Manfaat

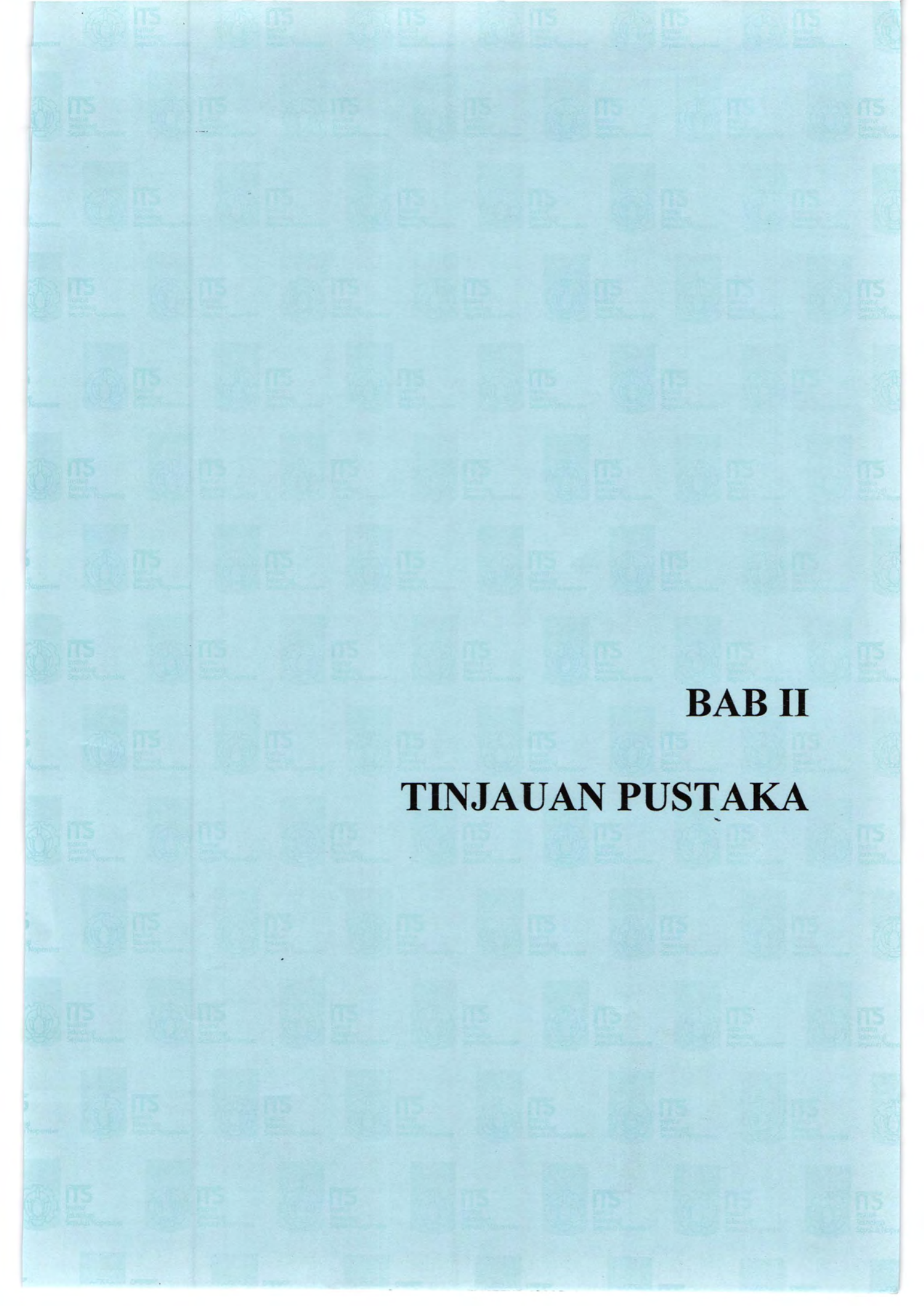
Tujuan penelitian yang ingin dicapai melalui penelitian ini:

1. Menentukan penugasan pekerjaan-pekerjaan di mesin pad, dan jadwal pengerjaan di setiap pusat kerja (*work center*).
2. Meminimalkan waktu berhenti (*idle time*) karena *set up* mesin sebagai akibat dari penjadwalan yang tidak optimal, sehingga dapat mengurangi waktu tunggu (*lead time*) produksi.

Manfaat akan didapat dari penelitian ini:

Untuk meminimalkan waktu berhenti (*idle time*) mesin yang disebabkan karena waktu *set up* mesin sebagai akibat dari penjadwalan yang tidak optimal, sehingga dapat mengurangi waktu tunggu (*lead time*) produksi, dan pada akhirnya dapat meningkatkan kepuasan pelanggan (*customer satisfaction*).





BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penjadwalan Produksi

2.1.1. Gambaran Aktivitas Perencanaan

Dalam industri manufaktur, proses perencanaan dapat didefinisikan sebagai pengendalian produksi dengan memasukkan pesanan-pesanan yang sudah diterima maupun yang masih diramalkan ke dalam jadwal perencanaan induk (*Master Production Schedule – MPS*). *MPS* memberikan detail jumlah dan tanggal dari *item-item* tertentu yang dibutuhkan untuk setiap pesanan. *Rough-Cut Capacity Planning (RCCP)* kemudian memverifikasi ketersediaan fasilitas produksi dan pergudangan, peralatan, dan tenaga kerja serta alokasi kapasitas yang cukup dari penyalur-penyalur utama untuk memenuhi material-material yang dibutuhkan. Perencanaan kebutuhan material (*Material Requirement Planning – MRP*) mengambil produk akhir yang dibutuhkan dari *MPS* dan merincinya menjadi material-material atau komponen-komponen untuk membuat produk akhir tersebut. Perencanaan ini juga menentukan kapan produksi dan pesanan pembelian harus dilakukan untuk masing-masing bagian material supaya dapat menyelesaikan produk sesuai jadwal. Sebagian besar sistem *MRP* juga mengalokasikan kapasitas produksi untuk masing-masing pesanan, sistem ini disebut perencanaan kebutuhan kapasitas (*capacity requirement planning*). Aktivitas akhir dalam perencanaan adalah penjadwalan pesanan secara harian atau

bulanan dari masing-masing pekerjaan dalam mesin-mesin, lini produksi, atau stasiun kerja tertentu (*Chase et al., 2004*).

Penjadwalan produksi induk (*Master Production Scheduling – MPS*) dan perencanaan kebutuhan material (*Material Resources Planning – MRP*) merupakan alat yang membantu manajer produksi dalam merencanakan produksi. Penjadwalan produksi (*scheduling*) melibatkan penentuan urutan menjalankan pekerjaan, dan juga penugasan mesin yang akan digunakan (*Nasution, 2003*).

2.1.2. Tujuan Penjadwalan

Bedworth (1987) seperti dikutip oleh Nasution (2003) mengidentifikasi beberapa tujuan dari aktivitas penjadwalan sebagai berikut:

1. Meningkatkan penggunaan sumber daya (*resource*) atau mengurangi waktu tunggu (*lead time*), sehingga total waktu proses dapat berkurang, dan produktivitas dapat meningkat.
2. Mengurangi persediaan barang setengah jadi (*work in-process*) atau mengurangi sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumber daya yang ada masih mengerjakan tugas yang lain. Teori Baker mengatakan, jika aliran kerja suatu jadwal konstan, maka antrian yang mengurangi rata-rata waktu alir (*flow time*) akan mengurangi rata-rata persediaan barang jadi.
3. Mengurangi keterlambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian (*completion time*), sehingga akan meminimalkan biaya keterlambatan (*penalty cost*).

4. Membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan sehingga penambahan biaya yang mahal dapat dihindarkan (*Nasution 2003*).

2.1.3. Ukuran Keberhasilan

Ukuran keberhasilan dari suatu aktivitas penjadwalan produksi adalah meminimalkan kriteria-kriteria sebagai berikut:

1. Rata-rata waktu alir (*mean flow time*).
2. *Makespan*, yaitu total waktu proses yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kumpulan pekerjaan.
3. Rata-rata keterlambatan (*mean tardiness*).
4. Jumlah pekerjaan yang terlambat.
5. Jumlah mesin yang menganggur.
6. Jumlah persediaan.

Kesemua kriteria keberhasilan penjadwalan tersebut dilandasi keinginan untuk memuaskan konsumen dan efisiensi biaya internal perusahaan (*Nasution, 2003*).

2.1.4. Karakteristik Penjadwalan

Salah satu karakteristik yang membedakan suatu sistem penjadwalan produksi adalah dalam hal kapasitas yang tersedia. Sistem penjadwalan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu pembebanan tak terbatas (*infinite loading*) dan pembebanan terbatas (*finite loading*). Pembebanan tak terbatas terjadi jika suatu pekerjaan yang ditempatkan pada suatu stasiun kerja, secara sederhana didasarkan hanya pada apakah memerlukan lembur atau tidak. Tidak ada pertimbangan langsung apakah



kapasitas yang tersedia pada sumber daya (*resource*) yang dibutuhkan cukup untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Demikian juga tidak dipertimbangkan tahapan aktual dari pekerjaan yang dilakukan oleh masing-masing sumber daya di stasiun kerja. Sedangkan pada pembebanan terbatas, penjadwalan produksi dilakukan secara mendetail di setiap sumber daya yang digunakan untuk waktu pengaturan (*setup time*) dan waktu produksi (*run time*) (*Chase et al., 2004*).

Karakteristik lain yang membedakan sistem penjadwalan adalah apakah penjadwalan dibuat secara maju (*forward*) atau mundur (*backward*). Penjadwalan maju (*forward scheduling*) adalah situasi dimana sistem menerima pesanan barang dan kemudian waktu penjadwalan masing-masing operasi dilakukan secara maju. Penjadwalan maju menunjukkan waktu tercepat suatu pesanan dapat terpenuhi. Sebaliknya, penjadwalan mundur (*backward scheduling*) memulai dari suatu tanggal yang akan datang (mungkin tanggal penyelesaian) dan penjadwalan operasi yang dibutuhkan dilakukan secara mundur. Penjadwalan mundur menunjukkan kapan suatu pekerjaan harus dimulai supaya dapat diselesaikan sebelum tanggal yang diminta (*Chase et al., 2004*).

Secara umum, proses-proses dihubungkan dengan keterbatasan mesin atau keterbatasan tenaga kerja. Dalam proses keterbatasan mesin (*machine-limited process*), peralatan adalah sumber daya kritis yang harus dijadwalkan. Sedangkan dalam proses keterbatasan tenaga kerja (*labor-limited process*), tenaga kerja adalah sumber daya kunci yang harus dijadwalkan (*Chase et al., 2004*).



2.1.5. Jenis Penjadwalan

Jenis penjadwalan produksi yang digunakan akan sangat bergantung pada hal-hal sebagai berikut:

1. Jumlah pekerjaan (*job*) yang akan dijadwalkan.
2. Jumlah mesin yang dapat digunakan.
3. Ukuran dari keberhasilan pelaksanaan penjadwalan.
4. Cara pekerjaan datang: dinamis atau statis.

Cara pekerjaan datang statis adalah bila tidak ada pekerjaan yang datang pada saat jadwal dilaksanakan. Sedangkan cara job datang dinamis adalah bila ada pekerjaan yang datang pada saat jadwal dilaksanakan, sehingga perlu dibuatkan jadwal baru.

5. Jenis aliran proses produksi.

Tipe aliran produksi antara lain: kontinyu, *flow shop*, *job shop* (Nasution, 2003).

2.1.6. Hasil Sistem Penjadwalan

Untuk memastikan bahwa suatu aliran kerja akan lancar melalui tahapan produksi, maka sistem penjadwalan harus membentuk aktivitas-aktivitas sebagai berikut:

a. Pembebanan (*loading*)

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

**b. Pengurutan (*sequencing*)**

Pengurutan ini merupakan penugasan pesanan-pesanan mana yang diprioritaskan untuk diproses dahulu bila suatu fasilitas harus memproses banyak pekerjaan.

c. Prioritas pekerjaan (*dispatching*)

Merupakan prioritas kerja dimana pekerjaan-pekerjaan diseleksi dan diprioritaskan untuk diproses.

d. Pengendalian kinerja penjadwalan, dilakukan dengan:

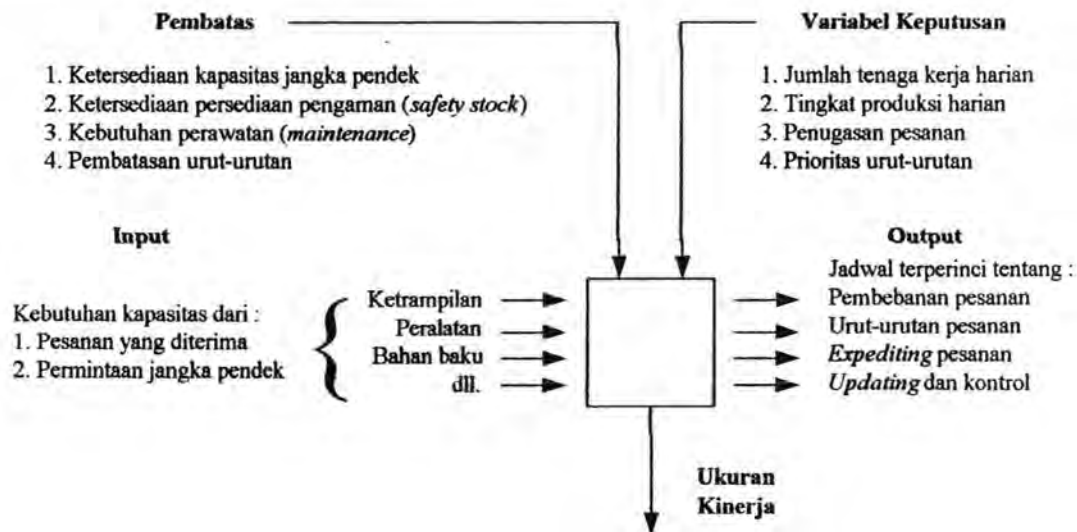
- Meninjau kembali status pesanan-pesanan pada saat memulai sistem tertentu.
- Mengatur kembali urutan, misalnya *expediting* pesanan-pesanan yang jauh di belakang tapi mempunyai prioritas utama.

e. Pembaharuan (*up-dating*) jadwal

Dilakukan sebagai refleksi kondisi operasi yang terjadi dengan merevisi prioritas-prioritas (*Nasution, 2003*).

