



UNIVERSITAS INDONESIA

**MINIMASI TOTAL PENALTI KETERLAMBATAN PADA
PENJADWALAN *JOB SHOP* DENGAN
ALGORITMA *TABU SEARCH***

SKRIPSI

**RAEYWEGHA W. PANGURI
0906603745**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
DESEMBER 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**MINIMASI TOTAL PENALTI KETERLAMBATAN PADA
PENJADWALAN *JOB SHOP* DENGAN
ALGORITMA *TABU SEARCH***

SKRIPSI

diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

**RAEYWEGHA W. PANGURI
0906603745**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
DESEMBER 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Raeywegha W. Panguri

NPM : 0906603745

Tanda tangan : 

Tanggal : 29 Desember 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Raeywegha W. Panguri

NPM : 0906603745

Program Studi : Teknik Industri


Judul Skripsi : Minimasi Total Penalti Keterlambatan pada Penjadwalan *Job Shop* dengan Algoritma *Tabu Search*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Amar Rachman, MEIM. ()

Penguji 1 : Farizal, Ph.D. ()

Penguji 2 : Armand Omar Moeis, S.T, M.Sc ()

Penguji 3 : Sumarsono, S.T, M.T ()

Penguji 4 : Romadhani Ardi, S.T, M.T ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 29 Desember 2011

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segalanya yang telah memberikan rahmat dan hidayah-NYA dan junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi berjudul **“Minimasi Total Penalti Keterlambatan pada Penjadwalan *Job Shop* dengan Algoritma *Tabu Search*”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Dalam menyelesaikan Skripsi ini penulis mendapat banyak bantuan, bimbingan dan dorongan dari semua pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu dan Bapak yang selalu memberikan curahan kasih sayang, inspirasi hidup, bantuan, dan do'a yang tulus.
2. Bapak Ir. Amar Rachman, MEIM., selaku Dosen Pembimbing atas motivasi, ide dan bimbingannya dalam penyelesaian skripsi.
3. Bapak Zulkarnain, S.T, M.T., dan Bapak Sumarsono S.T, M.T., sebagai dosen pembimbing yang telah memberi masukan, bantuan, dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Ir. M. Dachyar, M.Sc. selaku pembimbing akademis dan segenap Dosen TIUI yang selama ini memberikan bimbingan dan ilmu yang sangat berharga.
5. Pihak perusahaan, khususnya Bapak Fathur, Ibu Neng, Nana, Adht, dan Sandi yang telah meluangkan waktu dengan memberikan data dan informasi.
6. Lembaga untuk bimbingan singkat dengan staff pengajar Pa Abdul Haris dan segenap kru yang membantu dalam penyelesaian masalah.
7. A Aldi, Neng Rera, Decay serta keluarga yang sabar memberikan dukungan, pengertian, pemahaman, dan do'a dengan semua kasih sayang atas semua kondisi yang ada.
8. Bang Hilal dengan kemurahan hatinya memberikan tempat berteduh semasa transisi perkuliahan.

9. Ervan, Hasan, dan Fuad sebagai *partner* yang bersama-sama mencari solusi dengan bimbingan dan konsultasi untuk semua permasalahan.
10. Teman-teman, sahabat ekstensi TIUI 2009, Kurif, Dimod, Taufik “gred-A”, Mamang Hero, Raihan “Low Sugar”, Ajib “Ajaib”, mc’D, d1, Momod Imam dan seluruh tim sukses lainnya yang selalu memberikan dukungan dan semangat dengan candaan, keseriusan, semangat serta kebersamaan selama ini yang tidak dapat diulang kembali.
11. *Maharsi Group* Hamda “Ber”, Adi “Behel”, dan Vasha “Elang” yang bersedia menjadi teman seper-galau-an dengan dukungan dan semangat untuk mencapai tujuan bersama.
12. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu membantu dengan segala kekuatan dan kemurahan hatinya.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini tidak lepas dari kekurangan, maka kritik dan saran sangat penulis harapkan, semoga sebuah karya ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Depok, Desember 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Raeywegha W. Panguri

NPM : 0906603745

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non eksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“Minimasi Total Penalti Keterlambatan pada Penjadwalan *Job Shop*
dengan Algoritma *Tabu Search*”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama Saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 29 Desember 2011

Yang menyatakan



(Raeywegha W. Panguri)

ABSTRAK

Nama : Raeywegha W. Panguri
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Minimasi Total Penalti Keterlambatan pada Penjadwalan *Job Shop* dengan Algoritma *Tabu Search*

Penelitian ini membahas masalah penjadwalan *job shop* pada suatu perusahaan. Pada sistem ini akan dihasilkan sejumlah produk dalam beberapa jenis dengan rute yang dapat berbeda satu sama lain. Penjadwalan produksi merupakan suatu permasalahan yang kompleks sehingga dibutuhkan metode yang tepat untuk mendapatkan solusi yang optimal untuk permasalahan ini. Metode penelitian yang digunakan yaitu algoritma *Tabu Search*. Fungsi tujuan dari permasalahan ini adalah meminimumkan total penalti keterlambatan.

Sebagai model *job shop* digunakan 7 *jobs* dengan total 219 komponen dan 6 mesin yang berbeda. Penjadwalan dengan metode algoritma *Tabu Search* memberikan solusi yang cepat. Hasil dari penjadwalan dapat menghemat 22.7% total biaya produksi, juga keterlambatan mengalami perbaikan 31% terhadap jadwal solusi awal. Dengan demikian perusahaan bisa meningkatkan jumlah pesanan.

Kata kunci:
Penjadwalan, *job shop*, Keterlambatan, Algoritma *Tabu Search*

ABSTRACT

Name : Raeywegha W. Panguri
Study Program : Industrial Engineering
Title : Minimizing Total Penalty of Tardiness on Job Shop Scheduling using Tabu Search Algorithm

This study presents a job shop scheduling problem on a specific company. This research presents job shop scheduling at a company. This system yields large amount of different products with some different manufacture processes. Production scheduling is a complex problem so that appropriated method to produces the optimal solution of it is needed. Method of this research is using Tabu Search (TS) algorithm. The objective function in this problem is to minimize total penalty of tardiness.

