

**USULAN PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN
MENGUNAKAN METODE *SHIFTING BOTTLENECK
HEURISTIC* DENGAN KRITERIA MINIMASI MAKESPAN
(STUDI KASUS DI PT. PRI ADHI HUSADA, YOGYAKARTA)**

**PRODUCTION SCHEDULING PROPOSAL BY USING
METHOD *SHIFTING BOTTLENECK HEURISTIC* WITH
MINIMIZE MAKESPAN CRITERION
(CASE STUDY IN PT. PRI ADHI HUSADA, YOGYAKARTA)**

Josef Tirta Himawan¹, Santoso², Vivi Arisandhy³
josefirta@yahoo.co.id, santoso@eng. maranatha. edu,
vivi.arisandhy@eng. maranatha.edu

Abstrak

PT. Pri Adhi Husada merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang industri batu, dimana jenis produk utama yang dihasilkan oleh perusahaan ini adalah tile, wall, mozaic. Bentuk ketiga produk tersebut dapat dibuat bervariasi sesuai dengan pesanan, karena itu perusahaan ini tergolong perusahaan yang menggunakan sistem produksi make to order. Konsumen dari perusahaan ini terbagi menjadi 2 yaitu konsumen luar negeri dan dalam negeri. Masalah yang sering dihadapi oleh perusahaan ini adalah keterlambatan dalam menyelesaikan pesanan. Dampak dari masalah tersebut adalah perusahaan akan memperoleh penalty 1% per hari keterlambatan atau bahkan kehilangan kepuasan konsumen.

Penyebab terjadinya keterlambatan adalah metode perusahaan yang diterapkan dalam melakukan penjadwalan pekerjaan (job) atas pesanan-pesanan yang ada kurang tepat. Pesanan yang dijadwalkan untuk diproduksi pertama kali adalah pesanan yang memiliki waktu pembayaran tercepat (pembayaran pesanan yang dilakukan secara kontan). Oleh karena itu sering kali menyebabkan pesanan yang dapat dikerjakan dengan waktu proses yang relatif singkat terabaikan. Penelitian dilakukan terhadap pesanan dengan periode penerimaan pesanan tanggal 2 sampai 6 Januari 2007. Pada periode tersebut terdapat 8 pesanan yang diterima, 4 pesanan diantaranya mengalami keterlambatan.

Oleh karena itu penulis akan memberikan usulan penjadwalan pesanan dengan menggunakan metode "Shifting Bottleneck Heuristic". Metode tersebut dikembangkan terlebih dahulu dengan alasan agar sesuai dengan keadaan yang terdapat dalam perusahaan, dimana perusahaan memiliki paralel mesin dalam menyelesaikan pesanan. Metode tersebut diusulkan karena karakteristik dari metode yang diusulkan sesuai dengan sistem produksi yang diterapkan oleh perusahaan yaitu job shop atau make to order.

Hasil akhir dari metode yang diusulkan cukup baik, dimana pada perhitungan usulan tidak terdapat pesanan yang terlambat. Selain itu makespan yang diperoleh dari metode usulan lebih kecil dibandingkan dengan kondisi aktual, dimana makespan aktual adalah sebesar 4222 menit (1 minggu lebih 2 hari kerja)

¹ Josef Tirta Himawan, mahasiswa jurusan Teknik Industri Universitas Kristen Maranatha Bandung

² Santoso, dosen jurusan Teknik Industri Universitas Kristen Maranatha Bandung

³ Vivi Arisandhy, dosen jurusan Teknik Industri Universitas Kristen Maranatha Bandung

sedangkan makespan usulan sebesar 2860 menit (1minggu hari kerja). Dengan makespan yang lebih kecil maka periode produksi untuk periode penerimaan pesanan berikutnya tidak terganggu, karena semua mesin yang akan dipakai siap pada waktu yang sama.

Kata kunci : penjadwalan produksi, makespan, mesin parallel, sistem produksi.

Abstract

PT. Pri Adhi Husada is a company which active in stone industry, where principal product type by this company is tile, wall, mozaic. Three form of the product can be varies as according to order, in consequence this company pertained company using system produce of make to order. Consumer from this company divided to become 2 that is overseas consumer and in country. Problem that is often faced by this company is delay in finalizing order. Impact of problem is company will obtain penalty 1% per day delay or even losing of satisfaction of consumer.

Causative the happening of delay is company method applied in doing work job scheduling for the not accurate orders. Order scheduled for produced first time was order having quickest payment time (payment of order done cashly). Therefore frequently causes workable order with process time that is relatively short uncared. Research is done to order with order acceptance receiving period of date of 2 until 6 January 2007. At the period there is 8 order received, 4 order between it is experiencing delay.

Therefore writer will give order scheduling proposal by using method " Shifting Bottleneck Heuristic". The method is developed beforehand with reason of that as according to state which there is intracorporate, where company has parallel machine in finalizing order. The method is proposed by characteristic from method proposed as according to production system applied by company that is job shop or make to order.

End result from method proposed is good, where at calculation proposal there are no order that is overdue. Besides makespan obtained from smaller proposal method compared to actual condition, where actual makespan is 4222 minutes (1 week is more 2 workday) while makespan proposal 2860 minutes (1minggu workday). With makespan which is smaller hence period produce of the next order receiving period not annoyed, because all engines which will be used ready at the same time.

Keyword : production scheduling, makespan, parallel machine, production system.