2.1.7. Elemen-Elemen Sistem Penjadwalan

Penggambaran elemen-elemen sistem penjadwalan secara sistematis ditunjukkan pada Gambar 2.1 (Nasution, 2003).



$$\text{Minimasi} \left(\begin{array}{c} \text{Biaya tetap} \\ \text{Penjadwalan} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Biaya mengganggu} \\ \text{karena rendahnya} \\ \text{utilitas kapasitas} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Biaya karena} \\ \text{pengiriman yang} \\ \text{terlambat} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Biaya karena} \\ \text{penyesuaian} \\ \text{jadwal} \end{array} \right)$$

Gambar 2.1. Elemen-elemen Sistem Penjadwalan

2.1.8. Just-In-Time (JIT)

Dalam lingkungan manufaktur *Just-In-Time (JIT)*, perusahaan membuat rencana produksi hanya apabila produk itu dibutuhkan, menghilangkan pemborosan (*waste*) melalui kelebihan persediaan (meminimalkan persediaan). Terdapat beberapa prinsip dasar *JIT* yang berkaitan dengan perencanaan dan penjadwalan produksi, yaitu:

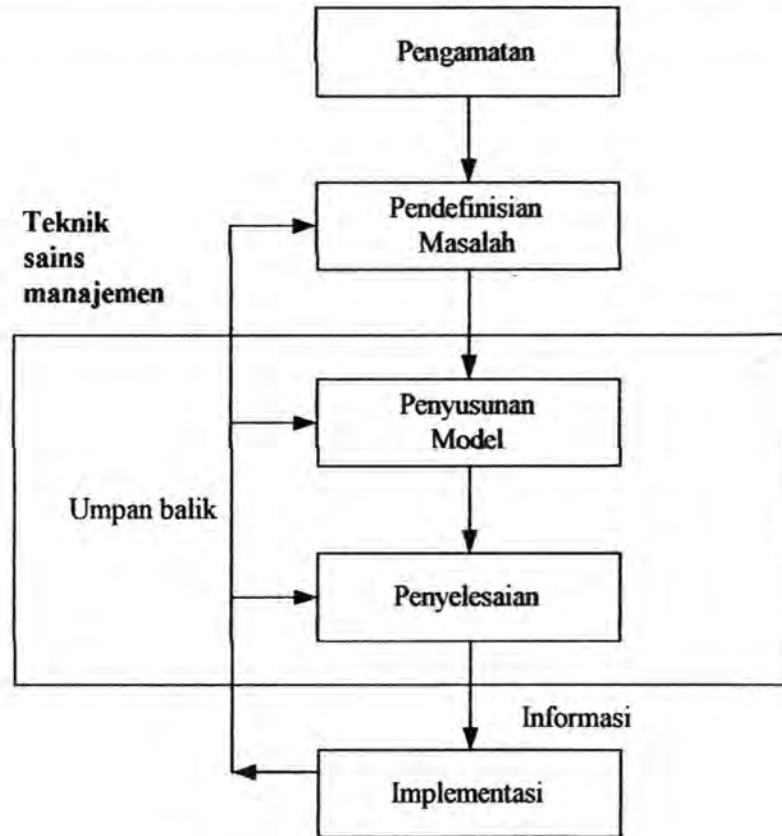
1. Penjadwalan produksi harian secara merata.
2. Minimalisasi persediaan (*inventory*).

3. Fleksibilitas dalam penjadwalan produksi.
4. Sinkronisasi sistem tarik (*pull system*).
5. Fleksibilitas dalam tenaga kerja.
6. Ukuran *lot* produksi yang kecil.
7. Mengijinkan pekerja untuk menentukan aliran produksi.
8. Meningkatkan komunikasi dan pengendalian visual.
9. Selalu berusaha menghilangkan pemborosan (*waste*) secara terus-menerus di semua lini produksi (*production line*) (Gaspersz, 2001).

2.2. Sains Manajemen (*Management Science*)/Riset Operasi (*Operations Research*)

2.2.1. Proses Sains Manajemen

Sains manajemen mencakup suatu logika, pendekatan sistematis terhadap pemecahan masalah (*problem solving*), yang secara paralel dekat dengan metode ilmiah (*scientific method*) untuk memecahkan masalah. Pendekatan ini, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2, secara umum mengikuti langkah-langkah: (1) pengamatan, (2) pendefinisian masalah, (3) penyusunan model, (4) penyelesaian masalah, dan (5) implementasi hasil penyelesaian (Taylor, 1999).



Gambar 2.2. *Proses Sains Manajemen*

Pengamatan

Langkah pertama dari proses sains manajemen adalah pengenalan masalah yang ada dalam sistem (organisasi). Sistem ini harus secara terus-menerus dan secara dekat diamati, sehingga masalahnya dapat diketahui dengan cepat dan segera diantisipasi (Taylor, 1999).

Pendefinisian Masalah

Masalah yang terjadi harus didefinisikan secara jelas dan ringkas. Pendefinisian masalah yang tidak tepat, tidak dapat menghasilkan penyelesaian atau menghasilkan penyelesaian yang tidak tepat. Oleh karena itu, batasan masalah dan seberapa jauh



masalah tersebut mempengaruhi unit lain di organisasi harus dimasukkan dalam pendefinisian masalah (Taylor, 1999).

Penyusunan Model

Model adalah suatu hubungan fungsional, termasuk di dalamnya variabel-variabel, parameter-parameter, dan persamaan-persamaan. Variabel adalah suatu simbol yang digunakan untuk mewakili suatu *item* yang dapat berupa angka atau nilai berapapun. Variabel bebas (*independent variable*) adalah variabel yang nilainya tidak bergantung dari apapun dalam persamaan, sedangkan variabel bergantung (*dependent variable*) adalah variabel yang nilainya bergantung dari variabel bebas. Parameter adalah nilai konstan yang biasanya merupakan koefisien dari variabel dalam suatu persamaan. Nilai dari parameter diperoleh dari data (Taylor, 1999).

Model dalam sains manajemen adalah suatu gambaran yang mewakili situasi masalah yang ada. Model tersebut dapat berupa grafik, tapi lebih sering model ilmiah terdiri dari suatu kumpulan persamaan-persamaan matematis. Persamaan matematis ini disusun dari sejumlah angka-angka dan simbol-simbol. Model tersebut biasanya mengikuti bentuk umum sebagai berikut: (Taylor, 1999)

Maksimalkan atau minimalkan **fungsi tujuan (*objective function*)**

Tunduk pada (*subject to*)

kendala-kendala (*constraints*)

Contoh:

maksimalkan $Z = 40x_1 + 50x_2$ → fungsi tujuan (*objective function*) ... (1)

tunduk pada

$$\begin{aligned} 1x_1 + 2x_2 &\leq 40 \\ 4x_1 + 3x_2 &\leq 40 \\ x_1, x_2 &\geq 0 \end{aligned} \quad \rightarrow \quad \text{kendala (constraints)} \quad \dots(2)$$

Fungsi tujuan (*objective function*) adalah persamaan yang menunjukkan tujuan dari suatu operasi. Kendala (*constraint*) adalah persamaan yang mewakili suatu batasan dalam pengambilan keputusan. Variabel x_1 dan x_2 disebut variabel keputusan (*decision variable*), yaitu simbol matematis yang mewakili tingkat aktivitas (dalam *linear programming*). Langkah selanjutnya dari sains manajemen yaitu menyelesaikan model tersebut untuk menentukan nilai dari variabel keputusan.

Penyelesaian Model

Setelah model selesai dibuat, model diselesaikan menggunakan teknik-teknik sains manajemen. Teknik penyelesaian sains manajemen biasanya diaplikasikan secara spesifik untuk setiap jenis model. Sehingga, model dan metode penyelesaian, keduanya adalah bagian dalam teknik sains manajemen (*Taylor, 1999*).

Penyelesaian model dikatakan *feasible* jika semua kendala telah terpenuhi. Dan dikatakan *optimal*, jika pada keadaan *feasible*, model menghasilkan nilai yang terbaik (maksimal atau minimal) dari fungsi tujuan. Kualitas hasil penyelesaian bergantung pada keakuratan model dalam mewakili sistem yang sebenarnya (*Taha, 2003*).

Implementasi

Langkah terakhir dalam proses sains manajemen untuk penyelesaian masalah adalah implementasi. Implementasi adalah penggunaan langsung dari model untuk

memecahkan masalah. Bagian ini cukup kritis, tapi sering dilupakan dalam proses sains manajemen (Taylor, 1999).

2.2.2. Pemrograman Linier (*Linear Programming*)

Pemrograman Linier (*LP*) digunakan untuk model optimasi dimana fungsi tujuan dan kendala adalah linier. Sifat-sifat dari *LP* adalah sebagai berikut: (Taha, 2003)

1. Proporsionalitas (*proportionality*)

Artinya bahwa kontribusi dari masing-masing variabel keputusan dalam fungsi tujuan dan kendala secara langsung proporsional terhadap nilai dari variabel. Atau dengan kata lain gradien dari garis fungsi tujuan atau kendala adalah konstan.

2. Penambahan (*additivity*)

Artinya bahwa kontribusi total dari semua variabel dalam fungsi tujuan dan kendala adalah sama dengan penjumlahan langsung dari kontribusi individu dari masing-masing variabel.

3. Dapat dibagi (*divisible*)

Artinya bahwa nilai-nilai dari variabel keputusan bersifat kontinu atau dapat dibagi, tidak bulat (*integer*) atau *discrete*.

4. Kepastian (*certainty*)

Artinya bahwa nilai-nilai dari semua parameter model diasumsikan konstan dan diketahui dengan pasti.



Tabel 2.1. *Perkiraan Pemanfaatan, Biaya, dan Kebutuhan Lahan (Contoh)*

Fasilitas Rekreasi	Perkiraan pemanfaatan		Kebutuhan Lahan
	(orang/hari)	Biaya (\$)	(ha)
Kolam renang (x_1)	300	35.000	4
Lapangan tenis (x_2)	90	10.000	2
Lapangan atletik (x_3)	400	25.000	7
Studio senam (x_4)	150	90.000	3
Sumber daya tersedia		120.000	12

Model untuk menyelesaikan persoalan diatas dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\text{maksimalkan } Z = 300x_1 + 90x_2 + 400x_3 + 150x_4 \quad \dots(3)$$

tunduk pada

$$35000x_1 + 10000x_2 + 25000x_3 + 90000x_4 \leq 120000$$

$$4x_1 + 2x_2 + 7x_3 + 3x_4 \leq 12 \quad \dots(4)$$

$$x_1 + x_2 \leq 1$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 = 0 \text{ atau } 1$$

Variabel keputusan diatas (x_1 , x_2 , x_3 , dan x_4) merupakan variable biner 0 – 1, dimana jika:

$x_i = 0$; artinya tidak membangun fasilitas rekreasi i

$x_i = 1$; artinya membangun fasilitas rekreasi i

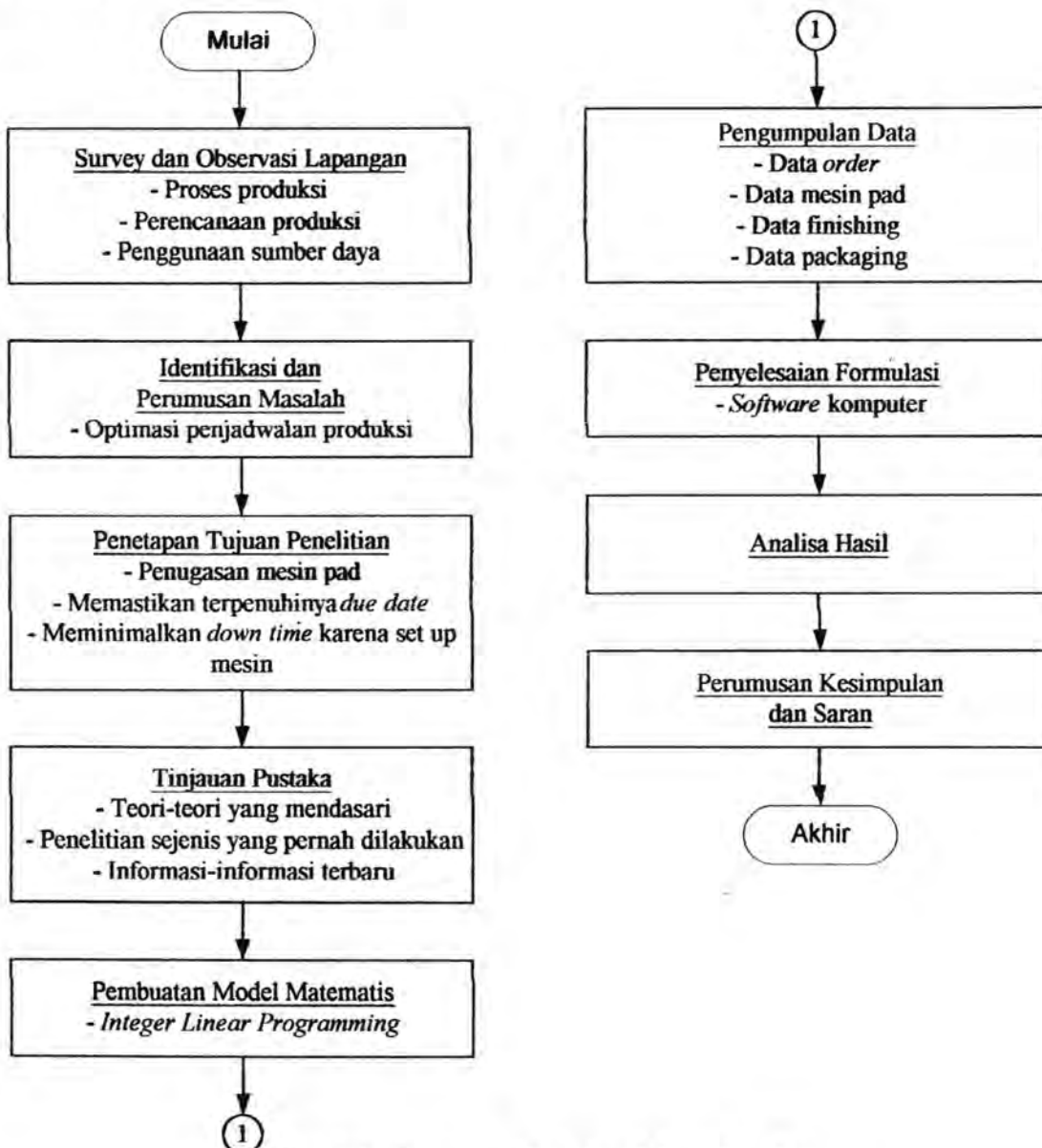
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah pengerjaan karya ilmiah ini secara runtut dapat digambarkan seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.1. Survey dan Observasi

Dalam rangka mencari obyek penelitian, peneliti melakukan survey dan observasi langsung di PT. "X". Adapun area yang diamati meliputi:

1. Proses produksi: proses mesin pad, proses *finishing*, dan proses *packing*.
2. Perencanaan produksi: penjadwalan produksi dan perencanaan kebutuhan material.
3. Penggunaan sumber daya: mesin, manusia, dan waktu.

3.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Dari hasil pengamatan lapangan di PT "X" tersebut, ternyata ditemukan suatu sistem yang masih perlu dilakukan perbaikan, yaitu mengenai penjadwalan produksi. Dimana penjadwalan produksi hanya terfokus pada terpenuhinya tanggal pengiriman (*due date*) yang diminta pelanggan, namun belum memperhitungkan penugasan mesin dan urutan pengerjaan yang paling efisien.

3.3. Penetapan Tujuan Penelitian

Untuk dapat memecahkan persoalan tersebut, maka tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini yaitu:

1. Menentukan penugasan pekerjaan-pekerjaan di mesin pad, dan jadwal pengerjaan di setiap pusat kerja (*work center*).
2. Meminimalkan waktu berhenti (*idle time*) karena *set up* mesin sebagai akibat dari penjadwalan yang tidak optimal, sehingga dapat mengurangi waktu tunggu (*lead time*) produksi.

3.4. Tinjauan Pustaka

Sebelum mulai memecahkan persoalan dalam penelitian ini, peneliti melakukan studi literatur yang berkaitan dengan persoalan diatas. Aktivitas ini antara lain mempelajari teori-teori yang mendasari penelitian, mempelajari penelitian-penelitian sejenis yang pernah dilakukan sebelumnya, dan mencari informasi-informasi terbaru yang berkaitan dengan penelitian ini.