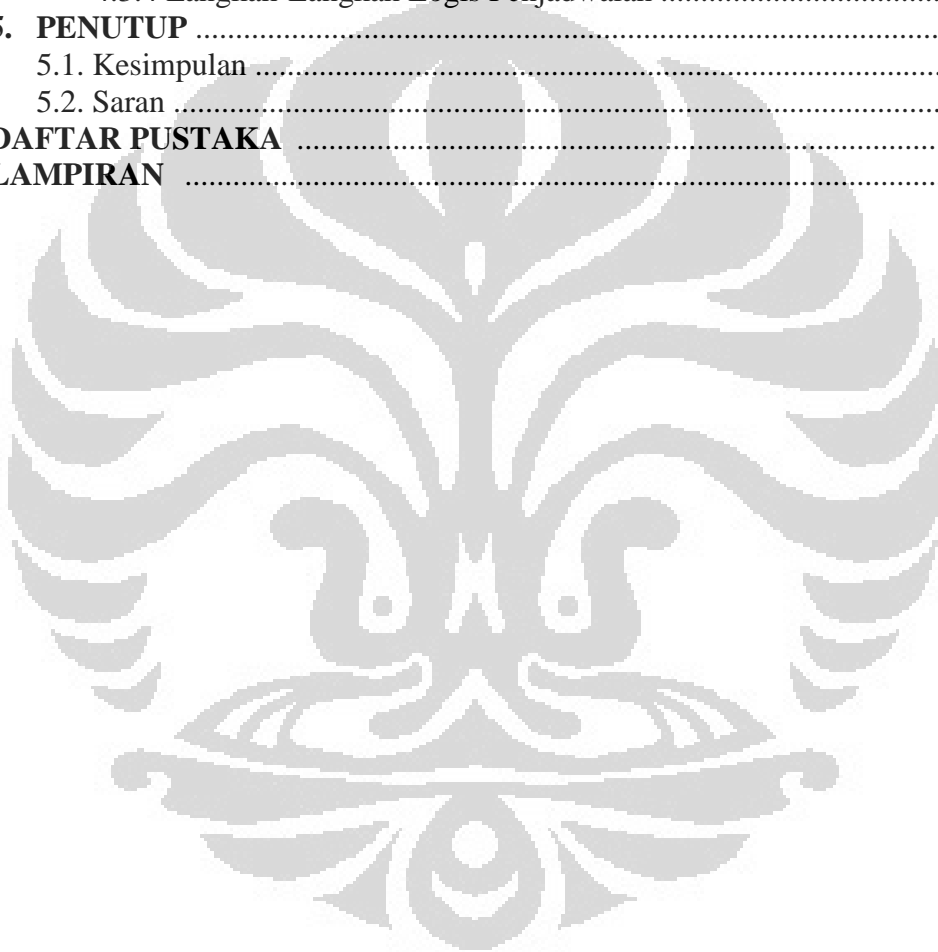
The model used 7 jobs, 219 parts and 6 different machines. Tabu Search (TS) algorithm method is used to solve the problem, which minimizes the total penalty of tardiness. Scheduling with TS algorithm provides a quick solution. The results save 22.7% of total production costs, and improve tardiness 31% compared to old scheduling. With the proposed method the company can increase the numbers of orders.

Key words:
Scheduling, Job shop, Tardiness, Tabu Search Algorithm

DAFTAR ISI

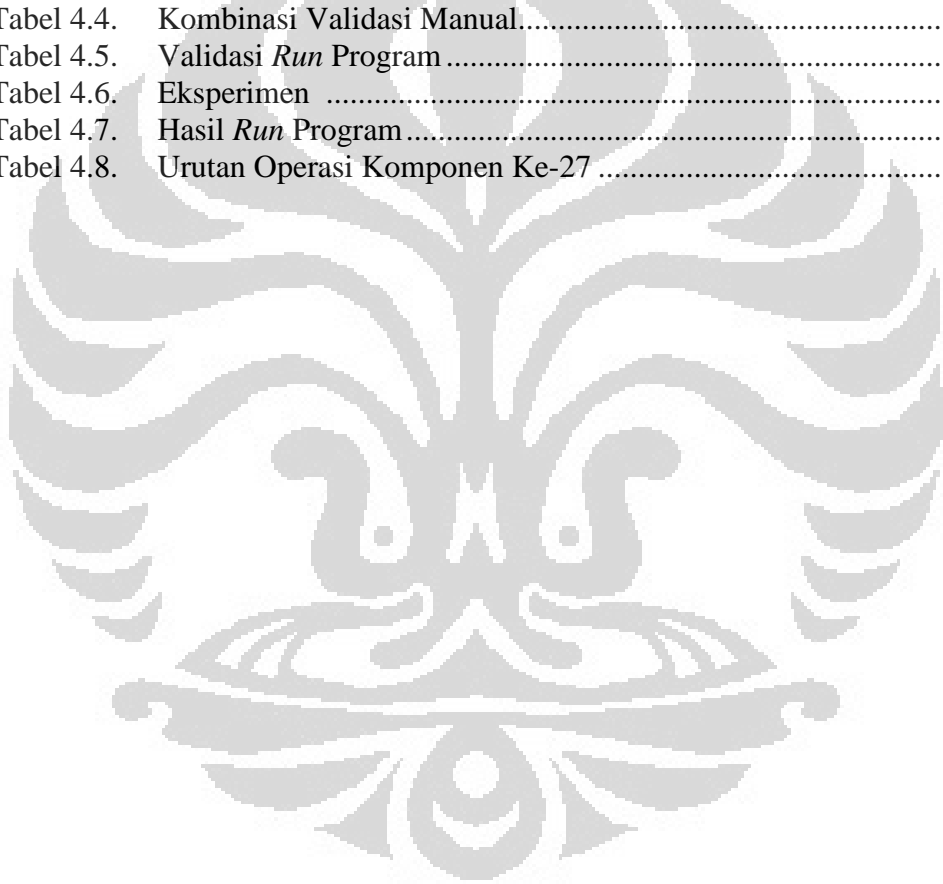
	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Diagram Keterkaitan Masalah	3
1.3. Perumusan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Ruang Lingkup Masalah	4
1.6. Metodologi Penelitian	4
1.6.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian	5
1.7. Sistematika Penulisan	5
2. LANDASAN TEORI	7
2.1. Konsep Dasar Penjadwalan.....	7
2.1.1 Pengertian Penjadwalan Produksi	7
2.1.2 Tujuan Penjadwalan Produksi	7
2.1.3 Pembebanan	8
2.1.4 Istilah Dalam Penjadwalan Produksi	8
2.1.5 Karakteristik Dan Kendala Proses	9
2.1.6 Fungsi Tujuan Dan Pengukuran Performa Penjadwalan Produksi	10
2.2. Penjadwalan <i>Job Shop</i>	10
2.3. Metoda-metoda Penjadwalan Produksi.....	11
2.3.1 Tipe Heuristik Klasik	11
2.3.2 Tipe Heuristik Modern (<i>Meta-Heuristik</i>)	12
2.4. Algoritma <i>Tabu Search</i>	14
2.4.1 Sejarah <i>Tabu Search</i>	14
2.4.2 Algoritma <i>Tabu Search</i>	14
2.4.3 Konsep Dasar	15
3. PENGUMPULAN DATA	18
3.1. Profl Perusahaan	18
3.2. Pengumpulan Data Perusahaan	18
3.2.1 Data Pesanan dan Waktu Kerja	19
3.2.2 Rute dan Waktu Operasi	20
3.2.3 Biaya Keterlambatan Setiap Pesanan	28

3.2.4 Jadwal Produksi	29
3.3 Formulasi Model Permasalahan	29
4. PENGOLAHAN DAN ANALISIS	31
4.1. Penyusunan Algoritma	31
4.1.1 Langkah-langkah Penyusunan Algoritma.....	31
4.1.2 Verifikasi dan Validasi Program	35
4.2. Input Data	38
4.3. Pengolahan Data dan Hasil	39
4.3.1 Hasil Penjadwalan di PT. XYZ	39
4.3.2 Eksperimen	39
4.3.3 Hasil Penjadwalan Dengan Algoritma <i>Tabu Search</i>	41
4.3.4 Langkah-Langkah Logis Penjadwalan	42
5. PENUTUP	44
5.1. Kesimpulan	44
5.2. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	47