1. Pendahuluan

Perencanaan dan pengendalian produksi adalah alternatif yang dapat mendukung perusahaan berada dalam keadaan optimal, dimana perusahaan dapat meminimasi ongkos untuk melakukan produksi. Oleh karena itu perencanaan dan pengendalian produksi sangat diperlukan dalam perusahaan. Banyak cara yang dapat dilakukan dalam melakukan perencanaan dan pengendalian produksi diantaranya adalah melakukan penjadwalan pekerjaan (*job*) yang akan diproduksi dengan tujuan agar dapat meminimasi *makespan* sehingga pada akhirnya dapat menyelesaikan *job*

yang akan dibuat dengan tepat waktu, tepat jumlah, tepat jenis dan tepat kualitas.

Dengan adanya penjadwalan *job* yang baik, maka *order* yang diterima dapat disediakan sesuai dengan *due date* yang telah ditentukan sebelumnya. Banyak perusahaan yang bergerak di bidang industri memerlukan penjadwalan pekerjaan (*job*) yang baik, dengan tujuan agar dapat meraih kepuasan konsumen. Banyaknya pesanan yang dapat diterima oleh perusahaan dipengaruhi oleh kepuasan konsumen.

PT. Pri Adhi Husada adalah perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan *tile, wall, mozaic*. Perusahaan ini berlokasi di Jln. Magelang Km. 15, Yogyakarta. Dalam menjalankan produksinya perusahaan menyesuaikan dengan keinginan konsumen atau dikenal dengan istilah *make to order*. Saat ini perusahaan sering kali mengalami keterlambatan dalam penyediaan pesanan. Faktor yang menyebabkan keadaan tersebut adalah perusahaan dalam menentukan penjadwalan pekerjaan (*job*) dari setiap pesanan yang diterima berorientasi pada pesanan dengan waktu pembayaran tercepat dan mendatangkan keuntungan besar. Hal tersebut merupakan masalah kritis yang harus ditanggulangi oleh pihak perusahaan, karena jika masalah tersebut tidak ditanggulangi dengan segera maka akan sering terjadi keterlambatan dalam menyelesaikan pesanan, sehingga pada akhirnya konsumen merasa tidak puas atas kinerja perusahaan.

Konsumen dari perusahaan ini terbagi dua kategori yaitu konsumen dalam negeri dan konsumen luar negeri. Apabila keterlambatan dalam penyediaan pesanan terjadi pada pesanan yang diberikan oleh konsumen dalam negeri maka perusahaan akan mengalami denda sebesar 1% dari total harga yang harus dibayar oleh konsumen serta kehilangan kepuasan konsumen, mengingat perusahaan yang bergerak pada bidang ini tergolong cukup banyak. Sedangkan apabila keterlambatan penyediaan pesanan terjadi pada pesanan yang diberikan oleh konsumen luar negeri, maka perusahaan harus menanggung kerugian berupa denda sebesar 1% dari total harga yang harus dibayar oleh konsumen.

2. Identifikasi Masalah

Dari latar belakang masalah di atas, penulis mengidentifikasi masalah yang dialami perusahaan yaitu metode atau prosedur yang diterapkan perusahaan dalam melakukan penjadwalan kurang tepat, dimana penjadwalan yang diterapkan perusahaan tidak memperhitungkan waktu penyelesaian dari masing-masing proses dalam pembuatan produk. Hal tersebut memungkinkan terjadinya keterlambatan penyelesaian dari pesanan konsumen, sehingga pada akhirnya dapat menimbulkan kerugian bagi pihak perusahaan berupa ketidakpuasan konsumen dan pembayaran denda. Selain itu kerugian yang mungkin timbul adalah terhambatnya proses produksi untuk periode penerimaan pesanan berikutnya.

3. Batasan Masalah dan Asumsi

Dengan tujuan agar penelitian yang akan dilakukan lebih terfokus pada permasalahan yang akan dibahas, pembatasan masalah dan asumsi yang digunakan sebagai berikut:

3.1 Batasan Masalah

Data penelitian berdasarkan data pesanan bulan Januari 2007 (periode penerimaan pesanan ke-1) yaitu tanggal 2-6 januari 2007.

3.2 Asumsi

1. Tenaga kerja yang dipekerjakan sudah bekerja dengan wajar sehingga waktu proses yang dilakukan operator selalu konsisten.
2. Bahan baku yang digunakan selalu tersedia sehingga tidak terjadi waktu untuk menunggu kedatangan bahan baku.
3. Mesin yang digunakan dalam keadaan baik sehingga tidak terjadi waktu proses yang terbuang untuk menunggu perbaikan mesin.

4. Perumusan Masalah

1. Apa kelemahan dari penjadwalan *job* yang diterapkan oleh pihak perusahaan?
2. Usulan apa yang diberikan kepada pihak perusahaan dalam mengantisipasi keterlambatan *job*?
3. Apa kelebihan dari usulan yang diberikan agar dapat meminimalkan atau bahkan menghilangkan adanya *job* yang telat?

5. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui metode penjadwalan *job* yang sedang diterapkan saat ini.
2. Memberikan alternatif berupa penjadwalan *job* yang dapat diterapkan oleh pihak perusahaan dalam mengantisipasi keterlambatan *job*.
3. Mengetahui kelebihan dari metode yang diusulkan.