3.5. Pembuatan Model Matematis

Permasalahan diatas dapat diselesaikan dengan menjabarkannya ke dalam suatu model matematis yang berupa pemrograman linier integer (*integer linear programming*).

3.5.1. Variabel Keputusan

Variabel-variabel keputusan dalam model matematis yang akan dibuat, didefinisikan sebagai berikut:

C_i = Waktu penyelesaian order i

T_{ik} = Waktu mulai pengerjaan order i di pusat kerja (*work center*) k

A_{ik} = Variabel keputusan biner, dimana bila:

$A_{ik} = 1$; artinya order i dikerjakan di mesin pad k

$A_{ik} = 0$; artinya order i tidak dikerjakan di mesin pad k

P_{ijk} = Variabel keputusan biner, dimana bila:

$P_{ijk} = 1$; artinya order i dikerjakan terlebih dulu dari order j di mesin pad k

$P_{ijk} = 0$; artinya order j dikerjakan terlebih dulu dari order i di mesin pad k

Dimana *subscript* didefinisikan sebagai berikut:

i: mewakili order ($i = 1, 2, \dots, n$)

j: mewakili order ($j > i$)

k: mewakili pusat kerja ($k = 1, 2, \dots, m$)

3.5.2. Fungsi Tujuan (*Objective Function*)

Fungsi tujuan dari penelitian ini adalah: “*Meminimalkan waktu penyelesaian (completion date) dari pesanan-pesanan (order)*”. Dimana bila dirumuskan secara matematis adalah sebagai berikut:

$$\boxed{\text{Minimalkan } Z = \sum_{i=1}^n C_i} \quad \dots(5)$$

3.5.3. Fungsi Kendala (*Constraints*)

1. Kendala ketepatan waktu pengiriman (*on time delivery*)

Waktu penyelesaian order-order tidak boleh melebihi waktu pengiriman yang diminta customer. Persamaan umum matematisnya:

$$C_i \leq D_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \dots(6)$$

Dimana: D_i = Waktu kirim (*due date*) order *i*

C_i = Waktu penyelesaian (*completion date*) order *i*

2. Kendala hubungan pendahuluan (*precedence relationship*)

Urutan proses produksi tidak boleh dilanggar, yaitu: proses produksi di mesin pad – proses finishing – proses packing. Persamaan umum matematisnya:

$$\begin{aligned} T_{ik} + R_{ik} \times A_{ik} &\leq T_{ip} & i = 1, 2, \dots, n, & \dots(7) \\ & & k \in K; & \\ & & p > k; p \in K & \end{aligned}$$

Dimana: R_{ik} = Waktu pengerjaan (*running time*) order i di pusat kerja k

Contoh:

Misalkan order 21 berupa Pad B. Untuk buku pad jenis ini bisa dikerjakan di mesin Pad 2 atau 3 atau 7 ($k = 2, 3, \text{ dan } 7$), selanjutnya dari mesin pad masuk ke proses finishing ($k = 8$) dan packing ($k = 9$). Persamaan matematisnya menjadi:

$$\begin{aligned} T_{212} + R_{212} \times A_{212} &\leq T_{218} \\ T_{213} + R_{213} \times A_{213} &\leq T_{218} \\ T_{217} + R_{217} \times A_{217} &\leq T_{218} \\ T_{218} + R_{218} &\leq T_{219} \end{aligned} \quad \dots(8)$$

3. Kendala konflik *order-order* pada pusat kerja mesin pad

Tidak boleh ada dua atau lebih order yang dikerjakan di suatu mesin pad pada waktu bersamaan. Oleh karena itu untuk setiap pasang order yang bisa menimbulkan konflik di mesin pad, dibuat fungsi kendala dengan persamaan umum sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T_{ik} + (R_{ik} + S_{ijk}) \times A_{ik} &\leq T_{jk} + M - M \times P_{ijk} & i, j \in I & \dots(9) \\ T_{jk} + (R_{jk} + S_{jik}) \times A_{jk} &\leq T_{ik} + M \times P_{ijk} & k \in K & \end{aligned}$$

Dimana: S_{ijk} = Waktu *set up* mesin dari order i ke j di mesin k

S_{jik} = Waktu *set up* mesin dari order j ke i di mesin k

M = Bilangan positif yang nilainya besar ($M = 1000$)

Contoh:

Order 11, 12, 13 bisa diproduksi di mesin pad 5; maka persamaan diatas menjadi:



- Konflik job 11 dan 12 di mesin pad 5:

$$\begin{aligned} T_{115} + (R_{115} + S_{11125}) \times A_{115} &\leq T_{125} + 1000 - 1000 \times P_{11125} \\ T_{125} + (R_{125} + S_{12115}) \times A_{125} &\leq T_{115} + 1000 \times P_{11125} \end{aligned} \quad \dots(10)$$

- Konflik job 11 dan 13 di mesin pad 5:

$$\begin{aligned} T_{115} + (R_{115} + S_{11135}) \times A_{115} &\leq T_{135} + 1000 - 1000 \times P_{11135} \\ T_{135} + (R_{135} + S_{11135}) \times A_{135} &\leq T_{115} + 1000 \times P_{11135} \end{aligned} \quad \dots(11)$$

- Konflik job 12 dan 13 di mesin pad 5:

$$\begin{aligned} T_{125} + (R_{125} + S_{12135}) \times A_{125} &\leq T_{135} + 1000 - 1000 \times P_{12135} \\ T_{135} + (R_{135} + S_{12135}) \times A_{135} &\leq T_{125} + 1000 \times P_{12135} \end{aligned} \quad \dots(12)$$

4. Kendala alternatif pemilihan mesin pad

Untuk order-order yang bisa diproduksi di beberapa mesin pad, maka harus dipilih salah satu mesin pad untuk mengerjakan order tersebut. Persamaan matematisnya:

$$\sum_{k \in K} A_{ik} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \dots(13)$$

Dimana: k = mesin pad yang bisa memproduksi order i

Contoh:

Order 21 bisa diproduksi di mesin pad 2, 3, dan 7; maka persamaannya menjadi:

$$A_{212} + A_{213} + A_{217} = 1 \quad \dots(14)$$

3.5.4. Contoh Model

Untuk lebih memperjelas model matematis yang telah dijelaskan diatas, berikut akan disajikan contoh model untuk 4 buah *order* dan 3 mesin pad.

Data

Data waktu pengerjaan *order-order* di setiap pusat kerja dan waktu kirim masing-masing *order* dapat dilihat pada Tabel 3.1., sedangkan data waktu *set up* mesin dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1. *Waktu Pengerjaan Order dan Due Date (Contoh)*

Order \ Pusat Kerja	Mesin Pad 1	Mesin Pad 2	Mesin Pad 3	Finishing (4)	Packing (5)	Due Date
1	50	50	–	20	15	100
2	25	25	–	10	5	250
3	–	–	80	20	10	200
4	–	100	50	40	30	300

Tabel 3.2. *Waktu Set Up Mesin (Contoh)*

Dari \ Ke	1	2	3	4
1	–	20	–	20
2	25	–	–	30
3	–	–	–	25
4	20	30	20	–

Fungsi Tujuan

$$\text{Minimalkan } Z = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad \dots(15)$$

Fungsi Kendala

1. Kendala ketepatan waktu pengiriman (*on time delivery*)

$$\begin{aligned}C_1 &\leq 100; & C_1 &= T_{15} + 15 \\C_2 &\leq 250; & C_2 &= T_{25} + 5 \\C_3 &\leq 200; & C_3 &= T_{35} + 10 \\C_4 &\leq 300; & C_4 &= T_{45} + 30\end{aligned}\quad \dots(16)$$

2. Kendala hubungan pendahuluan (*precedence relationship*)

$$\begin{aligned}T_{11} + 50 \times A_{11} &\leq T_{14} \\ \text{Order 1: } T_{12} + 50 \times A_{12} &\leq T_{14} \\ T_{14} + 20 &\leq T_{15}\end{aligned}\quad \dots(17a)$$

$$\begin{aligned}T_{21} + 25 \times A_{21} &\leq T_{24} \\ \text{Order 2: } T_{22} + 25 \times A_{22} &\leq T_{24} \\ T_{24} + 10 &\leq T_{25}\end{aligned}\quad \dots(17b)$$

$$\begin{aligned}T_{31} + 80 &\leq T_{34} \\ \text{Order 3: } T_{34} + 20 &\leq T_{35}\end{aligned}\quad \dots(17c)$$

$$\begin{aligned}T_{41} + 100 \times A_{41} &\leq T_{44} \\ \text{Order 4: } T_{42} + 50 \times A_{42} &\leq T_{44} \\ T_{44} + 40 &\leq T_{45}\end{aligned}\quad \dots(17d)$$

3. Kendala konflik *order-order* pada pusat kerja mesin pad

Konflik order 1 dan 2 di mesin pad 1

$$\begin{aligned}T_{11} + (50 + 20) \times A_{11} &\leq T_{21} + 1000 - 1000 \times P_{121} \\ T_{21} + (25 + 25) \times A_{21} &\leq T_{11} + 1000 \times P_{121}\end{aligned}\quad \dots(18a)$$

Konflik order 1 dan 2 di mesin pad 2

$$\begin{aligned}T_{12} + (50 + 20) \times A_{12} &\leq T_{22} + 1000 - 1000 \times P_{122} \\ T_{22} + (25 + 25) \times A_{22} &\leq T_{12} + 1000 \times P_{122}\end{aligned}\quad \dots(18b)$$

Konflik order 1 dan 4 di mesin pad 2

$$\begin{aligned} T_{12} + (50 + 20) \times A_{12} &\leq T_{42} + 1000 - 1000 \times P_{142} \\ T_{42} + (100 + 20) \times A_{42} &\leq T_{12} + 1000 \times P_{142} \end{aligned} \quad \dots(18c)$$

Konflik order 2 dan 4 di mesin pad 2

$$\begin{aligned} T_{22} + (25 + 30) \times A_{22} &\leq T_{42} + 1000 - 1000 \times P_{242} \\ T_{42} + (100 + 30) \times A_{42} &\leq T_{22} + 1000 \times P_{242} \end{aligned} \quad \dots(18d)$$

Konflik order 3 dan 4 di mesin pad 3

$$\begin{aligned} T_{33} + (80 + 25) \times A_{33} &\leq T_{43} + 1000 - 1000 \times P_{343} \\ T_{43} + (50 + 20) \times A_{43} &\leq T_{33} + 1000 \times P_{343} \end{aligned} \quad \dots(18e)$$

4. Kendala alternatif pemilihan mesin pad

$$\begin{aligned} A_{11} + A_{12} &= 1 \\ A_{21} + A_{22} &= 1 \\ A_{42} + A_{43} &= 1 \end{aligned} \quad \dots(19)$$

3.6. Pengumpulan Data

Untuk bisa menyelesaikan persamaan matematis yang telah dibuat, maka data-data yang diperlukan adalah:

1. Data pesanan; meliputi: jenis produk, spesifikasi produk, jumlah, dan waktu pengiriman (*due date*).
2. Data mesin pad; meliputi: kapabilitas dan kapasitas mesin.
3. Data finishing; meliputi: standar output.
4. Data packing; meliputi: kapasitas mesin shrink.

Dari data-data tersebut, maka variabel bebas (*independent variable*) dapat diketahui. Variabel bebas dalam persamaan tersebut adalah:



1. Waktu pengiriman (D_i)
2. Waktu pengerjaan order (*running time*) (R_i)
3. Waktu *set up* mesin (S_{ijk})

3.7. Penyelesaian Formulasi

Untuk menyelesaikan model matematis yang telah dibuat, digunakan bantuan *software* komputer.



BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. *Order*

4.1.1. Tipe Buku Pad

Buku Pad adalah buku blok yang penggunaannya untuk disobek lembaran-lembarannya (*inner sheet*). Untuk bisa disobek dengan mudah biasanya buku ini dilengkapi dengan perforasi ataupun disobek langsung pada pengikat lembaran-lembarannya yang menggunakan lem. Selain itu buku ini juga dilengkapi dengan komponen-komponen lainnya, seperti *cover*, *backtape*, *hole*, dan sebagainya

Buku pad ada bermacam-macam jenis, tergantung dari bentuk komponen-komponen yang menyusunnya. Tipe buku pad yang diproduksi PT. "X" adalah:

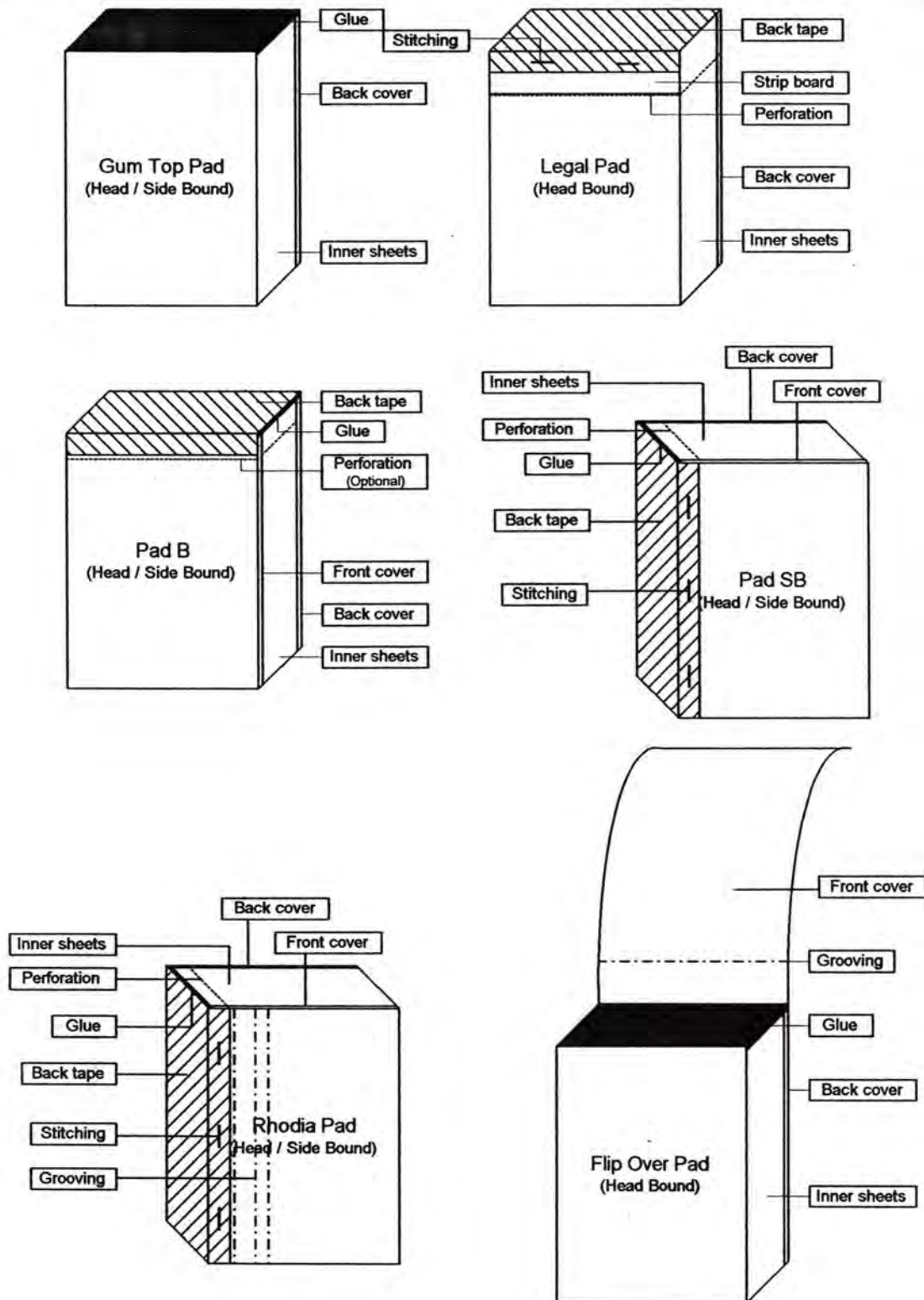
1. Gum Top Pad (GTP)
2. Legal Pad (LP)
3. Pad Banci (PB)
4. Pad Semi Banci (PSB)
5. Rhodia Pad (RDH)
6. Flip Over Pad (FP)

Untuk memberikan gambaran mengenai masing-masing tipe buku pad ini, dapat dilihat Gambar 4.1. Sementara komponen penyusun masing-masing tipe buku pad tersebut dapat ditabelkan pada Tabel 4.1.