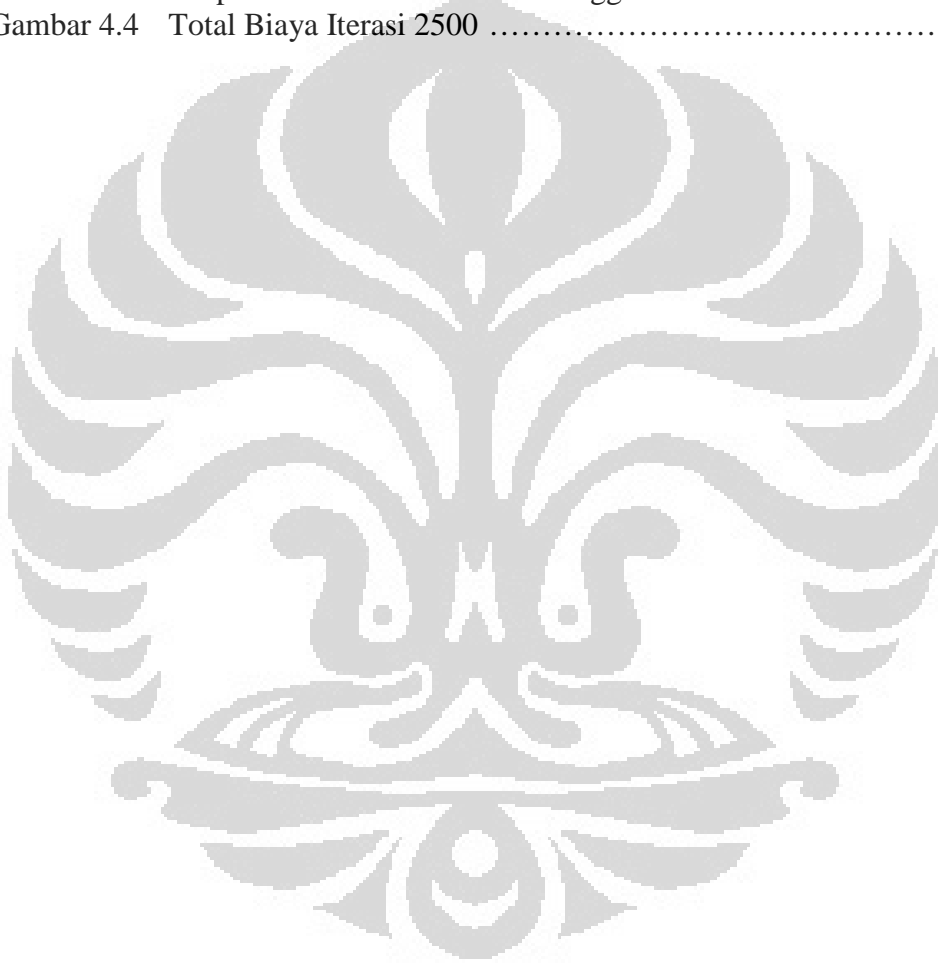
DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
Tabel 3.1.	Waktu Kerja	20
Tabel 3.2.	Tipe Barang Dan Jumlah Pesanan.	20
Tabel 3.3.	Jumlah dan Alokasi Mesin Setiap Rute Operasi	21
Tabel 3.4.	Waktu Proses	22
Tabel 3.5.	Total Biaya Produksi Setiap Jenis Produk	29
Tabel 4.1.	Hasil Iterasi Untuk Verifikasi Program	36
Tabel 4.2.	Data Untuk Verifikasi dan Validasi	36
Tabel 4.3.	Parameter Yang Digunakan Dalam Validasi	37
Tabel 4.4.	Kombinasi Validasi Manual.....	37
Tabel 4.5.	Validasi <i>Run</i> Program	38
Tabel 4.6.	Eksperimen	39
Tabel 4.7.	Hasil <i>Run</i> Program.....	41
Tabel 4.8.	Urutan Operasi Komponen Ke-27	43



DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
Gambar 1.1.	Diagram Keterkaitan Masalah	3
Gambar 1.2.	Alur Metodologi Penelitian	6
Gambar 3.1.	Rute Operasi	21
Gambar 4.1.	Algoritma <i>Tabu Search</i> Penjadwalan <i>Job Shop</i> PT. XYZ	32
Gambar 4.2	Rute Operasi Data Verifikasi dan Validasi	37
Gambar 4.3	Eksperimen Jumlah Solusi Tetangga 100	40
Gambar 4.4	Total Biaya Iterasi 2500	43



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Penjadwalan Sebagai Solusi Akhir Masalah	47
Lampiran 2. Total Biaya Produksi Solusi Akhir	54
Lampiran 3. Penjadwalan Solusi Awal	60
Lampiran 4. Total Biaya Produksi Solusi Awal	67
Lampiran 5. Bahasa Pemrograman	73



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persaingan yang semakin ketat disetiap aspek usaha saat ini menjadikan setiap perusahaan untuk selalu melakukan yang terbaik agar terjamin dan terpercaya oleh konsumennya. Dengan performa perusahaan yang baik akan mendapatkan peningkatan keuntungan bagi perusahaan. Peningkatan performa perusahaan menyeliputi berbagai macam aspek, antara lain, sumber daya manusia, produksi, pengiriman, pendistribusian, penjadwalan, dan lain-lain. Hal ini menjadikan dasar setiap perusahaan untuk memperbaiki setiap aspeknya.

Pada bidang manufaktur, penjadwalan merupakan suatu permasalahan dimana terdapat berbagai macam tujuan dengan keterbatasan sumber daya untuk menyelesaikan suatu *job* yang datang dengan waktu yang telah dijadwalkan.

Adakalanya perusahaan akan terkena biaya penalti jika pemenuhan pesanan tidak sesuai waktu yang diminta. Di satu sisi, ketersediaan sumber daya perusahaan berjumlah terbatas. Jika keterbatasan tersebut tidak diatur dengan baik, maka perusahaan tersebut berisiko terjadinya keterlambatan pesanan tersebut yang berakibat kepada ketidakpuasan pelanggan.

PT. XYZ adalah perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang refrigerasi dan tata udara. Memproduksi ketika mendapat pesanan dari konsumen, (*job shop*) dan dalam periode tertentu ada sejumlah pesanan yang harus terpenuhi. Hal ini menuntut perusahaan untuk merancang sistem penjadwalan (*scheduling*) yang efektif dan efisien agar seluruh permintaan dapat dipenuhi tepat waktu.

Penjadwalan adalah penyusunan serangkaian aktivitas untuk pencapaian solusi, batasan, ataupun tujuan. Sebuah penjadwalan adalah rute antara pekerjaan dan mesin. Waktu adalah batasan utama dan harus dipergunakannya secara optimal. Menjadwalkan sumber daya produksi adalah untuk meningkatkan efisiensi, daya guna dan keuntungan untuk sebuah perusahaan (Lestan et al., 2009)

Permasalahan dari *job shop* adalah menjadwalkan sebagian pekerjaan dalam serangkaian mesin, permasalahannya setiap mesin hanya mengerjakan tidak

lebih dari satu pekerjaan dalam satu waktu dan pada kenyataannya setiap *job* memiliki proses yang berbeda untuk setiap mesin. Tujuannya adalah menjadwalkan pekerjaan untuk meminimasi dari maksimum waktu yang terpakai (Applegate & Cook, 1991).