6. Tinjauan Pustaka

6.1 Penjadwalan

1. Pengertian penjadwalan
Penjadwalan merupakan proses pengalokasian sumber daya untuk mengerjakan tugas dalam jangka waktu tertentu (1, 2). Penjadwalan merupakan proses pengurutan pembuatan produk secara menyeluruh pada sejumlah mesin tertentu dan pengurutan tersebut didefinisikan sebagai proses pembuatan produk dengan menggunakan mesin dalam jangka waktu tertentu (3, 9). Penjadwalan merupakan pengurutan pekerjaan yang harus dilakukan dengan memperhitungkan sumber daya yang mungkin berubah-ubah (5, 185).

Dari ketiga definisi di atas dapat disimpulkan bahwa penjadwalan merupakan langkah yang dilakukan untuk mengambil keputusan dalam menyusun jadwal pekerjaan yang harus dilakukan dengan memperhitungkan sumber daya yang akan digunakan.

2. Fungsi penjadwalan

Fungsi dari penjadwalan adalah (1, 2)

- Menyediakan produk.
- Menyediakan produk sesuai dengan waktu yang diinginkan.
- Memprediksi kesiapan setiap sumber daya yang diperlukan.

3. Notasi umum dalam penjadwalan

Sebelum melakukan pengukuran performansi penjadwalan dibutuhkan beberapa notasi yang didefinisikan diantaranya adalah (4, 15):

1. Pekerjaan/*job* (i)

Pekerjaan yang datang dari konsumen atau aktivitas yang akan dilakukan pada rantai produksi.

2. Waktu siap/*ready time* (r_i)

Waktu dimana suatu pekerjaan/*job* dapat dikerjakan.

3. Waktu proses/*processing time* (t_i)

Perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan pekerjaan.

4. Batas waktu/*due date* (d_i)

Batas waktu yang ditetapkan untuk suatu pekerjaan harus selesai dikerjakan.

5. Waktu alir/*flow time* (F_i)

Rentang waktu antara saat suatu pekerjaan dapat dimulai (*available*) dan saat pekerjaan tersebut selesai dikerjakan.

6. Waktu penyelesaian/*completion time* (C_i)

Rentang waktu antara awal pekerjaan pada pekerjaan pertama ($t = 0$) dan selesainya pekerjaan tersebut.

7. Kelambatan/*lateness* (L_i)

Selesih antara waktu penyelesaian pekerjaan dengan batas waktunya

$L_i = C_i - d_i$. Terdapat tiga kemungkinan yakni:

$L_i < 0$, terjadi jika pekerjaan selesai sebelum batas waktu yang ditentukan.

$L_i = 0$, terjadi jika pekerjaan selesai tepat pada waktu yang ditentukan.

$L_i > 0$, terjadi jika pekerjaan selesai setelah batas waktu yang ditentukan atau terlambat.

8. Kelambatan *positif/tardiness* (T_i)

Ukuran kelambatan yang *positif* $T_i = \max [0, L_i]$

Hal tersebut terjadi jika pekerjaan selesai setelah waktu yang ditentukan, sehingga pekerjaan tersebut dikategorikan sebagai pekerjaan yang terlambat.

9. Kelambatan *negatif/earliness* (E_i)

Ukuran kelambatan yang *negatif* $E_i = \max [-L_i, 0]$

Hal tersebut terjadi jika pekerjaan selesai sebelum waktu yang ditentukan, sehingga pekerjaan tersebut dikategorikan sebagai pekerjaan terlalu cepat selesai.

10. Kelonggaran/*slack* (Sl_i)

Waktu yang tersisa dari suatu pekerjaan yaitu selisih antara batas waktu dengan waktu prosesnya $Sl_i = d_i - t_i$.

4. Pengukuran Performansi Penjadwalan

Pengukuran akan performansi penjadwalan terbagi menjadi sembilan kriteria, dimana kesembilan kriteria tersebut terbagi lagi menjadi tiga bagian yang didasarkan pada tujuan penjadwalan, berikut adalah sembilan kriteria yang diperhitungkan dalam mengukur performansi penjadwalan:

1. Waktu menganggur dari mesin/*Idle time of machine*
2. Waktu penyelesaian seluruh pesanan/*Makespan*
3. Rata-rata dari rentang waktu pengerjaan pekerjaan/*Mean flow time*
4. Rata-rata waktu antrian/*Mean queue time*
5. Rata-rata pekerjaan/*job* dalam sistem/*Mean number of jobs in the systems*
6. Rata-rata kelambatan dalam menyediakan pekerjaan/*Mean lateness of job*
7. Rata-rata terlalu cepatnya menyediakan pekerjaan/*Mean earliness of job*
8. Rata-rata jumlah pekerjaan yang mengalami kelambatan/*Mean tardiness of job*
9. Persentase dari kelambatan pekerjaan/*Percentage of job late*

6.2 Penjadwalan *Shifting Bottleneck Heuristic*

1. Prosedur Penjadwalan *Shifting Bottleneck Heuristic*

Untuk melakukan penjadwalan dengan menggunakan metode *Shifting Bottleneck Heuristic* diperlukan beberapa langkah yaitu:

Step 1

- Mengidentifikasi mesin yang akan dijadwalkan $M_0 = \emptyset$.
- Membuat *graph* G .
- Menghitung waktu yang dibutuhkan untuk membuat *job* (C_j), lalu menentukan waktu yang terlama sebagai *makespan* (C_{max}).

Step 2

- Memperkirakan waktu siap (r_j).
- Menghitung kelambatan dari masing-masing mesin (L).

Step 3

- Perhitungkan mesin yang memiliki kelambatan terbesar atau terlama (L).
- Jadwalkan mesin yang memiliki kelambatan maksimum (L_{max}).
- Cantumkan lintasan mesin yang telah dijadwalkan pada *graph* G .