Tipe buku yang digambarkan ini yang secara umum diproduksi, namun tidak menutup kemungkinan ditambahkan aksesoris atau modifikasi lain sesuai permintaan pelanggan.

Ada dua macam posisi jilid lembaran-lembaran (*innder sheet*) yaitu pada bagian atas buku (*head bound*) dan bagian samping kiri buku (*side bound*). Penjilidan ini bisa menggunakan lem atau *stictching*, maupun kombinasi keduanya, dan selain itu juga bisa dilengkapi dengan *back tape*, tergantung dari jenis buku pad.



Gambar 4.1. Tipe Buku Pad



4.1.2. Komponen Buku Pad

Komponen-komponen penyusun buku pad meliputi komponen utama yaitu *inner sheet*, *cover* baik *front cover* atau *back cover*; komponen penjilid meliputi lem, *stitching*, dan *back tape*; komponen untuk mempermudah penyobekan *inner sheet* meliputi *perforasi* dan *strip board*; serta komponen tambahan antar lain *hole* dan *grooving*.

Komponen-komponen yang menyusun suatu tipe buku pad berbeda-beda tergantung jenis buku pad, dan dapat dilihat pada Tabel 4.1. Namun untuk *inner sheet* dan *back cover* selalu ada pada semua tipe buku pad.

Tabel 4.1. *Komponen Buku Pad*

Tipe Pad	Inner Sheet	Front Cover	Back Cover	Strip Board	Back Tape	Lem	Stitching	Perforasi	Grooving	Hole*
Gum Top Pad (GTP)	√		√			√				√
Legal Pad (LP)	√		√	√	√		√	√		
Pad Banci (PB)	√	√	√		√	√				√
Pad Semi Banci (PSB)	√	√	√		√	√	√	√		√
Rhodia Pad (RDH)	√	√	√		√	√	√	√	√	√
Flip Over Pad (FP)	√	√**	√		√	√				√

* = Optional

** = Front cover dilipat, menempel pada back cover

Yang dimaksud dengan *inner sheet* adalah lembaran-lembaran buku pad yang nantinya penggunaannya secara umum untuk disobek. Jenis kertas yang digunakan untuk *inner sheet* bisa berupa HVS, maupun kertas daur ulang (*recycle paper*) dan dengan ketebalan kertas (*grammature – gsm*) yang berbeda-beda mulai dari 56 gsm sampai dengan 90 gsm. Yang dimaksud *grammature* adalah berat kertas (gram) per satu meter persegi (m^2). Isi dari *inner sheet* juga bermacam-macam, biasanya mulai dari 40 lembar sampai 200 lembar setipa bukunya.

Front cover adalah pelindung buku bagian depan, biasanya menggunakan kertas jenis *art paper* yang dicetak gambar atau tulisan sesuai permintaan pelanggan dengan menggunakan mesin *offset*. *Back cover* adalah pelindung buku bagian belakang, biasanya menggunakan kertas jenis *chip board*, *duplex*, *box board* atau *manila board*.

Strip board adalah kertas yang tebal (*board*) yang dipotong memanjang dan dipasang pada bagian atas buku *legal pad* dan direkatkan dengan menggunakan *stitching* dan *back tape*. Sisi bawah *strip board* ini tepat segaris dengan perforasi yang fungsinya untuk membantu memudahkan ketika menyobek *inner sheer* pada perforasinya.

Back tape adalah pita punggung buku untuk menutup bagian atas/samping perekatan *inner sheet* yang menggunakan lem atau *stitching*. Selain itu *back tape* juga berfungsi untuk menambah estetika buku.

Lem adalah material yang digunakan untuk merekatkan antar lembaran-lembaran *inner sheet* maupun antar *inner sheet* dengan *cover* buku. Lem yang digunakan ada dua macam, yaitu lem dingin dan lem panas. Lem dingin digunakan di Mesin Pad 2, 3, 7 berupa cairan kental dan bisa langsung digunakan. Sedangkan lem



panas digunakan di Mesin Pad 5, 6 berupa padatan balok yang dalam penggunaannya harus dipanaskan terlebih dahulu sehingga mencair dan bisa diinjeksikan untuk digunakan.

Stitching adalah pengikat berupa kawat yang dilekukan, biasa lazim disebut dengan *staples*. Fungsinya tentunya untuk menjilid buku dengan menyatukan antar *inner sheet-inner sheet* nya maupun antara *inner sheet* dengan *cover*-nya

Perforasi adalah lubang kecil-kecil yang membentuk garis lurus pada *inner sheet*. Fungsinya supaya *inner sheet* bisa disobek, yaitu garis sobekannya tepat pada perforasi.

Grooving adalah alur pada *front cover* Rhodia Pad, yang tujuannya yaitu ketika *front cover* ini dibuka, bisa dilipat dengan mudah ke belakang buku. Garis lipatan *front cover* ini berada tepat pada *grooving*-nya.

Hole adalah lubang pada bagian samping/atas *inner sheet*. Hole ini merupakan aksesoris tambahan jika diminta pelanggan. Fungsi dari *hole* adalah ketika *inner sheet* disobek dan hendak di dimasukkan ke dalam *file binder* maka lubang ini dapat dimasukkan pada pengait *file binder*.



4.1.3. Spesifikasi *Order*

Jumlah *order* yang diambil adalah sebanyak 9 buah. Data-data yang diperlukan dari masing-masing *order* meliputi: tipe buku pad, tanggal pengiriman, jumlah permintaan, ukuran buku, isi *inner sheet*, jenis dan warna ruling dan margin, serta data-data pendukung lainnya. Spesifikasi lengkap kesembilan *order* tersebut disajikan pada Tabel 4.2.

Flip Over Pad (FP) tidak akan diikutkan dalam penelitian ini, karena buku pad jenis ini hanya dapat dikerjakan di Mesin Pad 1, dimana mesin ini tidak dapat mengerjakan keseluruhan buku pad secara *on-line*. Namun Mesin Pad 1 dapat mengerjakan buku pad dengan umpan lembaran-lembaran besar (*large sheet*) yang telah dicetak ruling dan margin sampai menjadi buku pad. Sementara untuk mendapatkan *large sheet* yang telah tercetak ruling dan margin dari kertas gulung (*roll paper*) dilakukan di Mesin Ruling. Karena seperti yang telah disebutkan pada batasan masalah, bahwa penelitian ini hanya dilakukan untuk *order-order* yang bisa dikerjakan secara *on-line* di mesin pad.

Tabel 4.2. *Spesifikasi Order*

No. Order	Type	Customer	Due Date (jam)	Qty (ton) Qty (pcs)	Size (mm ²) Content	Ruling	Margin	Lian-lain
R0308(10) 11	LP	Staples USA	21/01/07 (480)	97,7 2.529.792	127 x 205 50 sheets	TK 1721 (18 SL 11/32") WBK RL Light Blue 01	M 087 WBK RL Red 02	Perforasi: 25 mm Stitching: 2 Pack: 2 pcs
R0308(11) 12	LP	Staples USA	18/01/07 (408)	124,0 1.935.360	216 x 299 50 sheets	TK 1722 (28 SL 11/32") WBK RL Light Blue 01	M 191 WBK RL Red 02	Perforasi: 25 mm Stitching: 2 Pack: 10 pcs
R0304(2) 13	LP	Branbil Korea	11/01/07 (240)	25,8 277.200	210 x 295 50 sheets	TK 066 (32 SL 8) WBK RL Light Blue 01	M 075 WBK RL Red 002	Perforasi: 23 mm Stitching: 2 Pack: 5 pcs
R0304(9) 14	LP	Branbil Korea	10/01/07 (216)	7,92 224.640	127 x 205 40 sheets	TK 054 MDF (24 SL 7) WBK RL Light Blue 01	M 030 WBK RL Red 002	Perforasi: 23 mm Stitching: 2 Pack: 10 pcs
T2972(21) 21	PB	Banaghan Ireland	11/01/07 (240)	9,58 24.048	210 x 295 200 sheets	TK 173 MDF (33 SL 8 mm) WBK RL Grey	M 001 WBK RL Red 02	Hole: 4 Pack: 6 pcs

Tabel 4.2. *Spesifikasi Order (Lanjutan)*

No. Order	Type	Customer	Due Date (jam)	Qty (ton) Qty (pcs)	Size (mm ²) Content	Ruling	Margin	Lian-lain
T3223(1) 22	PB	Kinki Japan	09/01/07 (192)	9,86 80.640	179 x 252 80 sheets	(Plain)	(Plain)	Pack: 4 pcs
T3242(42) 31	PSB	Makro Spain	12/01/07 (264)	6,63 38.120	210 x 295 80 sheets	TK 854 (SQ 4 mm) WBK RL Blue Spain	-	Stitching: 2 Perforasi: 15 mm Pack: 5 pcs
T3242(44) 32	PSB	Makro Spain	08/01/07 (168)	8,22 178.520	148 x 210 80 sheets	TK 863 (SQ 4 mm) WBK RL Blue Spain	-	Stitching: 2 Perforasi: 15 mm Pack: 10 pcs
T3216(6) 41	RDH	FAE Singapore	08/01/07 (168)	9,34 124.160	148 x 210 80 sheets	TK 004 (SQ 5 mm) WBK RL Violet Africa	-	Stitching: 2 Perforasi: 10 mm Grooving: 11-12- 17



Nomer *order* bagian atas (misal R0308(10)) merupakan nomer *order* yang sesungguhnya yang digunakan oleh perusahaan ini. Sedangkan nomer *order* bagian bawah (misal 11) adalah nomer *order* yang akan digunakan pada penelitian ini, dengan tujuan untuk mempersingkat dan mempermudah penulisan.

Tipe buku pad yang diambil sebanyak 4 jenis – yaitu LP, PB, PSB, dan RDH – dari 6 jenis buku pad yang ada. Tipe buku pad ini ditulis dengan menggunakan singkat yang lazim digunakan di PT. “X”. Untuk lebih jelas mengenai singkatan yang dimaksud dapat dilihat pada halaman 28.

Pelanggan (*customer*) adalah nama perusahaan pemesan produk tersebut dan negaranya.

Tanggal kirim (*due date*) adalah tanggal pengiriman yang harus dipenuhi *order* tersebut supaya bisa dikirm sampai ke lokasi pelanggan tepat waktu. Bagian bawah kolom ini menunjukkan rentang waktu atau durasi antara waktu kirim dengan waktu saat ini yang dinyatakan dalam satuan jam. Perhitungan durasi waktu kirim ini lebih detail dijelaskan pada Bagian 4.2. .

Jumlah pesanan (*quantity*) dinyatakan dalam satuan ton dan buah buku. Berat satu buah buku yang dimaksud disini hanyalah berat *inner sheet* saja, yang bergantung dari ukuran buku dan isi *inner sheet*.

Ukuran (*size*) adalah ukuran buku pad dalam mm^2 yang dinyatakan dengan sisi terjilid (*bound side*) x sisi terbuka (*open side*). Sementara isi (*content*) adalah isi *inner sheet* dalam satu buah buku. Ketebalan kertas (*grammature*) tidak ditampilkan pada tabel ini kerana tidak mempengaruhi perhitungan.

Ruling adalah garis-garis yang dicetak pada *inner sheet*, biasanya berupa garis-garis horisontal atau kotak-kotak, atau kadang berupa garis-garis vertikal. Bagian



atas kolom *ruling*, misal TK 1721 (18 SL 11/32") menunjukkan jenis *ruling*. Dimana TK 1721 adalah kode yang digunakan oleh PT."X" untuk menandai desain *photopolymer* yang digunakan untuk mencetak garis-garis ini Sementara keterangan 18 SL 11/32" artinya bajwa jenis garisnya adalah garis tunggal (*single line – SL*) dengan jumlahnya 18 garis dan jarak antar garis 11/32 inch. Untuk jenis garis kotak-kotak dilambangkan dengan SQ (*square*). Bagian bawah kolom ini (misal WBK RL Light Blue 01) menunjukkan warna tinta dari garis-garis tersebut.

Margin adalah satu atau dua garis horisontal atau vertikal yang membatasi area yang digunakan untuk menulis pada *inner sheet* dengan tepi buku. Biasanya garis *margin* memiliki warna lain dengan garis *ruling* dan/atau lebih tebal garisnya. Seperti pada kolom *ruling*, bagian atas kolom ini menunjukkan jenis garis *margin*, dan bagian bawah menunjukkan warna tinta garis *margin*.

Kolom keterangan antara lain memberikan spesifikasi mengenai jarak perforasi dari tepi buku, jumlah *stitching*, jumlah buku dalam satu pack, jumlah *hole*, serta jarak alur-alur *grooving* dari tepi buku.

4.2. Perhitungan

Waktu sekarang dimisalkan adalah tanggal 1 Januari 2007 pukul 06:00. Dan untuk setiap tanggal kirim setiap *order* diasumsikan harus diselesaikan sebelum pukul 06:00 pada tanggal tersebut. Semua satuan waktu yang digunakan adalah dalam jam. Tanggal kirim pada Tabel 4.2 diubah dalam jam dengan mengurangi antara waktu kirim dengan waktu saat ini.

Sebelum memulai pembuatan program komputer, ada beberapa variabel yang harus dihitung terlebih dahulu. Variabel-variabel ini meliputi:

- Waktu running di Mesin Pad 2, 3, 5, 6, 7.
- Waktu proses *finishing*, dan waktu proses *packing*.
- Waktu *set up* mesin Mesin Pad 2, 3, 5, 6, 7.

Detail perhitungan-perhitungan tersebut dijelaskan dalam subbab 4.2.1 sampai dengan 4.2.4.

4.2.1. Perhitungan Waktu Running Mesin Pad

Penelitian ini, seperti yang telah disebutkan pada batasan masalah, hanya melibatkan mesin-mesin pad yang bisa memproduksi buku pad secara *on-line*. Mesin-mesin pad ini yaitu Mesin Pad 2, 3, 5, 6, dan 7.