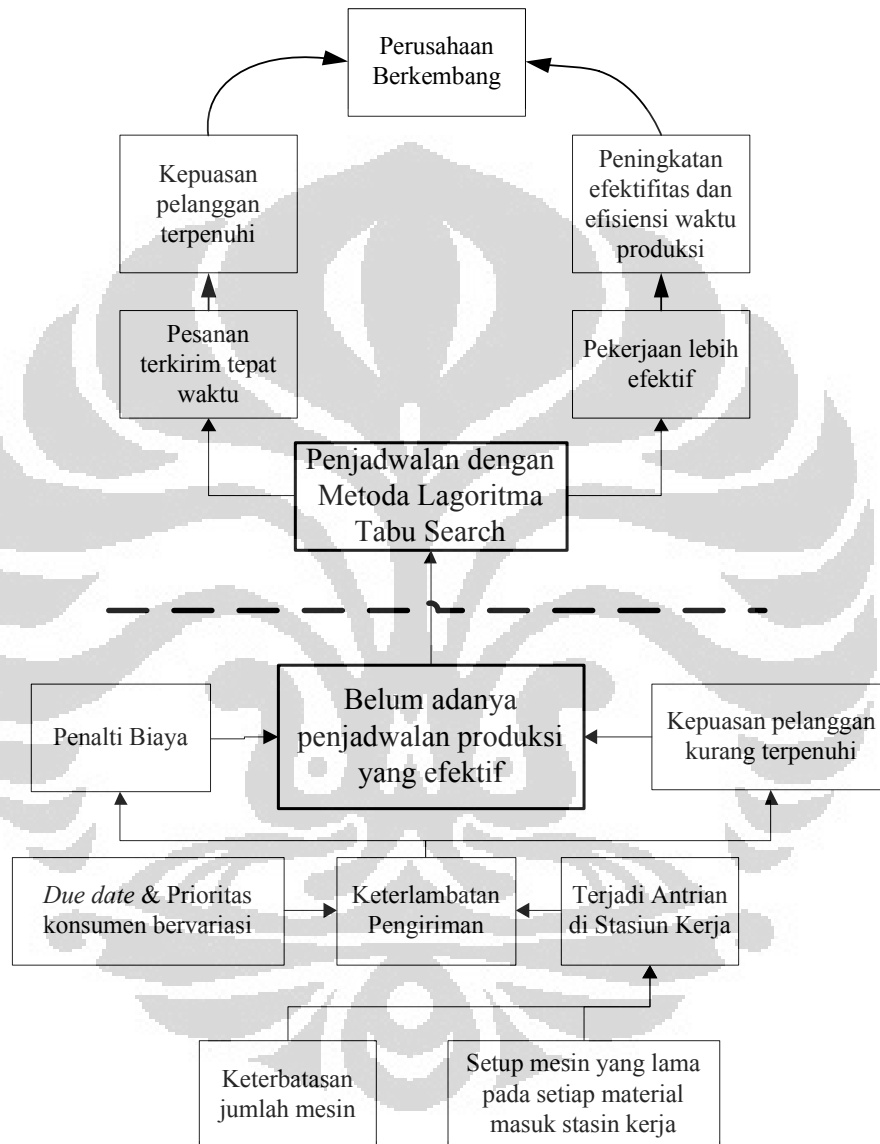
Untuk melakukan suatu proses penjadwalan yang baik sangat sulit untuk mencapai solusi yang optimal pada permasalahan sedang dan keadaan yang nyata merujuk kepada komputasi yang tinggi dan kompleks jika dengan pendekatan optimasi tradisional (Fattahi, Saidi, & Jolal, 2007).

Hal ini didasarkan kepada berbagai parameter yang harus dipertimbangkan. Penjadwalan *job shop* merupakan suatu permasalahan *combinatorial optimization* (Nowicki & Smutnicki, 1996), yang dikategorikan sebagai permasalahan *non-deterministic polynomial hard (NP-Hard)* (Schuster, 2006), yaitu permasalahan dengan keterbatasan tertentu dimana waktu penyelesaian pencarian solusinya (waktu komputasinya) akan naik secara eksponensial seiring dengan naiknya ukuran permasalahan secara linier (Betrianis & Aryawan, 2003).

Untuk membantu pemecahan masalah penelitian ini, maka mempermudah dipergunakan algoritma. Algoritma yang dipergunakan adalah algoritma *Tabu Search* yang sudah dikembangkan oleh Fred Glover pada tahun 1986, 1989, dan 1990 (Geyik, 2004). *Tabu Search* berkembang pesat menjadi metoda pilihan untuk mendesain prosedur solusi untuk permasalahan *hard combinatorial optimization* (Glover & Laguna, n.d.). Penelitian dengan penjadwalan berkaitan dengan *Tabu Search* ini sudah banyak dilakukan, terus berkembang dan diaplikasikan pada berbagai permasalahan-permasalahan penjadwalan *job-shop* maupun *flow shop*. Berbagai aplikasi algoritma *tabu search* untuk kasus penjadwalan dengan tujuan total penalti keterlambatan (Schuster, 2006). Permasalahan penyelesaian penjadwalan dengan *Tabu Search* untuk tujuan total penalti keterlambatan biasanya lebih signifikan dibandingkan dengan Algoritma *Simulated Annealing* (Shutler, 2003). Penyelesaian penjadwalan flexibel dengan metoda matematis dan Algoritma *Tabu Search* (Saidi, Mehrabad, & Fattahi, 2007).

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Gambaran sistematis penelitian ini dapat dilihat dalam diagram keterkaitan masalah pada gambar 1.1, menggambarkan hubungan antar masalah yang tidak berdiri sendiri dan menjadi saling berkaitan antara permasalahan yang satu dengan lainnya.



Gambar 1.1: Diagram Keterkaitan Masalah

1.3 Perumusan Masalah

Penjadwalan di perusahaan sudah terlaksana tetapi dirasakan belum efektif berdasarkan adanya keterlambatan waktu produksi. Belum adanya penjadwalan yang efektif ini mengakibatkan beberapa pesanan terlambat dan dalam proses

produksi mengakibatkan terjadinya antrian atau penundaan barang sehingga mengakibatkan kerugian bagi perusahaan.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh sistem penjadwalan yang mendekati optimal dengan menggunakan algoritma *Tabu Search* pada produksi divisi *sheet metal* sehingga dapat meminimumkan total penalti keterlambatan di perusahaan tersebut. Hasil akhir penelitian berupa program penjadwalan *job shop* di PT. XYZ.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Untuk hasil penelitian yang lebih spesifik, ruang lingkup permasalahan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Rute produksi difokuskan pada rute produksi *sheet metal Chiller*.
2. Fungsi tujuan yaitu meminimumkan total penalti keterlambatan.
3. Waktu setup dan waktu perpindahan material sudah termasuk waktu proses.
4. Satu mesin hanya dapat memproses satu pekerjaan
5. Penjadwalan bersifat statis, artinya pesanan diterima diawal periode dan penjadwalan dilakukan diawal periode dan.
6. Sumber daya (pekerja, mesin, peralatan) tidak mengalami gangguan, mengabaikan terjadinya *breakdown* dan *rework* pada mesin dan pekerja tidak sakit.
7. Pemrograman menggunakan *Visual Basic Application* pada *Microsoft Excel 2007*.

1.6 Metodologi Penelitian

Berikut langkah-langkah metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini. Melakukan identifikasi masalah di perusahaan.