Step 4

- Memperkirakan waktu siap (r_j).
- Melakukan penjadwalan pada mesin yang belum terjadwalkan.

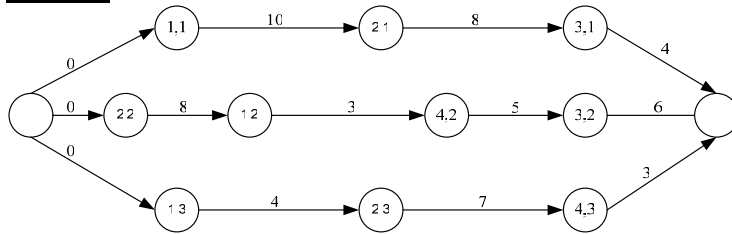
Step 5

- Lakukan penjadwalan samapai jumlah mesin yang dijadwalkan = jumlah mesin yang ada.
2. Notasi *Shifting Bottleneck Heuristic*
Notasi-notasi yang digunakan dalam melakukan penjadwalan dengan menggunakan metode *Shifting Bottleneck Heuristic*:
1. Waktu proses (P_{ij}), waktu yang dibutuhkan untuk memproses *job* i di mesin atau urutan proses j.
 2. Waktu siap/*ready time* (R_{ij}), waktu *ready time* untuk *job* i yang akan diproses pada mesin atau urutan proses j.
 3. Batas waktu/*due date* (d_{ij}), batas waktu dari waktu untuk memproses *job* i pada mesin atau urutan proses j.
 4. Waktu selesai (C^*), waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses *job* i pada mesin atau urutan proses j.
 5. Waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan *job* i (CP).
 6. Lintasan terpanjang (LB).
 7. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan berdasarkan kemungkinan urutan yang dapat dibentuk untuk masing-masing mesin (C_j).
 8. Kelambatan untuk masing-masing kemungkinan urutan yang terbentuk (L^*).
 9. Kelambatan minimum untuk masing-masing kemungkinan urutan yang terbentuk pada mesin j (L_{\min}).
3. Contoh kasus yang diselesaikan *Shifting Bottleneck Heuristic*
Data mengenai contoh kasus yang akan diselesaikan metode *Shifting Bottleneck Heuristic* terdiri dari jenis *job*, urutan dari proses yang dibutuhkan dalam menyelesaikan *job* untuk masing-masing *job*, waktu siap/*ready time* dan waktu proses dalam menyelesaikan *job* (6, 7.169). Hal-hal tersebut dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 1
Data Dari Contoh Kasus

Job	Urutan Mesin	Waktu Proses
1	1,2,3	$P_{11} = 10, P_{21} = 8, P_{31} = 4$
2	2,1,4,3	$P_{22} = 8, P_{12} = 3, P_{42} = 5, P_{32} = 6$
3	1,2,4	$P_{13} = 4, P_{23} = 7, P_{43} = 3$

Sumber (6, 7.169)

Iterasi 1

Sumber (6, 7.169)

Gambar 1
Graph G Contoh Kasus

Tabel 2
Perhitungan Iterasi 1

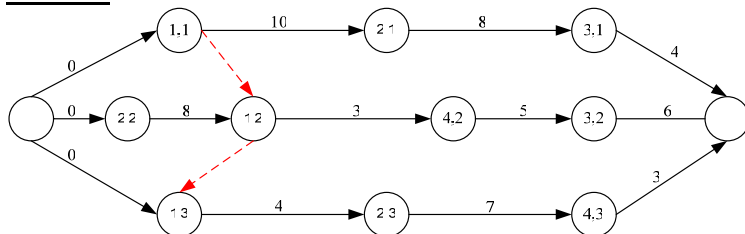
Mesin	1			2			3		4	
Job	1	2	3	1	2	3	1	2	2	3
r_j	0	8	0	10	0	4	18	16	11	11
p_j	10	3	4	8	8	7	4	6	5	3
C^*	10	11	4	18	8	11	22	22	16	14
CP	22	22	14	22	22	14	22	22	22	14
LB	22			22			22		22	
d_j	10	11	12	18	8	19	22	22	16	22

Sumber (6, 7.169)

Contoh perhitungan d_j mesin 1 *job* 1:

$$d_j = LB - (C_p - P_j) \rightarrow 22 - (22 - 10) = 10$$

Kesimpulan dari perhitungan yang dilakukan pada iterasi 1 adalah mesin 1 dijadwalkan dengan urutan proses *job* 1 \rightarrow *job* 2 \rightarrow *job* 3.

Iterasi 2

Sumber (6, 7.169)

Gambar 2
Graph G Contoh Kasus Mesin 1 Dijadwalkan

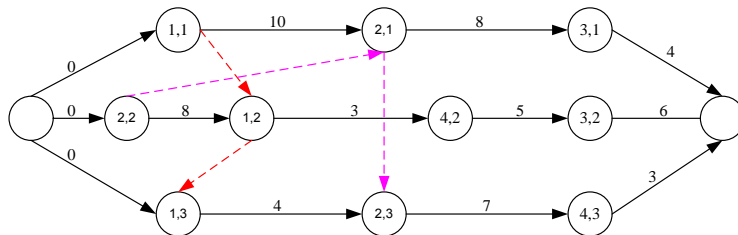
Tabel 3
Perhitungan Iterasi 2

Mesin	2			3		4	
Job	1	2	3	1	2	2	3
r_j	10	0	17	18	18	13	24
p_j	8	8	7	4	6	5	3
C^*	18	8	24	22	24	18	27
CP	22	24	27	22	24	24	27
LB	27			27		27	
d_j	23	11	24	27	27	21	27

Sumber (6, 7.169)

Kesimpulan dari perhitungan yang dilakukan pada iterasi 2 adalah mesin 2 dijadwalkan dengan urutan proses $job\ 2 \rightarrow job\ 1 \rightarrow job\ 3$.