Waktu running mesin pad untuk mengerjakan suatu *order* dihitung dengan membagi jumlah permintaan dengan standar kapasitas untuk setiap mesin. Atau jika dirumuskan dalam persamaan matematis adalah sebagai berikut:

$$\text{Waktu (jam)} = \frac{\text{Qty order (pcs)}}{\text{Standart capacity (pcs / jam)}} \quad \dots(20)$$



Standart kapasitas setiap mesin berbeda-beda, dimana Mesin Pad 5 dan 6 memiliki kapasitas yang sangat besar, karena mesin pad ini memiliki 2 *feeder* roll kertas. Selain itu kapasitas mesin juga dipengaruhi oleh spesifikasi *order* yang dikerjakan, yaitu ukuran dan isi *inner sheet*. Data detail kapasitas mesin dapat dilihat pada Appendiks A. Secara normal, mesin-mesin ini dapat memproduksi dengan kapasitas 50% dari kapasitas maksimal yang seharusnya dapat dicapai.

Yang perlu diingat disini adalah bahwa satu mesin pad tidak bisa mengerjakan semua jenis buku pad, namun setiap mesin secara spesifik dapat mengerjakan beberapa jenis buku pad. Mesin Pad 2 dan 3 adalah mesin yang identik, demikian pula dengan Mesin Pad 5 dan 6 juga identik.

Hasil perhitungan waktu running mesin pad dapat dilihat pada Tabel 4.3. sampai dengan 4.5.

Tabel 4.3. *Perhitungan Waktu Running Mesin Pad 2, 3*

No. Order	Tipe	Customer	Size (mm ²) / Content (sheets)	Quantity (pcs)	Standart (pcs/jam)	Waktu (jam)
21	PB	Banaghan – Ireland	210 x 295 / 200	24.048	945	25
22	PB	Kinki – Japan	179 x 252 / 80	80.640	3.600	22
31	PSB	Makro – Spain	210 x 295 / 80	38.120	2.340	16
32	PSB	Makro – Spain	148 x 210 / 80	178.520	5.400	33

Tabel 4.4. *Perhitungan Waktu Running Mesin Pad 5, 6*

No. Order	Type	Customer	Size (mm ²) / Content (sheets)	Quantity (pcs)	Standart (pcs/jam)	Waktu (jam)
11	LP	Staples – USA	127 x 205 / 50	2.529.792	18.000	141
12	LP	Staples – USA	216 x 299 / 50	1.935.360	10.800	179
13	LP	Branbil – Korea	210 x 295 / 50	277.200	10.800	26
14	LP	Branbil – Korea	127 x 205 / 40	224.640	18.000	12

Tabel 4.5. *Perhitungan Waktu Running Mesin Pad 7*

No. Order	Tipe	Customer	Size (mm ²) / Content (sheets)	Quantity (pcs)	Standart (pcs/jam)	Waktu (jam)
13	LP	Branbil – Korea	210 x 295 / 50	277.200	4.050	68
14	LP	Branbil – Korea	127 x 205 / 40	224.640	6.750	33
21	PB	Banaghan – Ireland	210 x 295 / 200	24.048	1.050	23
22	PB	Kinki – Japan	179 x 252 / 80	80.640	4.170	19
31	PSB	Makro – Spain	210 x 295 / 80	38.120	2.610	15
32	PSB	Makro – Spain	148 x 210 / 80	178.520	5.400	33
41	RDH	FAE – S'pore	148 x 210 / 80	124.160	5.400	23



4.2.2. Perhitungan Waktu Proses *Finishing*

Pada proses *finishing* proses revisi (*rework*) dilakukan, dimana produk-produk cacat yang telah dipisahkan oleh operator mesin, diperbaiki oleh operator *finishing* sehingga menjadi produk yang baik.

Untuk *order-order* selain Jepang, jumlah produk cacat yang harus direvisi di *finishing* diasumsikan sebanyak 5% dari jumlah permintaan. Sementara untuk *order* Jepang, jumlah produk cacat diasumsikan sebesar 10% dari jumlah permintaan. Hal ini dikarenakan tipikal pelanggan Jepang yang sangat menomorsatukan kualitas, sehingga menerapkan standar kualitas yang sangat tinggi untuk *order-order* dari pelanggan Jepang. Untuk menghitung jumlah produk cacat (*defect*) yang harus direvisi di *finishing* adalah dengan rumus:

$$Qty\ defect\ (pcs) = Qty\ order\ (pcs) \times defective\ rate \quad \dots(21)$$

Kemampuan standar operator *finishing* diperoleh dari data masa lalu (*historical data*) untuk *order-order* dengan spesifikasi yang sama atau yang mirip. Dan kapasitas standar ini dipengaruhi ukuran buku, ketebalan buku, dan tingkat kerumitan pekerjaannya.

Jumlah tenaga kerja manusia (*manpower*) yang digunakan untuk mengerjakan suatu *order* ditentukan dengan melakukan justifikasi, dimana jumlah ini dirasa optimum, baik dari segi biaya maupun waktu.

Waktu proses untuk merevisi produk cacat di *finishing* dihitung dengan membagi jumlah produk defect dengan kapasitas standar dan jumlah tenaga kerja yang dialokasikan. Atau jika dirumuskan dalam persamaan matematis adalah sebagai berikut:



$$\text{Waktu revisi (jam)} = \frac{\text{Qty defect (pcs)}}{\text{Standart capacity (pcs / jam / org)} \times \text{jumlah manpower (org)}} \dots(22)$$

Hasil perhitungan waktu proses *finishing* secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. *Perhitungan Waktu Proses Finishing*

No. Order	Type	Customer	Size (mm ²) / Content (sheets)	Qty Defect (pcs)	Standart (pcs/jam/org)	Jumlah orang	Waktu (jam)
11	LP	Staples – USA	127 x 205 / 50	126.490	56	50	45
12	LP	Staples – USA	216 x 299 / 50	96.768	56	50	35
13	LP	Branbil – Korea	210 x 295 / 50	13.860	52	25	11
14	LP	Branbil – Korea	127 x 205 / 40	11.232	56	25	8
21	PB	Banaghan – Ireland	210 x 295 / 200	1.202	50	10	3
22	PB	Kinki - Japan	179 x 252 / 80	8.064	68	20	6
31	PSB	Makro – Spain	210 x 295 / 80	1.906	50	10	4
32	PSB	Makro – Spain	148 x 210 / 80	8.926	75	20	6
41	RDH	FAE – S'pore	148 x 210 / 80	6.208	75	20	4

4.2.3. Perhitungan Waktu Proses *Packing*

Jumlah pack harus dihitung terlebih dahulu, dengan membagi jumlah *order* dengan isi buku per pack-nya seperti yang diminta pelanggan. Data jumlah buku per pack dapat dilihat pada Tabel 4.2 pada kolom keterangan. Rumusan matematisnya adalah:

$$Qty\ pack\ (pack) = \frac{Qty\ order\ (pcs)}{Isi\ pack\ (pcs / pack)} \quad \dots(23)$$

Kapasitas standar mesin diperoleh dari data masa lalu (*historical data*) untuk *order-order* dengan spesifikasi yang sama atau yang mirip. Dan kapasitas standar ini dipengaruhi ukuran buku, ketebalan buku, dan jumlah buku per pack. Sebenarnya yang menentukan kapasitas standar mesin *packing* ini bukan dari kecepatan mesin, tapi dari kecepatan tangan operator dalam meletakkan buku ke atas *conveyor* mesin *packing*.

Jumlah mesin *packing* yang digunakan untuk mengerjakan suatu *order* ditentukan dengan melakukan justifikasi, dimana jumlah ini dirasa optimum, baik dari segi biaya maupun waktu.

Waktu proses *packing* untuk mengerjakan suatu *order* dihitung dengan membagi jumlah pack dengan kapasitas standar dan jumlah mesin yang dialokasikan. Atau jika dirumuskan dalam persamaan matematis adalah sebagai berikut:

$$Waktu\ (jam) = \frac{Qty\ order\ (pack)}{Standart\ capacity\ (pack / jam / mesin) \times jumlah\ mesin\ (mesin)} \quad \dots(24)$$

Hasil perhitungan waktu proses *packing* secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. *Perhitungan Waktu Proses Packing*

No. Order	Customer	Size (mm ²) / Content (sheets)	Qty Order (pcs)	Isi Pack (pcs/pack)	Qty Pack (pack)	Standart (pack/jam/mesin)	Jumlah Mesin	Waktu (jam)
11	Staples – USA	127 x 205 / 50	2.529.792	12	210.816	450	4	117
12	Staples – USA	216 x 299 / 50	1.935.360	10	193.536	400	4	121
13	Branbil – Korea	210 x 295 / 50	277.200	5	55.440	500	2	55
14	Branbil – Korea	127 x 205 / 40	224.640	10	22.464	690	1	33
21	Banaghan – Ireland	210 x 295 / 200	24.048	6	4.008	250	1	16
22	Kinki - Japan	179 x 252 / 80	80.640	4	20.160	160	2	63
31	Makro – Spain	210 x 295 / 80	38.120	5	7.624	440	1	17
32	Makro – Spain	148 x 210 / 80	178.520	10	17.852	625	2	14
41	FAE – S'pore	148 x 210 / 80	124.160	10	12.416	625	2	10



4.2.4. Perhitungan Waktu *Set Up* Mesin

Perhitungan waktu *set up* mesin harus dihitung untuk setiap mesin dan setiap pasang *order* secara bolak-balik. Karena waktu *set up* mesin dari *order* 21 ke *order* 22 di Mesin Pad 3 misalnya, bisa berbeda waktu *set up* mesin dari *order* 22 ke *order* 21 di Mesin Pad 3.

Waktu *set up* mesin dihitung dengan melihat perubahan spesifikasi *order* yang dikerjakan mesin saat ini dengan spesifikasi *order* yang akan dikerjakan selanjutnya. Kemudian total waktu yang diperlukan untuk melakukan perubahan-perubahan atau penyesuaian-penyesuaian setiap elemen mesin dihitung. Standar waktu untuk melakukan setiap perubahan atau penyesuaian elemen mesin dapat dilihat di Appendix A. Karena standar waktu *set up* mesin di Appendix A dalam satuan menit, maka waktu *set up* mesin ini selanjutnya harus dikonversi ke dalam satuan jam dengan mengalikan faktor konversi 1/60.

Contoh menghitung waktu *set up*, misalkan untuk Mesin Pad 2 dari *order* 31 ke 32, perubahan mesin yang harus dilakukan dan lama waktu untuk melakukannya adalah sebagai berikut:

- Ganti ukuran + photopolymer: 480 menit
- Atur *stitching* (4 *up* x 2 *stitching* = 8 pcs): 8 x 15 menit = 120 menit
- Atur perforasi (5 *strip*): 5 x 10 = 50 menit
- Atur lem: 60 menit
- Total waktu = 710 menit x 1/60 = 12 jam

Hasil perhitungan waktu *set up* mesin pad dapat dilihat pada Tabel 4.8. sampai dengan 4.10. *Order-order* pada sumbu Y (vertikal) adalah *order* yang sedang dikerjakan dan *order-order* pada sumbu X (horizontal) adalah *order* yang akan



dikerjakan selanjutnya. Sementara angka di dalam tabel adalah waktu yang dibutuhkan untuk men-*set up* mesin dari order yang sedang dikerjakan menuju *order* yang akan dikerjakan.

Sebagai contoh, untuk mengetahui waktu *set up* Mesin Pad 2 dari *order* 22 ke *order* 31, maka harus dilihat pada Tabel 4.8b. Caranya adalah dengan mencari *order* 22 pada kolom bagian kiri, kemudian menarik garis lurus ke kanan. Lalu mencari *order* 31 pada kolom bagian atas, lalu menarik garis lurus ke bawah. Perpotongan pada kedua garis tersebut akan jatuh pada satu kolom yang angkanya menunjukkan waktu *set up* Mesin Pad 2 dari *order* 22 ke *order* 31.

Tabel 4.8a. *Perhitungan Waktu Set Up Mesin Pad 2 dan 3 (menit)*

Dari \ Ke	21	22	31	32
21	–	540	540	770
22	600	–	660	710
31	420	540	–	710
32	600	540	720	–

Tabel 4.8b. *Perhitungan Waktu Set Up Mesin Pad 2 dan 3 (jam)*

Dari \ Ke	21	22	31	32
21	–	9	9	13
22	10	–	11	12
31	7	9	–	12
32	10	9	12	–

Tabel 4.9a. *Perhitungan Waktu Set Up Mesin Pad 5 dan 6 (menit)*

Dari \ Ke	11	12	13	14
11	–	660	660	400
12	730	–	660	790
13	730	660	–	790
14	400	720	720	–

Tabel 4.9b. *Perhitungan Waktu Set Up Mesin Pad 5 dan 6 (jam)*

Dari \ Ke	11	12	13	14
11	–	11	11	7
12	12	–	11	13
13	12	11	–	13
14	7	12	12	–

Tabel 4.10a. *Perhitungan Waktu Set Up Mesin Pad 7 (menit)*

Ke Dari	13	14	21	22	31	32	41
13	–	740	375	495	345	785	815
14	720	–	615	555	735	785	815
21	600	860	–	540	540	770	800
22	780	860	600	–	540	770	800
31	480	860	420	540	–	710	740
32	780	860	600	540	720	–	150
41	780	860	600	540	660	150	–

Tabel 4.10b. *Perhitungan Waktu Set Up Mesin Pad 7 (jam)*

Ke Dari	13	14	21	22	31	32	41
13	–	12	6	8	6	13	14
14	12	–	10	9	12	13	14
21	10	14	–	9	9	13	13
22	13	14	10	–	11	12	12
31	8	14	7	9	–	12	12
32	13	14	10	9	12	–	3
41	13	14	10	9	11	3	–

4.3. Program

Persamaan-persamaan pada program komputer yang menunjukkan fungsi tujuan dan fungsi-fungsi kendala adalah sebagai berikut:

Fungsi tujuan

Fungsi tujuan dari penelitian ini adalah untuk meminimalkan waktu penyelesaian dari *order-order*. Variabel waktu penyelesaian *order i* dinotasikan dengan (C_i). Sehingga fungsi tujuannya adalah meminimalkan penjumlahan dari semua waktu penyelesaian *order-order*. Jika dituliskan secara matematis pada program komputer, persamaannya adalah sebagai berikut:

```
!objective function;  
MIN = C11 + C12 + C13 + C14 + C21 + C22 + C31 + C32 + C41;
```

Kendala ketepatan waktu pengiriman (*on-time delivery*)

Kendala *on-time delivery* mengatur bahwa waktu penyelesaian setiap *order* harus lebih kecil dari waktu kirim yang diminta oleh pelanggan. Waktu penyelesaian *order* adalah waktu dimana *order* tersebut telah selesai menjalani proses *packing* sebagai pusat kerja terakhir dari keseluruhan proses. Jika dituliskan secara matematis pada program komputer, persamaan kendala *on-time delivery* untuk masing-masing *order* adalah sebagai berikut:

```
!on-time delivery;  
C11 <= 480; C11 = T119 + 117;  
C12 <= 408; C12 = T129 + 121;  
C13 <= 240; C13 = T139 + 55;  
C14 <= 216; C14 = T149 + 33;  
C21 <= 240; C21 = T219 + 16;  
C22 <= 192; C22 = T229 + 63;  
C31 <= 264; C31 = T319 + 17;  
C32 <= 168; C32 = T329 + 14;  
C41 <= 168; C41 = T419 + 10;
```



Kendala hubungan pendahuluan (*precedence relationship*)