1. Mengumpulkan dan menyusun studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan yang telah diidentifikasi.

2. Merumuskan permasalahan, yaitu diperlukannya suatu sistem penjadwalan yang efektif dan efisien dibandingkan dengan metoda yang dipergunakan sebelumnya.
3. Menentukan tujuan penelitian, yaitu memperoleh sistem penjadwalan yang lebih efektif dan efisien dengan meminimumkan total penalti keterlambatan seluruh *job*.
4. Mengumpulkan data perusahaan (data sekunder).
5. Membuat permodelan matematis dan pengolahan data yang dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Visual Basic Application* yang termasuk dalam *Macros Microsoft Excel 2007*.
6. Melakukan verifikasi dan validasi dari program yang telah dibuat.
7. Melakukan eksperimen untuk menentukan parameter-parameter yang akan digunakan untuk analisis data.
8. Melakukan analisis solusi jadwal dan membandingkan jadwal penggunaan metoda lama dengan metoda yang diusulkan.
9. Menarik kesimpulan dan saran berdasarkan hasil dari analisis.

1.6.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Keseluruhan metodologi penelitian ini disusun dalam diagram alir yang terlihat pada gambar 1.2.

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan penelitian ini, sistematika penulisan disusun agar teratur dan sistematis yang terdiri dari lima bab dengan rincian sebagai berikut:

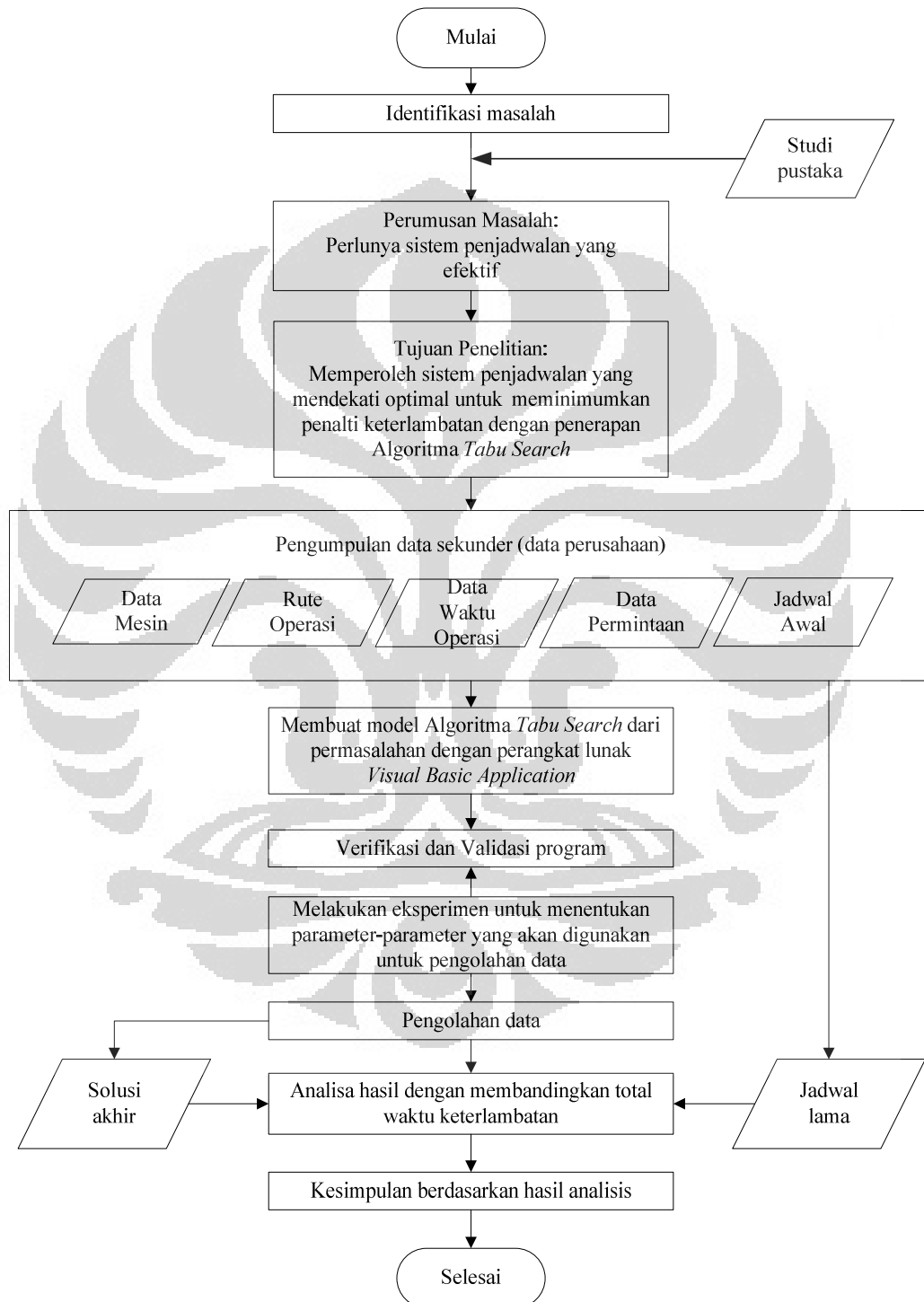
Bab 1 adalah pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, diagram keterkaitan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab 2 landasan teori yang berkaitan dengan penjadwalan produksi dan Algoritma *Tabu Search*

Bab 3 pengolahan data dari perusahaan, menjelaskan mengenai data yang diambil selama penelitian dan dipergunakan sebagai input dalam pengolahan data untuk tahap selanjutnya.

Bab 4 berisi analisis pengolahan data dengan bantuan perangkat lunak *Visual Basic Application* pada *Microsoft Excel 2007*

Bab 5 adalah penutup yang berisi kesimpulan dan saran.



Gambar 1.2: Alur metodologi penelitian

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Konsep Dasar Penjadwalan

Penjadwalan merupakan hal yang penting dalam organisasi untuk memperoleh pemanfaatan atau utilisasi yang optimal dari sumber daya produksi dan aset lain yang dimiliki. Penjadwalan diperlukan agar alokasi tenaga operator, mesin dan peralatan produksi, urutan proses, jenis produk, pembelian material dan sebagainya menjadi efisien. Di samping keputusan perencanaan jangka menengah yang tanpa memerhatikan urutan kegiatan produksi, ada masalah lain yang disebut penjadwalan yang mana alokasi sumber daya dan urutan pengerjaan menjadi sangat penting. Dalam hierarki pengambilan keputusan, penjadwalan merupakan langkah terakhir sebelum dimulainya operasi.

2.1.1 Pengertian Penjadwalan Produksi

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

2.1.2 Tujuan Penjadwalan Produksi

Adapun tujuan penjadwalan pusat-pusat kerja sistem produksi *job shop* antara lain adalah (Chase, 2007):

1. Memenuhi tanggal jatuh tempo.
2. Meminimumkan *lead time* yaitu meminimumkan periode waktu antara awal proses dan penyelesaian sebuah komponen.
3. Meminimumkan waktu *set-up* (yaitu waktu yang dipergunakan sampai proses bisa dimulai) dan biaya.

4. Meminimalkan persediaan (*inventory*) yaitu hasil pekerjaan yang masih dalam proses.

5. Memaksimalkan pemanfaatan mesin, peralatan dan tenaga kerja.

Hal penting lainnya adalah menjamin bahwa tujuan pusat kerja berhubungan dengan strategi operasional dari organisasi.

2.1.3 Pembebanan

Pembebanan (*loading*) merupakan penugasan pekerjaan untuk memproses pekerjaan pada pusat-pusat kerja (*workstation*), termasuk penugasan pekerjaan khusus pada pusat kerja. Ketika suatu tugas hanya dapat diproses pada pusat kerja tertentu, sedikit kendala akan dihadapi. Namun, bila terdapat dua atau lebih tugas yang akan diproses dan hanya terdapat sejumlah pusat kerja yang mampu mengerjakan tugas-tugas itu, maka akan timbul masalah yang kompleks. Pendekatan yang biasa dipakai untuk menangani masalah itu adalah Gantt Chart. Gantt Chart berguna dalam pembebanan dan penjadwalan pada produksi dengan volume rendah. Bagan terdiri dari skala waktu yang digambarkan horisontal dan sumber daya pada arah vertikal.