Iterasi 3



Sumber (6, 7.169)

Gambar 3
Graph G Iterasi 3

Tabel 4
Perhitungan Iterasi 3

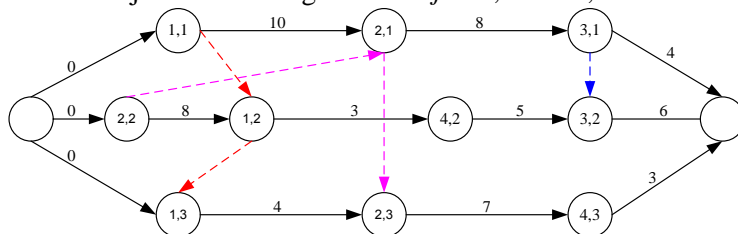
Mesin	3		4	
Job	1	2	2	3
r_j	18	18	13	40
p_j	4	6	5	3
C^*	22	24	18	43
CP	22	24	24	43
LB	27		27	
d_j	27	27	21	27

Sumber (6, 7.169)

Kesimpulan dari perhitungan yang dilakukan pada iterasi 3 adalah mesin 3 dijadwalkan dengan urutan proses $job\ 1 \rightarrow job\ 2$.

Iterasi 4

Mesin 3 dijadwalkan dengan urutan $job\ 1,2$ dan $2,1$.



Sumber (6, 7.169)

Gambar 4
Graph G Iterasi 4 Mesin 3 dijadwalkan

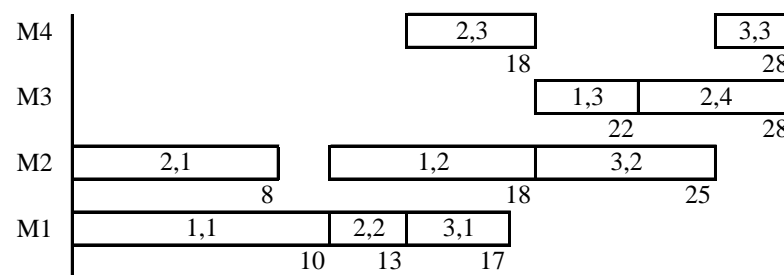
Tabel 5
Perhitungan Iterasi 4

Mesin	4	
Job	2	3
r_i	13	40
p_j	5	3
C^*	18	43
CP	22	43
LB	28	
d_j	24	0

Sumber (6, 7.169)

Kesimpulan dari perhitungan yang dilakukan pada iterasi 4 adalah mesin 4 dijadwalkan dengan urutan proses *job 2* → *job 3*.

Gantt Chart dari hasil penjadwalan



Sumber (6, 7.169)

Gambar 5
Gantt Chart

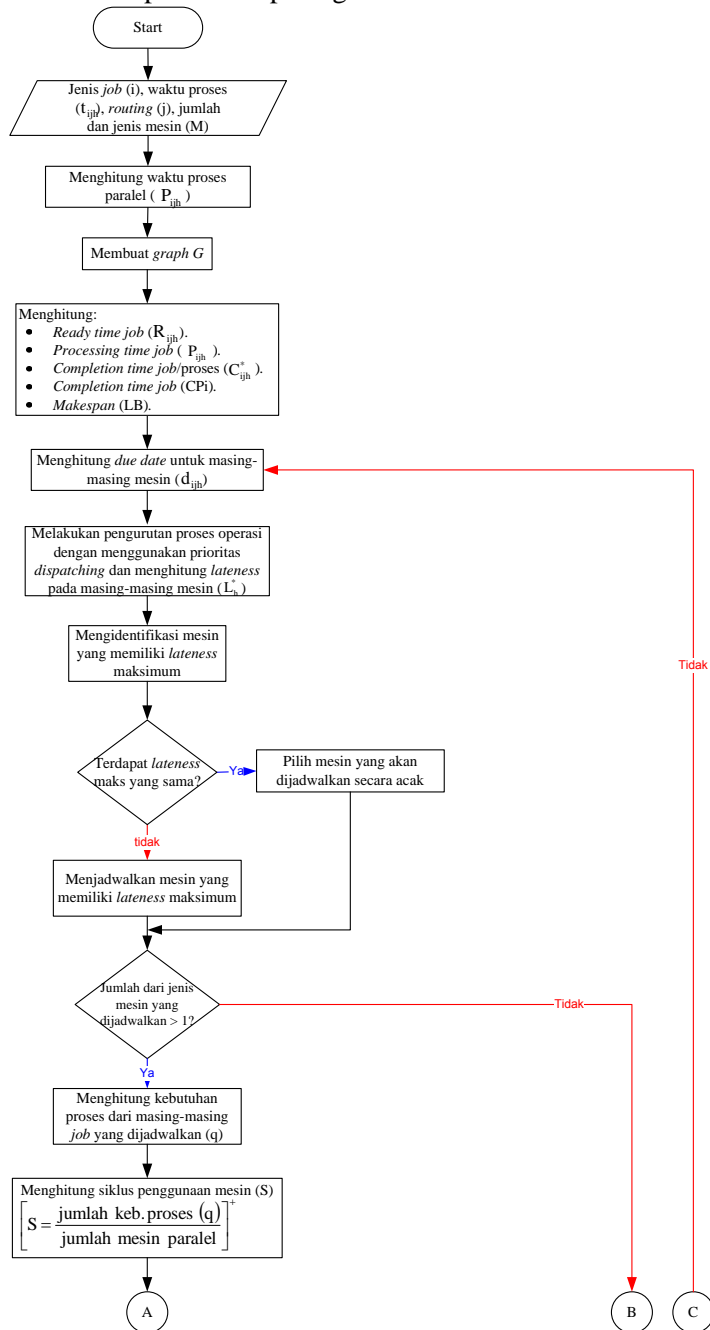
7. Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian tentunya diperlukan kumpulan data sebagai sarana untuk proses pengolahan data dalam mengatasi kendala perusahaan. Sesuai dengan kendala tersebut, maka data yang diperlukan adalah:

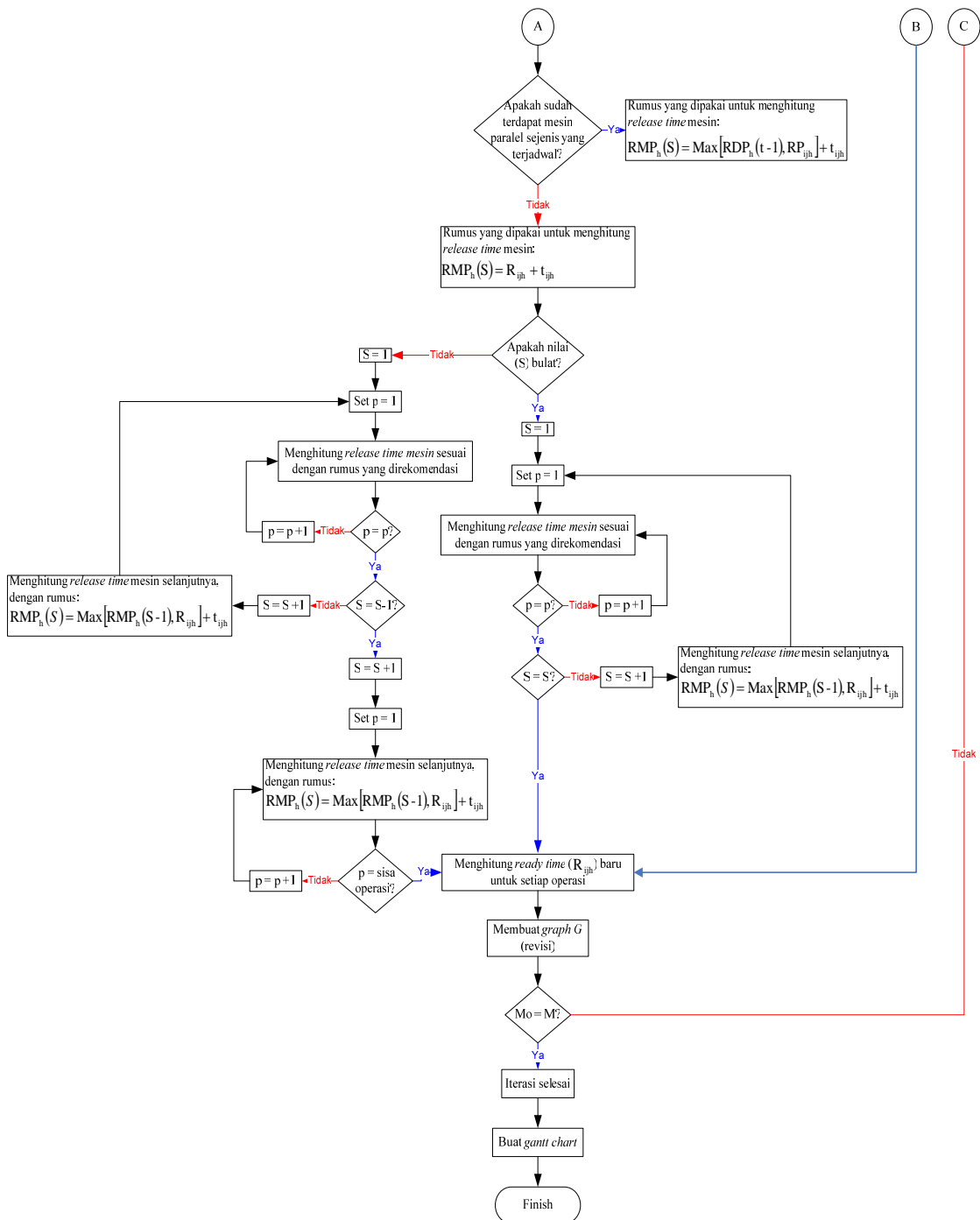
1. Urutan proses dan waktu pengerjaan dimasing-masing departemen.
2. Data permintaan yang meliputi jenis dan jumlah pesanan.
3. Batas waktu pengiriman (*due date*) pesanan.
4. Jumlah mesin disetiap departemen.
5. Jumlah kebutuhan bahan baku untuk setiap pesanan.

8. Metodologi Pengolahan Data

Dalam melakukan pengolahan data diperlukan beberapa langkah yang harus dilakukan, langkah-langkah yang harus dilakukan dalam melakukan pengolahan data dapat dilihat pada gambar 6



Gambar 6
Bagan alir pengolahan data



Gambar 6 (lanjutan)
Bagan alir Pengolahan Data

9. Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan melalui 35 langkah seperti yang telah dijabarkan pada gambar 6. Berikut dibawah ini adalah penjelasan mengenai langkah-langkah utama yang dilakukan dalam melakukan pengolahan data dan penjabaran mengenai hasil dari dilakukannya pengolahan data.