Kendala *precedence relationship* ini yang membatasi bahwa *order* dikerjakan pada pusat kerja-pusat kerja dengan urutan proses yang benar. Persamaan kendala ini yaitu bahwa waktu penyelesaian *order* pada pusat kerja yang menjadi pendahulu harus lebih kecil dari waktu mulai mengerjakan *order* pada pusat kerja selanjutnya. Jika dituliskan secara matematis pada program komputer, persamaan kendala *precedence relationship* untuk masing-masing order adalah sebagai berikut:

```
!precedence relationship, job 11;  
T115 + 141 * A115 < T118;  
T116 + 141 * A116 < T118;  
T118 + 45 < T119;  
  
:  
  
!precedence relationship, job 41;  
T417 + 23 * A417 < T418;  
T418 + 4 < T419;
```

Kendala konflik *order-order* pada pusat kerja mesin pad

Kendala ini yang membatasi bahwa tidak boleh suatu mesin pad mengerjakan dua atau lebih *order* pada waktu yang bersamaan. Persamaan matematis untuk kendala ini dibuat untuk setiap pasang *order* yang berkonflik di suatu mesin pad. Bentuk persamaannya mengikuti persamaan (9). Jika dituliskan secara matematis pada program komputer, persamaan kendala konflik *order-order* pada pusat kerja mesin pad untuk setiap pasang *order* yang berkonflik di mesin pad adalah sebagai berikut:

```
!konflik job 21 dan 22 di mesin 2;  
T212 + ( 25 + 9+1) * A212 < T222 + 1000-1000*P21222;  
T222 + ( 22 + 10+1) * A222 < T212 + 1000*P21222;  
  
:
```



```
!konflik job 32 dan 41 di mesin 7;  
T327 + ( 33 + 3+1) * A327 < T417 + 1000-1000*P32417;  
T417 + ( 23 + 3+1) * A417 < T327 + 1000*P32417;
```

Kendala alternatif pemilihan mesin pad

Karena suatu *order* memungkinkan untuk dikerjakan di beberapa mesin pad, maka harus dipilih salah mesin pad untuk mengerjakan order tersebut. Persamaan untuk kendala ini yaitu bahwa penjumlahan variabel biner pemilihan mesin pad (A_{ij}) dari setiap alternatif mesin pad j yang mungkin untuk mengerjakan *order* i harus sama dengan satu. Jika dituliskan secara matematis pada program komputer, maka persamaan kendala alternatif pemilihan mesin pad untuk setiap *order* adalah sebagai berikut:

```
!alternatif pemilihan mesin;  
A115 + A116 = 1;  
A125 + A126 = 1;  
A135 + A136 + A137 = 1;  
A145 + A146 + A147 = 1;  
A212 + A213 + A217 = 1;  
A222 + A223 + A227 = 1;  
A312 + A313 + A317 = 1;  
A322 + A323 + A327 = 1;  
A417 = 1;
```

Penjabaran lengkap dari program komputer yang telah dibuat dapat dilihat pada **Appendiks B**.



4.4. Hasil

Hasil penjadwalan dengan menggunakan program komputer seperti yang ditampilkan pada Appendiks C, jika disajikan dalam bentuk tabel, maka akan terlihat pada Tabel 4.11 di bawah ini. Tabel tersebut menunjukkan penugasan masing-masing pusat kerja pada setiap waktu. Dimana angka dalam tabel menunjukkan nomer *order* yang sedang dikerjakan pada pusat kerja tersebut dan pada waktu itu. Sedangkan huruf 'S' menunjukkan *idle time* karena *set up* Mesin Pad. Waktu adalah dalam satuan jam.



Tabel 4.11. Hasil Penjadwalan

Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Work Center																									
Mesin Pad 2	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	S	S	S	S	S	S	S	S	21	
Mesin Pad 3	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22			
Mesin Pad 5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	S	S	S	S	S	S	S	S	11	11	11	11	11	
Mesin Pad 6	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Mesin Pad 7	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	S
Finishing													14	14	14	14	14	14	14	14			22	22	
																	31	31	31	31					41
Packing																						31	31	31	31
																						14	14	14	14
Time	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
Work Center																									
Mesin Pad 2	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Mesin Pad 3																									
Mesin Pad 5	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Mesin Pad 6	13	13	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mesin Pad 7	S	S	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Finishing	22	22	22	22																					
	41	41	41																						
			13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13												
Packing	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31												
	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
				41	41	41	41	41	41	41	41	41	41												
					22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
														13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13



Tabel 4.11. Hasil Penjadwalan (Lanjutan)

Time	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
Work Center																								
Mesin Pad 2																								
Mesin Pad 3																								
Mesin Pad 5	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Mesin Pad 6	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mesin Pad 7	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32													
Finishing	21	21	21									32	32	32	32	32	32							
Packing																		32	32	32	32	32	32	32
	14	14	14	14	14																			
	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
				21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21					
Time	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
Work Center																								
Mesin Pad 2																								
Mesin Pad 3																								
Mesin Pad 5	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Mesin Pad 6	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mesin Pad 7																								
Finishing																								
Packing	32	32	32	32	32	32	32																	
	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22					
	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13				



Tabel 4.11. Hasil Penjadwalan (Lanjutan)

Time	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Work Center																								
Mesin Pad 2																								
Mesin Pad 3																								
Mesin Pad 5	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Mesin Pad 6	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mesin Pad 7																								
Finishing																								
Packing																								
Time	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
Work Center																								
Mesin Pad 2																								
Mesin Pad 3																								
Mesin Pad 5	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Mesin Pad 6	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mesin Pad 7																								
Finishing																								
Packing																								



Tabel 4.11. Hasil Penjadwalan (Lanjutan)

Time	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	
Work Center																									
Mesin Pad 2																									
Mesin Pad 3																									
Mesin Pad 5	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11										
Mesin Pad 6	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mesin Pad 7																									
Finishing																	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Packing																									
Time	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	
Work Center																									
Mesin Pad 2																									
Mesin Pad 3																									
Mesin Pad 5																									
Mesin Pad 6	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mesin Pad 7																									
Finishing	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Packing																									



Tabel 4.11. Hasil Penjadwalan (Lanjutan)

Time	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	
Work Center																									
Mesin Pad 2																									
Mesin Pad 3																									
Mesin Pad 5																									
Mesin Pad 6	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Mesin Pad 7																									
Finishing	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11												
Packing														11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Time	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	
Work Center																									
Mesin Pad 2																									
Mesin Pad 3																									
Mesin Pad 5																									
Mesin Pad 6																									
Mesin Pad 7																									
Finishing	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Packing	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11



Tabel 4.11. Hasil Penjadwalan (Lanjutan)

Time	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	
Work Center																									
Mesin Pad 2																									
Mesin Pad 3																									
Mesin Pad 5																									
Mesin Pad 6																									
Mesin Pad 7																									
Finishing	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12														
Packing	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
												12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Time	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	
Work Center																									
Mesin Pad 2																									
Mesin Pad 3																									
Mesin Pad 5																									
Mesin Pad 6																									
Mesin Pad 7																									
Finishing																									
Packing	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12



Tabel 4.11. Hasil Penjadwalan (Lanjutan)

Time	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312
Work Center																								
Mesin Pad 2																								
Mesin Pad 3																								
Mesin Pad 5																								
Mesin Pad 6																								
Mesin Pad 7																								
Finishing																								
Packing	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12
Time	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336
Work Center																								
Mesin Pad 2																								
Mesin Pad 3																								
Mesin Pad 5																								
Mesin Pad 6																								
Mesin Pad 7																								
Finishing																								
Packing	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12	11 12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12



Tabel 4.11. Hasil Penjadwalan (Lanjutan)

Time	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360
Work Center																								
Mesin Pad 2																								
Mesin Pad 3																								
Mesin Pad 5																								
Mesin Pad 6																								
Mesin Pad 7																								
Finishing																								
Packing	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Time	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372												
Work Center																								
Mesin Pad 2																								
Mesin Pad 3																								
Mesin Pad 5																								
Mesin Pad 6																								
Mesin Pad 7																								
Finishing																								
Packing	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12												

4.5. Pembahasan

Karena keterbatasan kemampuan komputer, maka jumlah *order* yang diambil hanya 9 buah namun tetap mewakili semua tipe buku pad. Walaupun, jumlah *order* yang diambil terbatas, namun program komputer yang dibuat tetap dapat dirasakan manfaatnya.

Penugasan Mesin-mesin Pad dari hasil penjadwalan tersebut jika ditampilkan dalam bentuk matriks adalah seperti pada Tabel 4.12 dibawah ini.

Tabel 4.12. *Matriks Penugasan Mesin Pad*

Mesin Pad Order	Mesin Pad 2	Mesin Pad 3	Mesin Pad 5	Mesin Pad 6	Mesin Pad 7
11			√		
12				√	
13				√	
14			√		
21	√				
22		√			
31	√				
32					√
41					√

Keterangan : √ = Mesin Pad yang dipilih untuk mengerjakan order tersebut.

Sementara itu urutan pengerjaan *order* di pusat kerja Mesin Pad secara ringkas dapat dilihat pada Tabel 4.13 dibawah ini.

Tabel 4.13. *Urutan Pengerjaan Order di Mesin Pad*

Mesin Pad	Order
Mesin Pad 2	31 – 21
Mesin Pad 3	22
Mesin Pad 5	14 – 11
Mesin Pad 6	13 – 12
Mesin Pad 7	41 – 32

Dari simulasi ini, satu Mesin Pad hanya mengerjakan maksimal 2 *order* karena jumlah *order* yang diambil hanya 9. Sebenarnya jika dapat diambil *order* lebih banyak lagi, maka setiap Mesin Pad akan bisa mengerjakan 3 *order* bahkan lebih, sehingga program komputer yang dibuat ini akan sangat terlihat manfaatnya dalam menentukan urutan pengerjaan order di suatu Mesin Pad.

Dari hasil penjadwalan yang didapat melalui program komputer, *idle time* mesin karena *set up* mesin selanjutnya dihitung secara manual dan didapatkan hanya 28 jam. Waktu pengiriman yang diminta oleh pelanggan juga telah terpenuhi semua.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa serta pembuatan program komputer dan dengan dilakukannya *trial* yang melibatkan 5 Mesin Pad dan 9 order untuk menyelesaikan permasalahan yang ada, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penugasan Mesin Pad dalam mengerjakan order-order beserta urutannya adalah sebagai berikut:
 - Mesin Pad 2 mengerjakan order 31 dan dilanjutkan dengan order 21.
 - Mesin Pad 3 mengerjakan order 22.
 - Mesin Pad 5 mengerjakan order 14 dan dilanjutkan dengan order 11.
 - Mesin Pad 6 mengerjakan order 13 dan dilanjutkan dengan order 12.
 - Mesin Pad 7 mengerjakan order 41 dan dilanjutkan dengan order 32.
2. Waktu *idle* minimum dengan penjadwalan ini adalah sebesar 28 jam.

5.2. Saran

Saran-saran yang bisa disampaikan penulis, baik untuk dunia industri maupun bagi rekan-rekan peneliti lain yang berminat untuk menindaklanjuti penelitian yang telah saya lakukan ini, yaitu:

1. Perusahaan PT. "X" dapat mencoba yang telah dibuat ini karena akan mempercepat proses penjadwalan, selain itu juga akan mendapatkan manfaat-manfaat lain seperti yang telah disebutkan pada Bab I.



2. Program komputer yang telah dibuat ini tidak hanya dapat diaplikasikan untuk proses produksi buku Pad saja, namun dengan beberapa penyesuaian, dapat juga dicoba diaplikasikan untuk proses produksi produk lain yang memiliki proses produksi serupa.
3. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan mengurangi beberapa asumsi yang digunakan, sehingga dapat lebih mendekati kondisi ideal.
4. Karena keterbatasan *software* LINGO 8.0 yang digunakan pada penelitian ini, maka dapat dicoba menggunakan *software* komputer lain yang lebih baru dan handal supaya dapat memasukkan jumlah order yang lebih banyak lagi.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Chase, R.B.; F.R. Jacobs; and N.J. Aquilano (2004) *Operation Management: for Competitive Advantage*. Tenth Edition. McGraw-Hill, New York.
- Gaspersz, V. (2001) *Production Planning and Inventory Control: Berdasarkan Pendekatan Sistem Terintegrasi MRP II dan JIT Menuju Manufaktur 21*. Edisi Revisi dan Perluasan. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Nasution, A.H. (2003) *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Edisi Kedua. Guna Widya, Surabaya.
- Taha, H.A. (2003) *Operations Research: An Introduction*. Seventh Edition. Prentice Hall, New Jersey.
- Taylor, B.W. (1999) *Introduction to Management Science*. Sixth Edition. Prentice Hall, New Jersey.

LAMPIRAN

APPENDIKS A**DATA**Tabel A.1. *Tipe Pad yang Diproduksi Mesin*

Type Pad Mesin Pad	GTP	LP	PB	PSB	RDH	FP
2	√		√			
3	√	√	√			
5		√				
6		√				
7	√	√	√	√	√	

Tabel A.2. *Kapasitas Mesin Pad 2 dan 3*

Sizes	Sheets	Cut of Length	Web Width	Strips / Layer	Products / Strips	Web Speed / m	Prod / h 100%	Prod / h 50 %
179 x 252 B5 Head Bound	40	725 mm	720 mm	4	4	218	7.200 books	3.600 books
	50			4	4	272	7.200 books	3.600 books
	60			4	4	326	7.200 books	3.600 books
	70			4	4	381	7.200 books	3.600 books
	80			4	4	435	7.200 books	3.600 books
	90			4	4	457	6.720 books	3.360 books
	100			4	4	453	6.000 books	3.000 books
355 x 250 B4 Side Bound	40	1020 mm	1010 mm	4	2	216	3.600 books	1.800 books
	50			4	2	270	3.600 books	1.800 books
	60			4	2	324	3.600 books	1.800 books
	70			4	2	378	3.600 books	1.800 books
	80			4	2	432	3.600 books	1.800 books
	90			4	2	454	3.360 books	1.180 books
	100			4	2	432	2.880 books	1440 books

Tabel A.2. *Kapasitas Mesin Pad 2 dan 3 (Lanjutan)*

Sizes	Sheets	Cut of Length	Web Width	Strips / Layer	Products / Strips	Web Speed / m	Prod / h 100%	Prod / h 50 %
210 x 297 A4 Head Bound	40	640 mm	655 mm	3	3	256	5.400 books	2.700 books
	50			3	3	320	5.400 books	2.700 books
	60			3	3	384	5.400 books	2.700 books
	70			3	3	448	5.400 books	2.700 books
	80			3	3	444	4.680 books	2.340 books
	90			3	3	442	4.140 books	2.070 books
	100			3	3	448	3.780 books	1.890 books
216 x 300 8.5" x 11¾" A4 Head Bound	40	900 mm	910 mm	3	3	262	5.400 books	2.700 books
	50			3	3	328	5.400 books	2.700 books
	60			3	3	393	5.400 books	2.700 books
	70			3	3	443	5.220 books	2.610 books
	80			3	3	454	4.680 books	2.340 books
	90			3	3	452	4.140 books	2.070 books
	100			3	3	437	3.600 books	1.800 books



Tabel A.2. Kapasitas Mesin Pad 2 dan 3 (Lanjutan)