Ada dua pendekatan yang berbeda yang dipakai untuk mengisi pusat-pusat kerja: *infinite loading* dan *finite loading*. *Infinite loading* menugaskan pekerjaan pada pusat-pusat kerja tanpa memperhitungkan kapasitas dari pusat-pusat kerja. Sedangkan dalam *finite loading* waktu mulai dan akhir dari masing-masing pusat kerja dan waktu proses pekerjaan diperhitungkan sedemikian rupa, sehingga tidak ada kapasitas berlebih.

2.1.4 Istilah Dalam Penjadwalan Produksi

Berikut istilah-istilah beserta notasinya yang digunakan dalam penjadwalan (Pinedo & Chao, 1999):

- Setiap *job* $i \in \{i=1,2,\dots,n\}$ yang akan dijadwalkan pada j mesin $\{j=1,2,\dots,m\}$. Proses pengerjaan *job* i pada mesin j disebut dengan operasi O_{ij} .
- Waktu proses (*processing time*), P_{ij} , yaitu lamanya waktu yang harus dihabiskan *job* i di mesin j untuk memproses operasi O_{ij} .

- Waktu tenggat (*due date*), d_i , adalah batas waktu penyelesaian *job i* yang telah ditentukan. Apabila penyelesaian *job* diluar waktu ini, maka akan dikenakan penalti pada *job* tersebut.
- Waktu siap (*release date*), r_i , adalah waktu ketika *job i* masuk ke sistem, yaitu waktu paling awal *job i* bisa mulai diproses. Biasanya $r_i = 0$.
- Waktu mulai (*start time*), s_{ij} , adalah waktu mulai diprosesnya *job i* di mesin j .
- Waktu penyelesaian (*completion time*), C_{ij} , adalah waktu penyelesaian pemrosesan *job i* pada mesin j .
- *Makespan* biasanya dilambangkan dengan C_{max} , yaitu waktu pengerjaan seluruh *job*.
- Keterlambatan (*lateness*), $L_i = C_i - d_i$, adalah selisih antara waktu penyelesaian *job i* dengan waktu tenggatnya. *Lateness* baru dapat dihitung setelah *job i* selesai menjalani semua proses, dan dapat bernilai negatif, nol, atau positif.
- Keterlambatan positif (*tardiness*), $T_i = \max(L_i, 0)$, adalah besarnya keterlambatan penyelesaian *job i*.
- Keterlambatan negatif (*earliness*), $T_i = \min(L_i, 0)$, adalah besarnya keterlambatan penyelesaian *job i*.

2.1.5 Karakteristik Dan Kendala Proses

Kendala penjadwalan produksi (Pinedo & Chao, 1999), yaitu:

- Kendala *precedence*
Kendala ini terjadi ketika suatu *job* baru dapat mulai diproses setelah satu atau sekumpulan *job* lainnya telah selesai diproses.
- Kendala biaya dan waktu setup yang bergantung pada urutan *job* (*sequence-dependent*)
- *Preemption*
Preemption berarti jika proses produksi sedang berlangsung, maka dapat dihentikan dan digantikan dengan mengerjakan *job* yang baru datang. Keadaan ini biasanya dikarenakan *job* yang berprioritas rendah dapat disela prosesnya oleh *job* yang berprioritas tinggi.

- *Kendala mesin dan pekerja*

Dalam lingkungan mesin paralel, karakteristik mesin yang digunakan harus sama. Jika tidak sama, maka akan mengganggu produksi. Selain itu, umur mesin juga mempengaruhi kapasitas produksi yang dihasilkan. Sedangkan kendala pekerja berkaitan dengan penjadwalan jam kerja operator.

2.1.6 Fungsi Tujuan Dan Pengukuran Performa Penjadwalan Produksi

Tujuan yang biasa digunakan untuk menilai performa penjadwalan yang dibuat adalah sebagai berikut

- Meminimumkan *flow time* dan *makespan*.
- Memaksimumkan utilisasi (minimasi waktu mesin dan pekerja yang menganggur).
- Meminimumkan inventory dan WIP (*work-in-process*).
- Meminimumkan keterlambatan baik *earliness* maupun *tardiness*.
- Meminimumkan jumlah job yang terlambat (*number of tardy job*).
- Meminimumkan total biaya penalti atas keterlambatan.

2.2 Penjadwalan *Job Shop*

Job shop adalah suatu lingkungan manufaktur dimana *job-job* yang datang memiliki rute pengerjaan atau operasi yang seringkali tidak sama. Bentuk sederhana dari model ini mengasumsikan bahwa setiap *job* hanya melewati satu jenis mesin sebanyak satu kali dalam rutanya pada proses tersebut. Namun ada juga model lainnya dimana setiap *job* diperbolehkan untuk melewati mesin sejenis lebih dari satu kali pada rutanya. Model ini disebut juga *job shop* dengan *recirculation* (pengulangan).

Karakteristik penjadwalan *job shop* dapat dijabarkan sebagai berikut:

- Ada sejumlah m mesin dan sejumlah n *job*.
- Setiap *job* terdiri dari satu rantai urutan yang dapat berbeda satu sama lain.
- Setiap operasi dalam *job* diproses oleh salah satu mesin yang ada dengan waktu proses yang diasumsikan tetap.
- Setiap proses operasi dapat melewati satu jenis mesin lebih dari satu kali.

- Tidak ada *preemption* (penundaan satu job oleh job lain).
- Permasalahan penjadwalan untuk model *job shop* merupakan salah satu permasalahan optimasi kombinatorial yang kompleks sehingga disebut *Nondeterministic Polynomial Hard (NP-Hard)*

2.3 Metoda-Metoda Penjadwalan Produksi

Masalah penjadwalan produksi dapat diselesaikan dengan menggunakan metode heuristik yang terdiri dari 2 jenis, yaitu:

2.3.1 Tipe Heuristik Klasik

Algoritma ini menyusun satu per satu solusi dari masalah penjadwalan. Mulai dari nol, algoritma-algoritma ini memilih mesin-mesin atau *job-job* atau operasi-operasi mana yang harus dijadwalkan terlebih dahulu. Algoritma heuristik klasik yang sering digunakan untuk menyelesaikan penjadwalan *job shop* yaitu *priority dispatch rule*.

Priority dispatch rule adalah suatu aturan penjadwalan yang mengatur *job* mana pada suatu antrian *job* pada suatu mesin yang harus diproses terlebih dahulu berdasarkan prioritas-prioritas tertentu. Jadi, pada saat suatu mesin telah selesai memproses satu *job*, maka berdasarkan *priority dispatch rule* dipilih salah satu *job* yang memiliki prioritas tertinggi untuk selanjutnya diproses pada mesin tersebut.

Berikut ini adalah beberapa aturan yang merupakan *basic priority dispatch rules*, yaitu (Everett & Ebert, 2007):

First Come First Serve (FCFS)

Menurut aturan ini, urutan penjadwalan dilakukan berdasarkan waktu kedatangan *job* atau pesanan pelanggan. Jadi, *job* yang pertama kali datang, akan dikerjakan terlebih dahulu dan begitu seterusnya untuk *job-job* berikutnya.