9.1 Langkah-langkah utama dalam melakukan pengolahan

1. Mengumpulkan data

Data-data yang diperlukan dalam melakukan pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Jenis pesanan.
 2. Matriks waktu proses.
 3. Matriks *routing*.
 4. Jenis dan jumlah mesin.
 5. Kebutuhan bahan baku.
2. Melakukan perhitungan waktu parallel mesin

Perhitungan waktu paralel mesin dilakukan untuk setiap pesanan, berikut adalah contoh perhitungan yang dilakukan, berikut di bawah ini adalah contoh perhitungan yang dilakukan pada iterasi 1:

Tabel 6

Perhitungan Waktu Proses Paralel Mesin Untuk Pesanan 1

Urutan proses	Jumlah mesin	Kebutuhan bahan/proses	Keb. proses pada mesin (kali)			Waktu/kali proses	Waktu sesuai keb. proses
M1	2	6	3	≈	3	12	36
M2	6		1	≈	1	26	26
M3	10		0.6	≈	1	252	252
M4	6		1	≈	1	112	112

Satuan waktu dalam menit

3. Membuat graph G awal.
4. Menghitung *due date* untuk masing-masing operasi pada masing-masing mesin.

Tujuan dari langkah ini adalah untuk mengetahui kelonggaran dari waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses pada masing-masing operasi dengan memperhitungkan *makespan*, berikut di bawah ini adalah contoh perhitungan yang dilakukan pada iterasi 1:

Tabel 7

Perhitungan *Due Date* (d_{ij}) Untuk Mesin 1 Penggunaan Ke-1

Job	1	2	3	4	5	6	7	8
R_{ij}	0	0	0	0	0	0	0	0
P_{ij}	36	36	48	36	72	36	36	36
C^*_{ij}	36	36	48	36	72	36	36	36
CP_i	426	870	704	1101	962	1101	1101	1190
LB	1190							
d_{ij}	800	356	534	125	300	125	125	36

Satuan dalam menit

5. Melakukan pengurutan *job* dan menghitung *lateness* pada masing-masing mesin

Tujuan dari dilakukannya langkah ini adalah untuk mengetahui *lateness* pada masing-masing mesin, berikut di bawah ini adalah contoh perhitungan yang dilakukan pada iterasi :

Tabel 8
Pengurutan Dan Perhitungan *Lateness* Mesin 1 Penggunaan Ke-1

Urutan	8,4,6,7,5,2,3,1							
<i>Job</i>	8	4	6	7	5	2	3	1
R_{ijh}	0	36	72	108	144	216	252	300
P_{ijh}	36	36	36	36	72	36	48	36
C_{ijh}	36	72	108	144	216	252	300	336
d_{ijh}	36	125	125	125	300	356	534	800
L_{ijh}	0	-53	-17	19	-84	-104	-234	-464
L^*_h	19							

Satuan dalam menit

6. Mengidentifikasi mesin yang memiliki *lateness* maksimum

Tujuan dari dilakukannya langkah ini adalah untuk mengetahui mesin yang akan dijadwalkan, berikut di bawah ini adalah contoh perhitungan yang dilakukan pada iterasi:

Tabel 9
Pengidentifikasi Mesin *Bottleneck*

Mesin	Urutan proses	L^*	Keterangan	Kesimpulan
1	1	19	-	Mesin 3 urutan proses ke-3 dijadwalkan
2	2	0	-	
3	3	1282	L Max	
4	4	108	-	
4	6	0	-	
5	5	0	-	
5 - 1	5	281	-	
5 - 1	7	279	-	
6	6	535	-	
7	8	451	-	

Satuan dalam menit

7. Menjadwalkan mesin yang memiliki *lateness* maksimum dengan urutan pengerjaan *job* sama dengan langkah 5

8. Menghitung jumlah kebutuhan proses pada mesin yang dijadwalkan.
Kebutuhan proses mengacu pada kebutuhan bahan baku pada *job-job* yang terdapat pada mesin yang akan dijadwalkan, perhitungan kebutuhan proses adalah sebagai berikut:

Tabel 10
Kebutuhan Proses di Mesin 3

Job	Kebutuhan proses (q)
1	6
2	6
3	8
4	5
5	11
6	6
7	6
8	5
Σ	53

9. Mengitung *release time* dari masing-masing mesin parallel pada mesin yang dijadwalkan
10. Menghitung *ready time* dari masing operasi karena terdapat mesin yang telah dijadwalkan
11. Membuat *gant chart* jika semua mesin telah dijadwalkan.

9.2 Hasil pengolahan data

Pengolahan yang dilakukan melalui 3 iterasi, berikut dibawah ini adalah hasil dari pengolahan yang telah dilakukan.