Sizes	Sheets	Cut of Length	Web Width	Strips / Layer	Products / Strips	Web Speed / m	Prod / h 100%	Prod / h 50 %
216 x 280 8.5" x 11" A4 Head Bound	40	655 mm	850 mm	3	3	262	5400 books	2700 books
	50			3	3	328	5400 books	2700 books
	60			3	3	393	5400 books	2700 books
	70			3	3	443	5220 books	2610 books
	80			3	3	454	4680 books	2340 books
	90			3	3	452	4140 books	2070 books
	100			3	3	437	3600 books	1800 books
216 x 356 8.5" x 14" Head Bound	40	655 mm	1080 mm	3	3	262	5400 books	2700 books
	50			3	3	328	5400 books	2700 books
	60			3	3	393	5400 books	2700 books
	70			3	3	443	5220 books	2610 books
	80			3	3	454	4680 books	2340 books
	90			3	3	452	4140 books	2070 books
	100			3	3	437	3600 books	1800 books

Tabel A.3. *Kapasitas Mesin Pad 5 dan 6*

Size of Product	Sheet Count	Web Width	Cut of Length	Ruling Speed	Number of Strips in Master	Number of Ups in Strips	Products / h 100%	Product / h 50 %
210 x 310	40	936	640	500	3	3	21.093 books	10.547 books
	50			500	3	3	16.875 books	8.438 books
148 x 210	40	1058	600	288	5	4	28.800 books	14.400 books
	50			360	5	4	28.800 books	14.400 books
	80			500	5	4	25.000 books	12.500 books
	100			500	5	4	20.000 books	10.000 books
127 x 203	40	1023	645	309.6	5	5	36.000 books	18.000 books
	50			387	5	5	36.000 books	18.000 books
	80			500	5	5	29.100 books	14.550 books
	100			500	5	5	23.255 books	11.628 books
210 x 148	50	1058	640	274.3	7	3	21.600 books	10.800 books
	80			438.8	7	3	21.600 books	10.800 books
	100			500	7	3	19.687 books	9.844 books

Tabel A.3. *Kapasitas Mesin Pad 5 dan 6 (Lanjutan)*

Size of Product	Sheet Count	Web Width	Cut of Length	Ruling Speed	Number of Strips in Master	Number of Ups in Strips	Products / h 100%	Product / h 50 %
182 x 257	40	1035	555	333	4	3	21.600 books	10.800 books
	80			500	4	3	16.200 books	8.100 books
179 x 254	80	1023	720	500	4	4	16.667 books	8.333 books
355 x 250	40	715	429	429	4	2	14.400 books	7.200 books
350 x 250	40	1007	705	423	4	2	14.400 books	7.200 books
8.5" x 11"	50	1130	655	491.3	4	3	21.600 books	10.800 books
	80			500	4	3	13.752 books	6.876 books
	100			500	4	3	11.016 books	5.508 books



Tabel A.3. Kapasitas Mesin Pad 5 dan 6 (Lanjutan)

Size of Product	Sheet Count	Web Width	Cut of Length	Ruling Speed	Number of Strips in Master	Number of Ups in Strips	Products / h 100%	Product / h 50 %
8.5" x 11.5"	50	1175	655	491.3	4	3	21.600 books	10.800 books
	80			500	4	3	13.753 books	6.876 books
	100			500	4	3	11.016 books	5.508 books
210 x 297 A4 Head Bound	50	1190	595	476.3	4	3	21.600 books	10.800 books
	80			500	4	3	7.056 books	3.528 books
	100			500	4	3	5.688 books	2.844 books
297 x 210 A4 Side Bound	50	1060	595	357	5	2	14.400 books	7.200 books
	80			500	5	2	12.600 books	6.300 books
	100			500	5	2	10.080 books	5.040 books
216 x 355	40	1071	655	500	3	3	20.520 books	10.260 books
	50			500	3	3	16.488 books	8.244 books

Tabel A.3. *Kapasitas Mesin Pad 5 dan 6 (Lanjutan)*

Size of Product	Sheet Count	Web Width	Cut of Length	Ruling Speed	Number of Strips in Master	Number of Ups in Strips	Products / h 100%	Product / h 50 %
216 x 298	40	1198	655	393	4	3	21.600 books	10.800 books
	50			491	4	3	21.600 books	10.800 books
210 x 330	40	996	635	500	3	3	21.260 books	10.630 books
	50			500	3	3	17.008 books	8.504 books

Tabel A.4. *Kapasitas Mesin Pad 7*

Size of Product	Sheet Count	Web Width	Cut of Length	Ruling Speed	Number of Strips in Master	Number of Ups in Strips	Product / h 100 %	Product / h 50 %
295 x 210	50	1058	600	270	5	2	5.400 books	2.700 books
	80			432	5	2	5.400 books	2.700 books
	100			500	5	2	4.980 books	2.990 books
210 x 295	40	901	640	384	3	3	8.100 books	8.100 books
	50			480	3	3	8.100 books	4.050 books
	80			500	3	3	5.220 books	2.610 books
	100			500	3	3	4.200 books	2.100 books
210 x 148	50	1058	600	270	5	4	10.800 books	5.400 books
	80			432	5	4	10.800 books	5.400 books
	100			500	5	4	9.960 books	4.980 books

Tabel A.4. *Kapasitas Mesin Pad 7 (Lanjutan)*

Size of Product	Sheet Count	Web Width	Cut of Length	Ruling Speed	Number of Strips in Master	Number of Ups in Strips	Product / h 100 %	Product / h 50 %
148 x 210	40	1058	600	216	5	4	10.800 books	5.400 books
	50			270	5	4	10.800 books	5.400 books
	80			432	5	4	10.800 books	5.400 books
	100			500	5	4	9.960 books	4.980 books
127 x 203	40	1023	645	232	5	5	13.500 books	6.750 books
	50			290	5	5	13.500 books	6.750 books
	80			464	5	5	13.500 books	6.750 books
	100			500	5	5	13.500 books	6.750 books
216 x 355	40	1071	655	399	3	3	8.100 books	4.050 books
	50			491	3	3	8.100 books	4.050 books
216 x 298	40	900	655	399	3	3	8.100 books	4.050 books
	50			491	3	3	8.100 books	4.050 books

Tabel A.4. *Kapasitas Mesin Pad 7 (Lanjutan)*

Size of Product	Sheet Count	Web Width	Cut of Length	Ruling Speed	Number of Strips in Master	Number of Ups in Strips	Product / h 100 %	Product / h 50 %
210 x 330	40	900	655	384	3	3	8.100 books	4.050 books
	50			480	3	3	8.100 books	4.050 books
210 x 310	40	936	640	384	3	3	8.100 books	4.050 books
	50			480	3	3	8.100 books	4.050 books
182 x 257	40	1035	555	248	4	3	8.040 books	4.020 books
	80			500	4	3	8.040 books	4.020 books
179 x 254	80	1023	720	500	4	4	8.340 books	4.170 books
355 x 250	40	1007	715	320	4	2	5.400 books	2.700 books
350 x 250	40	1007	705	315	4	2	5.400 books	2.700 books

Tabel A.5. *Standart Waktu Set Up Mesin*

Jenis Setting	Mesin				
	2	3	5	6	7
Ganti photopolymer (2 set)	90	90	90	90	90
Ganti photopolymer (4 set)	120	120	120	120	120
Ganti photopolymer (8 set)	x	x	180	180	x
Ganti tinta (1 warna, 1 web)	60	60	60	60	60
Ganti tinta (2 warna, 1 web)	120	120	120	120	120
Ganti tinta (1 warna, 2 web)	x	x	120	120	x
Ganti tinta (2 warna, 2 web)	x	x	240	240	x
Ganti isi	180	180	180	180	180
Ganti photopolymer + isi	300	300	360	360	300
Ganti photopolymer + isi + tinta	420	420	480	480	420
Ganti ukuran + photopolymer	480	480	540	540	480
Ganti ukuran + photopolymer + tinta	540	540	600	600	540
Ganti ukuran + photopolymer + isi	540	540	600	600	540
Ganti ukuran + photopolymer + tinta + isi	600	600	660	660	600
Adjust stitching (per pcs)	15	15	15	15	15
Adjust perforasi (per pcs)	10	10	10	10	10
Adjust lem	60	60	-	-	15
Adjust stripboard	x	x	60	60	60
Stel pisau grooving	x	x	x	x	30

Keterangan : Satuan dalam menit

APPENDIKS B

PROGRAM KOMPUTER

Software yang digunakan adalah LINGO version 8.0

```

!objective function;
MIN = C11 + C12 + C13 + C14 + C21 + C22 + C31 + C32 + C41;

!on-time delivery;
C11 <= 480; C11 = T119 + 117;
C12 <= 408; C12 = T129 + 121;
C13 <= 240; C13 = T139 + 55;
C14 <= 216; C14 = T149 + 33;
C21 <= 240; C21 = T219 + 16;
C22 <= 192; C22 = T229 + 63;
C31 <= 264; C31 = T319 + 17;
C32 <= 168; C32 = T329 + 14;
C41 <= 168; C41 = T419 + 10;

!precedence relationship, job 11;
T115 + 141 * A115 < T118;
T116 + 141 * A116 < T118;
T118 + 45 < T119;

!precedence relationship, job 12;
T125 + 179 * A125 < T128;
T126 + 179 * A126 < T128;
T128 + 35 < T129;

!precedence relationship, job 13;
T135 + 26 * A135 < T138;
T136 + 26 * A136 < T138;
T137 + 68 * A137 < T138;
T138 + 11 < T139;

!precedence relationship, job 14;
T145 + 12 * A145 < T148;
T146 + 12 * A146 < T148;
T147 + 33 * A147 < T148;
T148 + 8 < T149;

!precedence relationship, job 21;
T212 + 25 * A212 < T218;
T213 + 25 * A213 < T218;
T217 + 23 * A217 < T218;
T218 + 3 < T219;

!precedence relationship, job 22;
T222 + 22 * A222 < T228;

```



T223 + 22 * A223 < T228;
T227 + 19 * A227 < T228;
T228 + 6 < T229;

!precedence relationship, job 31;
T312 + 16 * A312 < T318;
T313 + 16 * A313 < T318;
T317 + 15 * A317 < T318;
T318 + 4 < T319;

!precedence relationship, job 32;
T322 + 33 * A322 < T328;
T323 + 33 * A323 < T328;
T327 + 33 * A327 < T328;
T328 + 6 < T329;

!precedence relationship, job 41;
T417 + 23 * A417 < T418;
T418 + 4 < T419;

!konflik job 21 dan 22 di mesin 2;
T212 + (25 + 9+1) * A212 < T222 + 1000-1000*P21222;
T222 + (22 + 10+1) * A222 < T212 + 1000*P21222;

!konflik job 21 dan 31 di mesin 2;
T212 + (25 + 9+1) * A212 < T312 + 1000-1000*P21312;
T312 + (16 + 7+1) * A312 < T212 + 1000*P21312;

!konflik job 21 dan 32 di mesin 2;
T212 + (25 + 13+1) * A212 < T322 + 1000-1000*P21322;
T322 + (33 + 10+1) * A322 < T212 + 1000*P21322;

!konflik job 22 dan 31 di mesin 2;
T222 + (22 + 11+1) * A222 < T312 + 1000-1000*P22312;
T312 + (16 + 9+1) * A312 < T222 + 1000*P22312;

!konflik job 22 dan 32 di mesin 2;
T222 + (22 + 12+1) * A222 < T322 + 1000-1000*P22322;
T322 + (33 + 9+1) * A322 < T222 + 1000*P22322;

!konflik job 31 dan 32 di mesin 2;
T312 + (16 + 12+1) * A312 < T322 + 1000-1000*P31322;
T322 + (33 + 12+1) * A322 < T312 + 1000*P31322;

!konflik job 21 dan 22 di mesin 3;
T213 + (25 + 9+1) * A213 < T223 + 1000-1000*P21223;
T223 + (22 + 10+1) * A223 < T213 + 1000*P21223;

!konflik job 21 dan 31 di mesin 3;
T213 + (25 + 9+1) * A213 < T313 + 1000-1000*P21313;
T313 + (16 + 7+1) * A313 < T213 + 1000*P21313;

!konflik job 21 dan 32 di mesin 3;
T213 + (25 + 13+1) * A213 < T323 + 1000-1000*P21323;
T323 + (33 + 10+1) * A323 < T213 + 1000*P21323;

!konflik job 22 dan 31 di mesin 3;
T223 + (22 + 11+1) * A223 < T313 + 1000-1000*P22313;



T313 + (16 + 9+1) * A313 < T223 + 1000*P22313;

!konflik job 22 dan 32 di mesin 3;
T223 + (22 + 12+1) * A223 < T323 + 1000-1000*P22323;
T323 + (33 + 9+1) * A323 < T223 + 1000*P22323;

!konflik job 31 dan 32 di mesin 3;
T313 + (16 + 12+1) * A313 < T323 + 1000-1000*P31323;
T323 + (33 + 12+1) * A323 < T313 + 1000*P31323;

!konflik job 11 dan 12 di mesin 5;
T115 + (141 + 11+1) * A115 < T125 + 1000-1000*P11125;
T125 + (179 + 12+1) * A125 < T115 + 1000*P11125;

!konflik job 11 dan 13 di mesin 5;
T115 + (141 + 11+1) * A115 < T135 + 1000-1000*P11135;
T135 + (26 + 12+1) * A135 < T115 + 1000*P11135;

!konflik job 11 dan 14 di mesin 5;
T115 + (141 + 7+1) * A115 < T145 + 1000-1000*P11145;
T145 + (12 + 7+1) * A145 < T115 + 1000*P11145;

!konflik job 12 dan 13 di mesin 5;
T125 + (179 + 11+1) * A125 < T135 + 1000-1000*P12135;
T135 + (26 + 11+1) * A135 < T125 + 1000*P12135;

!konflik job 12 dan 14 di mesin 5;
T125 + (179 + 13+1) * A125 < T145 + 1000-1000*P12145;
T145 + (12 + 12+1) * A145 < T125 + 1000*P12145;

!konflik job 13 dan 14 di mesin 5;
T135 + (26 + 13+1) * A135 < T145 + 1000-1000*P13145;
T145 + (12 + 12+1) * A145 < T135 + 1000*P13145;

!konflik job 11 dan 12 di mesin 6;
T116 + (141 + 11+1) * A116 < T126 + 1000-1000*P11126;
T126 + (179 + 12+1) * A126 < T116 + 1000*P11126;

!konflik job 11 dan 13 di mesin 6;
T116 + (141 + 11+1) * A116 < T136 + 1000-1000*P11136;
T136 + (26 + 12+1) * A136 < T116 + 1000*P11136;

!konflik job 11 dan 14 di mesin 6;
T116 + (141 + 7+1) * A116 < T146 + 1000-1000*P11146;
T146 + (12 + 7+1) * A146 < T116 + 1000*P11146;

!konflik job 12 dan 13 di mesin 6;
T126 + (179 + 11+1) * A126 < T136 + 1000-1000*P12136;
T136 + (26 + 11+1) * A136 < T126 + 1000*P12136;

!konflik job 12 dan 14 di mesin 6;
T126 + (179 + 13+1) * A126 < T146 + 1000-1000*P12146;
T146 + (12 + 12+1) * A146 < T126 + 1000*P12146;

!konflik job 13 dan 14 di mesin 6;
T136 + (26 + 13+1) * A136 < T146 + 1000-1000*P13146;
T146 + (12 + 12+1) * A146 < T136 + 1000*P13146;



!konflik job 13 dan 14 di mesin 7;
T137 + (68 + 12+1) * A137 < T147 + 1000-1000*P13147;
T147 + (33 + 12+1) * A147 < T137 + 1000*P13147;

!konflik job 13 dan 21 di mesin 7;
T137 + (68 + 6+1) * A137 < T217 + 1000-1000*P13217;
T217 + (23 + 10+1) * A217 < T137 + 1000*P13217;