Earliest Due Date (EDD)

Menurut aturan ini, urutan penjadwalan dilakukan berdasarkan pada *due date* setiap *job*. Aturan ini mengabaikan waktu kedatangan dan total waktu proses setiap *job*. Artinya, *job* yang memiliki *due date* yang

paling awal di antara *job-job* lainnya dipilih sebagai *job* yang memiliki prioritas paling tinggi untuk diproses pada sebuah mesin. Aturan ini cenderung digunakan untuk meminimumkan maksimum *lateness* pada *job-job* yang ada dalam antrian.

Minimum Slack First (MS)

Menurut aturan ini, *job* diurutkan berdasarkan waktu *slack* yang paling kecil. Pada saat sebuah mesin selesai memroses suatu *job*, maka kemudian dihitung waktu *slack* yang tersisa ($d_i - p_i - t$, 0) dari tiap-tiap *job* yang ada dalam antrian, dimana t adalah waktu sekarang. *Job* yang memiliki waktu *slack* yang paling kecil kemudian dipilih sebagai *job* yang memiliki prioritas paling tinggi untuk diproses selanjutnya. Aturan ini digunakan untuk meminimumkan fungsi tujuan yang berkaitan dengan *due date*, yaitu *lateness* dan *tardiness*.

Shortest Processing Time First (SPT)

Menurut aturan ini, *job* diurutkan berdasarkan pada lamanya waktu proses tiap *job*. Jadi, *job* yang memiliki waktu proses paling singkat akan diproses terlebih dahulu dan kemudian dilanjutkan oleh *job-job* lainnya sampai pada *job* yang paling lama waktu prosesnya. Aturan ini berguna untuk penyeimbangan beban kerja antar mesin yang disusun secara paralel.

2.3.2 Tipe Heuristik Modern (*Meta-Heuristik*)

Algoritma heuristik modern atau yang lebih dikenal dengan meta-heuristik memecahkan masalah penjadwalan produksi dengan melakukan perbaikan mulai dengan satu atau lebih solusi awal. Solusi awal ini dapat dihasilkan secara acak, dapat pula dihasilkan berdasarkan heuristik tertentu. Empat algoritma meta-heuristik yang dapat digunakan dalam memecahkan masalah penjadwalan *job shop* yaitu:

Simulated Annealing

Ide dasar *Simulated Annealing* terbentuk dari pemrosesan logam. Annealing (memanaskan kemudian mendinginkan) dalam pemrosesan logam ini adalah suatu proses bagaimana membuat bentuk cair

berangsur-angsur menjadi bentuk yang lebih padat seiring dengan penurunan temperatur. *Simulated annealing* biasanya digunakan untuk penyelesaian masalah yang mana perubahan keadaan dari suatu kondisi ke kondisi yang lainnya membutuhkan ruang yang sangat luas.

Tabu Search

Tabu search merupakan metode optimasi yang menggunakan *short-term memory* untuk menjaga agar proses pencarian tidak terjebak pada nilai lokal optimal. Metode ini menggunakan daftar tabu (*tabu list*) untuk menyimpan sekumpulan solusi yang baru saja dievaluasi. Selama proses optimasi, pada setiap iterasi, solusi yang akan dievaluasi akan dicocokkan terlebih dahulu dengan isi *tabu list* untuk melihat apakah solusi tersebut sudah ada pada *tabu list*. Apabila sudah ada, maka solusi tersebut tidak akan dievaluasi lagi. Keadaan ini terus berulang sampai tidak ditemukan lagi solusi yang tidak terdapat dalam *tabu list*. Pada metode *tabu search*, solusi baru dipilih jika solusi tersebut yang merupakan anggota bagian himpunan solusi tetangga merupakan solusi dengan fungsi tujuan paling baik jika dibandingkan dengan solusi-solusi lainnya dalam himpunan solusi tetangga tersebut. Tetangga (*neighbour*) dari suatu solusi adalah solusi-solusi lain yang dapat diperoleh dari solusi tersebut dengan cara memodifikasinya berdasarkan aturan-aturan tertentu yang dikenal dengan nama *neighborhood functions*.

Algoritma Genetika

Algoritma Genetika dimodelkan berdasar proses alami, yaitu model seleksi alam oleh Darwin, sedemikian hingga kualitas individu akan sangat kompatibel dengan lingkungannya (dalam hal ini kendala permasalahan). Algoritma genetika memberikan suatu alternatif untuk proses penentuan nilai parameter dengan meniru cara reproduksi genetika. Teknik pencarian dilakukan sekaligus atas sejumlah solusi yang mungkin yang disebut dengan populasi. Setiap individu adalah satu buah solusi unik dan populasi adalah satu himpunan solusi pada setiap tahapan iterasi. Algoritma genetika bekerja untuk mencari struktur individu berkualitas tinggi yang terdapat dalam populasi.

Differential Evolution

Differential Evolution Algorithm (Algoritma Evolusi Diferensial) merupakan metode meta-heuristik akhir. Metode ini terbilang cukup baru, merupakan versi pengembangan dari Algoritma Genetika. Prinsipnya adalah berdasarkan analogi evolusi biologi, yang terdiri dari proses penginisialisasian populasi, proses mutasi, proses penyilangan, dan proses penyeleksian. Keunggulan algoritma ini adalah berstruktur sederhana, mudah dalam pengimplementasian, cepat dalam mencapai solusi, dan bersifat tangguh (memiliki standar deviasi yang kecil).

2.4 Algoritma Tabu Search

2.4.1 Sejarah *Tabu Search*

Kata tabu (*taboo*) berasal dari Tongan, bahasa Polynesia, untuk mengindikasikan sesuatu yang tidak dapat disentuh karena hal itu adalah keramat. Menurut Webster's Dictionary, kata itu berarti sebuah larangan yang dibentuk oleh kebiasaan sosial sebagai ukuran pencegahan atau dilarang karena mengandung risiko. "Tabu" dari *tabu search* dapat dikesampingkan bila terdapat bukti yang "memaksa" atau mendorong dari alternatif yang lebih baik. Elemen-elemen terlarang dalam daftar "tabu" dari *tabu search* menerima statusnya dengan bergantung kepada perkembangan memori, yang dapat berganti sesuai dengan pergantian waktu dan lingkungan.

2.4.2 Algoritma *Tabu Search*

Algoritma *Tabu Search* pertama kali diperkenalkan oleh Fred Glover pada tahun 1989 untuk menyelesaikan permasalahan optimasi kombinatorial dan secara efektif dipergunakan untuk simulasi optimasi (Olafsson, 2006).

Tabu search berdasarkan pada alasan bahwa pemecahan masalah harus menggabungkan memori yang mampu beradaptasi dan penggalian responsif. Memori yang mampu beradaptasi (*adaptive memory*) dari *tabu search* memperbolehkan implementasi prosedur yang mampu mencari ruang solusi secara ekonomis dan efektif, yang kontras dengan metode tanpa memori (seperti pendekatan *genetic* dan *annealing*) dan mengandalkan pada proses semi-acak.

Tabu search juga kontras dengan metode pencarian yang kaku seperti strategi *branch and bound*. Sedangkan penekanan pada penggalian responsif adalah diturunkan dari perkiraan bahwa pilihan strategi yang buruk dapat mengeruk lebih banyak informasi dan menyediakan berbagai petunjuk yang berguna tentang bagaimana strategi tersebut dapat diubah secara menguntungkan. Penggalian responsif mengintegrasikan prinsip-prinsip dasar dari pencarian cerdas, yaitu memanfaatkan ciri-ciri solusi yang baik selama menggali menggali daerah solusi baru yang menjanjikan.