1. Urutan pengerjaan *job* pada masing-masing mesin.

Mesin	Urutan proses ke-	Urutan Pengerjaan <i>job</i>
1	1	8,4,6,7,5,2,3,1
2	1	8,4,6,7,5,2,3,1
3	1	4,6,7,8,2,3,5,1
4	1	4,6,7,8,2,3,5,1
5	1	2,3
5 - 1	1	4,6,7,8
5 - 1	2	8,4,6,7
4	2	8,2,3
6	1	4,6,7
7	1	8,4,6,7

2. Waktu penyelesaian dari masing-masing *job*.

<i>Job</i>	Waktu selesai	
	Menit ke-	Tanggal
1	1825	11/1/2007
2	2029	11/1/2007
3	2099	11/1/2007
4	2470	12/1/2007
5	1713	11/1/2007
6	2650	12/1/2007
7	2860	13/1/2007
8	2350	12/1/2007

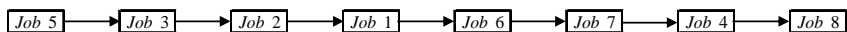
10. Analisis

10.1 Analisis penjadwalan aktual

Perusahaan dalam melakukan penjadwalan *job* menggunakan beberapa prioritas diantaranya adalah

1. Waktu pembayaran.
2. Keuntungan yang dapat diraih.
3. Kesamaan bahan baku.
4. Kesamaan proses pengerjaan.
5. *Due date*.

Urutan pengerjaan *job* yang dilakukan perusahaan adalah



Dampak yang terjadi akibat metode penjadwalan perusahaan adalah utilisasi penggunaan mesin rendah, sehingga memungkinkan terjadinya keterlambatan dalam penyelesaian pesanan.

10.2 Analisis kelemahan penjadwalan aktual

Penjadwalan aktual yang diterapkan perusahaan tidak memperhitungkan waktu proses sehingga operasi yang dapat dijadwalkan dengan waktu relatif singkat terabaikan, hal tersebut yang menyebabkan adanya antrian bahan setengah jadi.

10.3 Analisis kelebihan dari usulan yang diberikan

Kelebihan yang diberikan metode usulan adalah tidak terdapat keterlambatan dalam menyelesaikan pesanan, serta *makespan* yang dihasilkan lebih singkat. Pada kondisi actual *makespan* yang dihasilkan sebesar 4222 menit sedangkan pada kondisi aktual 2860 menit, hal tersebut berarti pada kondisi usulan waktu penyelesaian untuk seluruh pesanan lebih cepat 2 hari kerja.

Selain itu usulan yang diberikan menghasilkan kenaikan rata-rata utilisasi, hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 11

Tabel 5.11
Presentase Kenaikan Rata-rata utilisasi

Mesin	Rata-rata utilisasi (%)		Selisih	Presentase kenaikan (%)
	Aktual	Usulan		
1	7.59	10.12	2.53	25
2	3.30	5.50	2.20	40
3	5.61	11.27	5.66	50.25
4	11.11	16.41	5.30	32.30
5	4.40	7.85	3.46	44.01
5-1	7.87	6.37	-1.49	-18.98
6	3.91	5.84	1.93	33.09
7	8.33	10.62	2.29	21.54

11. Kesimpulan

1. Kelemahan dari penjadwalan yang diterapkan saat ini

- Metode penjadwalan aktual menyebabkan banyaknya terdapat *job* yang menunggu untuk diproses.
- Terdapat 4 pesanan yang mengalami keterlambatan dalam penyelesaiannya.

2. Usulan yang diberikan pada pihak perusahaan

- Metode yang diusulkan adalah *Shifting Bottleneck Heuristic*, alasan dari penggunaan metode *Shifting Bottleneck Heuristic* sebagai metode yang diusulkan adalah karena karakteristik dari metode sesuai dengan sistem produksi perusahaan yaitu *job shop* atau *make to order*.

3. Kelebihan dari usulan yang diberikan pada pihak perusahaan

- Tidak terdapat pesanan yang terlambat.
- Hasil *makespan* yang diperoleh lebih kecil dibandingkan dengan metode aktual yaitu sebesar 2860 menit.
- Rata-rata utilisasi meningkat.

12. Daftar Pustaka

1. Baker, Kenneth R.; *“Introduction to Sequencing and Scheduling”*, John Willey and Sons, Inc., New York, 1974.
2. Baker, Kenneth R.; *“Elements of Sequencing and Scheduling”*, Hannover, 2001.
3. Conway, Richard W., Maxwell, William L., Miller, Louis W.; *“Theory of Scheduling”*, Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1967.
4. French, Simon, B.A., Phill D, M.A.; *“Sequencing and Scheduling: An Introduction to the Mathematics of the Job Shop”*, Ellis Horwood Limited, New York, 1982.
5. Kusuma, Hendra, Ir.; *“Manajemen produksi: Perencanaan dan Pengendalian Produksi”*, Andi, Yogyakarta, 2001.
6. Pinedo, Michael., Hall, Prentice.; *“Scheduling, Theory, Algorithms, and Systems: second edition”*, 2002.

7. Sotalaksana, Iftikar Z.; Anggawisatra, Ruhana; Tjakraatmadja, John H.; "*Teknik Tata Cara Kerja*", Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Bandung, 1979.
8. Jens Zimmermann, Lars Monch, Simulated Based Selection of Machine Criticality Measure For A Shifting Bottleneck Heuristic, IEEE, v. 49, p. 363 – 380, November 2005.
9. Joseph Adams, Egon balas, Daniel Zawack, The Shifting Bottleneck Procedure For Job Shop Scheduling, Management Science, v. 34, n. 3, p. 391 – 401, Maret 1988.
10. Springer Netherlands, Conceptual Modeling of an Object-oriented Scheduling Architecture Based on The Shifting Bottleneck Procedure, IEE Transactions, v. 32, n. 10, p. 921 – 929, November 2000.
11. Springer Netherlands, A Computational Study of Shifting Bottleneck Procedures for Shop Scheduling Problems, Journal of Heuristics, v. 3, n. 2, p. 111 – 137, November 2004.