!konflik job 13 dan 22 di mesin 7;
T137 + (68 + 8+1) * A137 < T227 + 1000-1000*P13227;
T227 + (19 + 13+1) * A227 < T137 + 1000*P13227;

!konflik job 13 dan 31 di mesin 7;
T137 + (68 + 6+1) * A137 < T317 + 1000-1000*P13317;
T317 + (15 + 8+1) * A317 < T137 + 1000*P13317;

!konflik job 13 dan 32 di mesin 7;
T137 + (68 + 13+1) * A137 < T327 + 1000-1000*P13327;
T327 + (33 + 13+1) * A327 < T137 + 1000*P13327;

!konflik job 13 dan 41 di mesin 7;
T137 + (68 + 14+1) * A137 < T417 + 1000-1000*P13417;
T417 + (23 + 13+1) * A417 < T137 + 1000*P13417;

!konflik job 14 dan 21 di mesin 7;
T147 + (33 + 10+1) * A147 < T217 + 1000-1000*P14217;
T217 + (23 + 14+1) * A217 < T147 + 1000*P14217;

!konflik job 14 dan 22 di mesin 7;
T147 + (33 + 9+1) * A147 < T227 + 1000-1000*P14227;
T227 + (19 + 14+1) * A227 < T147 + 1000*P14227;

!konflik job 14 dan 31 di mesin 7;
T147 + (33 + 12+1) * A147 < T317 + 1000-1000*P14317;
T317 + (15 + 14+1) * A317 < T147 + 1000*P14317;

!konflik job 14 dan 32 di mesin 7;
T147 + (33 + 13+1) * A147 < T327 + 1000-1000*P14327;
T327 + (33 + 14+1) * A327 < T147 + 1000*P14327;

!konflik job 14 dan 41 di mesin 7;
T147 + (33 + 14+1) * A147 < T417 + 1000-1000*P14417;
T417 + (23 + 14+1) * A417 < T147 + 1000*P14417;

!konflik job 21 dan 22 di mesin 7;
T217 + (23 + 9+1) * A217 < T227 + 1000-1000*P21227;
T227 + (19 + 10+1) * A227 < T217 + 1000*P21227;

!konflik job 21 dan 31 di mesin 7;
T217 + (23 + 9+1) * A217 < T317 + 1000-1000*P21317;
T317 + (15 + 7+1) * A317 < T217 + 1000*P21317;

!konflik job 21 dan 32 di mesin 7;
T217 + (23 + 13+1) * A217 < T327 + 1000-1000*P21327;
T327 + (33 + 10+1) * A327 < T217 + 1000*P21327;

!konflik job 21 dan 41 di mesin 7;
T217 + (23 + 13+1) * A217 < T417 + 1000-1000*P21417;



```
T417 + ( 23 + 10+1) * A417 < T217 + 1000*P21417;

!konflik job 22 dan 31 di mesin 7;
T227 + ( 19 + 11+1) * A227 < T317 + 1000-1000*P22317;
T317 + ( 15 + 9+1) * A317 < T227 + 1000*P22317;

!konflik job 22 dan 32 di mesin 7;
T227 + ( 19 + 12+1) * A227 < T327 + 1000-1000*P22327;
T327 + ( 33 + 9+1) * A327 < T227 + 1000*P22327;

!konflik job 22 dan 41 di mesin 7;
T227 + ( 19 + 12+1) * A227 < T417 + 1000-1000*P22417;
T417 + ( 23 + 9+1) * A417 < T227 + 1000*P22417;

!konflik job 31 dan 32 di mesin 7;
T317 + ( 15 + 12+1) * A317 < T327 + 1000-1000*P31327;
T327 + ( 33 + 12+1) * A327 < T317 + 1000*P31327;

!konflik job 31 dan 41 di mesin 7;
T317 + ( 15 + 12+1) * A317 < T417 + 1000-1000*P31417;
T417 + ( 23 + 11+1) * A417 < T317 + 1000*P31417;

!konflik job 32 dan 41 di mesin 7;
T327 + ( 33 + 3+1) * A327 < T417 + 1000-1000*P32417;
T417 + ( 23 + 3+1) * A417 < T327 + 1000*P32417;

!alternatif pemilihan mesin;
A115 + A116 = 1;
A125 + A126 = 1;
A135 + A136 + A137 = 1;
A145 + A146 + A147 = 1;
A212 + A213 + A217 = 1;
A222 + A223 + A227 = 1;
A312 + A313 + A317 = 1;
A322 + A323 + A327 = 1;
A417 = 1;

@GIN(C11); @GIN(C12); @GIN(C13); @GIN(C14); @GIN(C21); @GIN(C22);
@GIN(C31); @GIN(C32); @GIN(C41);
@GIN(T115); @GIN(T116); @GIN(T118); @GIN(T119);
@GIN(T125); @GIN(T126); @GIN(T128); @GIN(T129);
@GIN(T135); @GIN(T136); @GIN(T137); @GIN(T138); @GIN(T139);
@GIN(T145); @GIN(T146); @GIN(T147); @GIN(T148); @GIN(T149);
@GIN(T212); @GIN(T213); @GIN(T217); @GIN(T218); @GIN(T219);
@GIN(T222); @GIN(T223); @GIN(T227); @GIN(T228); @GIN(T229);
@GIN(T312); @GIN(T313); @GIN(T317); @GIN(T318); @GIN(T319);
@GIN(T322); @GIN(T323); @GIN(T327); @GIN(T328); @GIN(T329);
@GIN(T417); @GIN(T418); @GIN(T419);
@BIN(P21222); @BIN(P21312); @BIN(P21322);
@BIN(P22312); @BIN(P22322);
@BIN(P31322);
@BIN(P21223); @BIN(P21313); @BIN(P21323);
@BIN(P22313); @BIN(P22323);
@BIN(P31323);
@BIN(P11125); @BIN(P11135); @BIN(P11145);
@BIN(P12135); @BIN(P12145);
@BIN(P13145);
@BIN(P11126); @BIN(P11136); @BIN(P11146);
```



@BIN (P12136) ; @BIN (P12146) ;
@BIN (P13146) ;
@BIN (P13147) ; @BIN (P13217) ; @BIN (P13227) ; @BIN (P13317) ;
@BIN (P13327) ; @BIN (P13417) ;
@BIN (P14217) ; @BIN (P14227) ; @BIN (P14317) ; @BIN (P14327) ;
@BIN (P14417) ;
@BIN (P21227) ; @BIN (P21317) ; @BIN (P21327) ; @BIN (P21417) ;
@BIN (P22317) ; @BIN (P22327) ; @BIN (P22417) ;
@BIN (P31327) ; @BIN (P31417) ;
@BIN (P32417) ;
@BIN (A212) ; @BIN (A222) ; @BIN (A312) ; @BIN (A322) ;
@BIN (A213) ; @BIN (A223) ; @BIN (A313) ; @BIN (A323) ;
@BIN (A115) ; @BIN (A125) ; @BIN (A135) ; @BIN (A145) ;
@BIN (A116) ; @BIN (A126) ; @BIN (A136) ; @BIN (A146) ;
@BIN (A137) ; @BIN (A147) ; @BIN (A217) ; @BIN (A227) ; @BIN (A317) ;
@BIN (A327) ; @BIN (A417) ;

APPENDIKS C

SOLUSI

Global optimal solution found at iteration: 289554
 Objective value: 1154.000

Variable	Value	Reduced Cost
C11	323.0000	1.000000
C12	373.0000	1.000000
C13	92.00000	1.000000
C14	53.00000	1.000000
C21	68.00000	1.000000
C22	91.00000	1.000000
C31	37.00000	1.000000
C32	80.00000	1.000000
C41	37.00000	1.000000
T119	206.0000	0.000000
T129	252.0000	0.000000
T139	37.00000	0.000000
T149	20.00000	0.000000
T219	52.00000	0.000000
T229	28.00000	0.000000
T319	20.00000	0.000000
T329	66.00000	0.000000
T419	27.00000	0.000000
T115	0.000000	0.000000
A115	0.000000	0.000000
T118	161.0000	0.000000
T116	20.00000	0.000000
A116	1.000000	0.000000
T125	38.00000	0.000000
A125	1.000000	0.000000
T128	217.0000	0.000000
T126	173.0000	0.000000
A126	0.000000	0.000000
T135	0.000000	0.000000
A135	1.000000	0.000000
T138	26.00000	0.000000
T136	0.000000	0.000000
A136	0.000000	0.000000
T137	0.000000	0.000000
A137	0.000000	0.000000
T145	0.000000	0.000000
A145	0.000000	0.000000
T148	12.00000	0.000000
T146	0.000000	0.000000
A146	1.000000	0.000000
T147	0.000000	0.000000
A147	0.000000	0.000000
T212	24.00000	0.000000
A212	1.000000	0.000000



T218	49.00000	0.000000
T213	49.00000	0.000000
A213	0.000000	0.000000
T217	0.000000	0.000000
A217	0.000000	0.000000
T222	0.000000	0.000000
A222	0.000000	0.000000
T228	22.00000	0.000000
T223	0.000000	0.000000
A223	1.000000	0.000000
T227	0.000000	0.000000
A227	0.000000	0.000000
T312	0.000000	0.000000
A312	1.000000	0.000000
T318	16.00000	0.000000
T313	0.000000	0.000000
A313	0.000000	0.000000
T317	0.000000	0.000000
A317	0.000000	0.000000
T322	0.000000	0.000000
A322	0.000000	0.000000
T328	60.00000	0.000000
T323	60.00000	0.000000
A323	0.000000	0.000000
T327	27.00000	0.000000
A327	1.000000	0.000000
T417	0.000000	0.000000
A417	1.000000	0.000000
T418	23.00000	0.000000
P21222	0.000000	0.000000
P21312	0.000000	0.000000
P21322	0.000000	0.000000
P22312	1.000000	0.000000
P22322	0.000000	0.000000
P31322	0.000000	0.000000
P21223	0.000000	0.000000
P21313	0.000000	0.000000
P21323	1.000000	0.000000
P22313	0.000000	0.000000
P22323	1.000000	0.000000
P31323	1.000000	0.000000
P11125	1.000000	0.000000
P11135	1.000000	0.000000
P11145	0.000000	0.000000
P12135	0.000000	0.000000
P12145	0.000000	0.000000
P13145	0.000000	0.000000
P11126	1.000000	0.000000
P11136	0.000000	0.000000
P11146	0.000000	0.000000
P12136	0.000000	0.000000
P12146	0.000000	0.000000
P13146	1.000000	0.000000
P13147	0.000000	0.000000
P13217	0.000000	0.000000
P13227	0.000000	0.000000
P13317	0.000000	0.000000
P13327	1.000000	0.000000



P13417	1.000000	0.000000
P14217	0.000000	0.000000
P14227	0.000000	0.000000
P14317	1.000000	0.000000
P14327	1.000000	0.000000
P14417	1.000000	0.000000
P21227	0.000000	0.000000
P21317	0.000000	0.000000
P21327	1.000000	0.000000
P21417	1.000000	0.000000
P22317	1.000000	0.000000
P22327	1.000000	0.000000
P22417	1.000000	0.000000
P31327	1.000000	0.000000
P31417	1.000000	0.000000
P32417	0.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	1154.0000	-1.000000
2	157.0000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	35.00000	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	148.0000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	163.0000	0.000000
9	0.000000	0.000000
10	172.0000	0.000000
11	0.000000	0.000000
12	101.0000	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	227.0000	0.000000
15	0.000000	0.000000
16	88.00000	0.000000
17	0.000000	0.000000
18	131.0000	0.000000
19	0.000000	0.000000
20	161.0000	0.000000
21	0.000000	0.000000
22	0.000000	0.000000
23	0.000000	0.000000
24	44.00000	0.000000
25	0.000000	0.000000
26	0.000000	0.000000
27	26.00000	0.000000
28	26.00000	0.000000
29	0.000000	0.000000
30	12.00000	0.000000
31	0.000000	0.000000
32	12.00000	0.000000
33	0.000000	0.000000
34	0.000000	0.000000
35	0.000000	0.000000
36	49.00000	0.000000
37	0.000000	0.000000
38	22.00000	0.000000
39	0.000000	0.000000
40	22.00000	0.000000



41	0.000000	0.000000
42	0.000000	0.000000
43	16.00000	0.000000
44	16.00000	0.000000
45	0.000000	0.000000
46	60.00000	0.000000
47	0.000000	0.000000
48	0.000000	0.000000
49	0.000000	0.000000
50	0.000000	0.000000
51	0.000000	0.000000
52	941.0000	0.000000
53	24.00000	0.000000
54	941.0000	0.000000
55	0.000000	0.000000
56	937.0000	0.000000
57	24.00000	0.000000
58	0.000000	0.000000
59	974.0000	0.000000
60	1000.000	0.000000
61	0.000000	0.000000
62	971.0000	0.000000
63	0.000000	0.000000
64	951.0000	0.000000
65	16.00000	0.000000
66	951.0000	0.000000
67	49.00000	0.000000
68	11.00000	0.000000
69	989.0000	0.000000
70	966.0000	0.000000
71	0.000000	0.000000
72	25.00000	0.000000
73	940.0000	0.000000
74	60.00000	0.000000
75	940.0000	0.000000
76	38.00000	0.000000
77	770.0000	0.000000
78	0.000000	0.000000
79	961.0000	0.000000
80	1000.000	0.000000
81	0.000000	0.000000
82	771.0000	0.000000
83	0.000000	0.000000
84	769.0000	0.000000
85	38.00000	0.000000
86	960.0000	0.000000
87	0.000000	0.000000
88	0.000000	0.000000
89	847.0000	0.000000
90	827.0000	0.000000
91	20.00000	0.000000
92	831.0000	0.000000
93	0.000000	0.000000
94	827.0000	0.000000
95	173.0000	0.000000
96	827.0000	0.000000
97	148.0000	0.000000
98	0.000000	0.000000



99	975.0000	0.000000
100	1000.000	0.000000
101	0.000000	0.000000
102	1000.000	0.000000
103	0.000000	0.000000
104	1000.000	0.000000
105	0.000000	0.000000
106	1000.000	0.000000
107	0.000000	0.000000
108	27.00000	0.000000
109	926.0000	0.000000
110	0.000000	0.000000
111	963.0000	0.000000
112	1000.000	0.000000
113	0.000000	0.000000
114	1000.000	0.000000
115	0.000000	0.000000
116	0.000000	0.000000
117	1000.000	0.000000
118	27.00000	0.000000
119	925.0000	0.000000
120	0.000000	0.000000
121	962.0000	0.000000
122	1000.000	0.000000
123	0.000000	0.000000
124	1000.000	0.000000
125	0.000000	0.000000
126	27.00000	0.000000
127	929.0000	0.000000
128	0.000000	0.000000
129	966.0000	0.000000
130	0.000000	0.000000
131	1000.000	0.000000
132	27.00000	0.000000
133	930.0000	0.000000
134	0.000000	0.000000
135	967.0000	0.000000
136	27.00000	0.000000
137	927.0000	0.000000
138	0.000000	0.000000
139	965.0000	0.000000
140	936.0000	0.000000
141	0.000000	0.000000
142	0.000000	0.000000
143	0.000000	0.000000
144	0.000000	0.000000
145	0.000000	0.000000
146	0.000000	0.000000
147	0.000000	0.000000
148	0.000000	0.000000
149	0.000000	0.000000
150	0.000000	0.000000