2.4.3 Konsep Dasar

Pendekatan *tabu search* mulai dari solusi awal, dan langkah berpindah ke solusi tetangga dipilih dengan harapan dapat mengembangkan nilai kriteria tujuan yang ingin dicapai. Algoritma ini mencoba untuk mengambil langkah yang memastikan bahwa setiap metode tidak masuk kembali ke solusi yang telah dipakai sebelumnya agar tidak terperangkap pada penyelesaian lokal. Untuk mencegah penyelesaian lokal tersebut, digunakan *tabu list* (struktur data berdasarkan kekinian waktu) yang berisi pergerakan-pergerakan terlarang pada iterasi terkini. Pergerakan-pergerakan terlarang ini hanya terbatas pada beberapa iterasi, dan algoritma ini tidak menjamin penyelesaian yang paling optimal, tetapi mendekati optimal. Algoritma ini secara spesifik digunakan pada permasalahan gabungan (*combinatorial*), serta diaplikasikan pada, penjadwalan *job-shop* (Schuster, 2006) dan penjadwalan *flow-shop* (Pan, Wang, & Qian, 2008).

Secara singkat, elemen-elemen dasar pada teknik *tabu search* terdiri dari:

- Konfigurasi adalah suatu solusi atau penempatan nilai kepada suatu variabel.
- Suatu pergerakan menggambarkan proses/prosedur penurunan sebuah solusi yang mungkin pada permasalahan kombinasi yang berhubungan dengan solusi saat ini.
- Suatu set kandidat pergerakan-pergerakan adalah suatu set dari semua pergerakan yang mungkin pada konfigurasi terkini.
- Pembatasan tabu digambarkan sebagai suatu kondisi tertentu yang

menentukan pergerakan-pergerakan menjadi terlarang (tabu). Hal ini dilakukan dengan menyusun suatu daftar dengan ukuran tertentu yang menyimpan pergerakan-pergerakan terlarang ini (*tabu list*)

- Kriteria aspirasi. Kriteria ini merupakan peraturan yang mengesampingkan pembatasan tabu, atau bahkan mengizinkan pergerakan yang sebenarnya terlarang.

Kerangka *Tabu Search* dapat digambarkan secara ringkas sebagai berikut:

- Mulai dengan konfigurasi terkini/tertentu (solusi awal), dan evaluasi fungsi tujuan dari konfigurasi tersebut.
- Lalu, turunkan suatu set kandidat pergerakan-pergerakan dari konfigurasi terkini.
- Jika yang terbaik dari semua pergerakan ini tidak tabu atau jika yang terbaik tersebut adalah tabu tetapi memenuhi kriteria aspirasi, pergerakan itu diambil dan ditentukan sebagai konfigurasi yang baru. Jika tidak, tentukan pergerakan terbaik lainnya yang tidak tabu dan pergerakan tersebut diambil menjadi konfigurasi terbaru.
- Ulangi prosedur di atas hingga jumlah iterasi tertentu.
- Pada perhentian, solusi terbaik yang dihasilkan sedemikian jauh adalah solusi yang didapat dengan algoritma ini.
- Pergerakan yang diambil pada iterasi tertentu diletakkan pada daftar tabu (*tabu list*) sehingga pergerakan tersebut tidak diperbolehkan diambil lagi pada beberapa iterasi berikutnya.
- Daftar tabu memiliki ukuran tertentu, dan ketika panjang daftar tabu mencapai ukurannya dan pergerakan baru memasuki daftar tersebut, maka pergerakan pertama dari daftar tabu tersebut dibebaskan dari tabu dan proses berlanjut (daftar tabu adalah sirkular). Ukuran daftar tabu ini digunakan untuk mengontrol intensitas pencarian.
- Kriteria aspirasi dapat diambil berdasarkan nilai dari fungsi tujuan, yaitu jika pergerakan tabu menghasilkan nilai fungsi tujuan yang lebih baik dibandingkan dengan hasil terbaik hingga sejauh ini, sehingga kriteria aspirasi terpenuhi dan pembatasan tabu dengan ini terlampaui.

Secara garis besar, algoritma *Tabu Search* dapat dilihat sebagai berikut:

Step 1

$k=1$

Select an initial schedule S_1 using some heuristic and set $S_{best}=S_1$

Step 2

Select $S_c \in N(S_k)$

If the move $S_k \rightarrow S_c$ is prohibited by a move on the tabu-list

Then go to Step 2

If the move $S_k \rightarrow S_c$ is not prohibited by a move on the tabu-list

Then $S_{k-1}=S_c$

Enter reverse move at the top of the tabu-list

Push all other entries in the tabu-list one position down

Delete the entry at the bottom of the tabu-list

If $F(S_c) < F(S_{best})$ then $S_{best}=S_c$

Go to Step 3

Step 3

$k=k+1$

If stopping condition=true then STOP

Else go to Step 2

BAB 3

PENGUMPULAN DATA

3.1 Profil Perusahaan

PT. XYZ adalah perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang refrigerasi dan tata udara. Perusahaan ini berdiri pada tahun 1998. Pertama kali berdirinya plant di Surabaya, dan terus berkembang hingga pada tahun 2002 didirikan plant di Bekasi. Plant di Bekasi ini mengkhususkan produksi unit seperti *Fan Coil Unit, Ducted Split, AHU, Air Cooler, Air Cooled Condenser, Chiller* dan pemesanan unit spesial dengan kapasitas dan spesifikasi sesuai dengan keinginan konsumen.

Bagian produksi manufaktur di plant Bekasi terdiri dari empat divisi, yaitu *sheet metal* sebagai pelindung/*chasing, fin coil/heat exchanger, piping* bagian utama pendingin dalam sistem refrigerasi, dan *assembly* adalah bagian perakitan. Plant ini pula menyediakan komponen suku cadang untuk didistribusikan ke seluruh Indonesia. Fasilitas lainnya adalah perbaikan dan *re-manufacturing*.

Untuk menunjang dan memenuhi berbagai persyaratan dari pemerintah maupun pelanggan perusahaan ini sudah memiliki sertifikat ISO 9001:2000 dari TÜV Nord-Germany untuk manajemen mutu.

3.2 Pengumpulan Data Perusahaan

Pada penelitian ini digunakan data sekunder yang diperoleh dari perusahaan. Data yang dipakai untuk penelitian ini meliputi:

- Data jam kerja
- Data pesanan, yaitu berupa jenis-jenis *Sheet Metal Chiller* yang dipesan, jumlah yang dipesan, dan *due date* pesanan pada periode Agustus 2011.
- Data rute proses operasi yang harus dilalui oleh tiap komponen yang akan diproduksi dan data waktu proses tiap rute yang dibutuhkan untuk mengerjakan tiap komponen tersebut.
- Data jumlah tiap mesin yang harus dilalui untuk rute operasi
- Data biaya produksi untuk penalti dan pembobotan masing-masing komponen *Sheet Metal Chiller*.

3.2.1 Data Pesanan dan Waktu Kerja

Pesanan yang diterima dari pelanggan akan diterima oleh bagian penjualan dan dimasukkan ke dalam database untuk kemudian disahkan oleh manajer, akan secara otomatis bisa diterima atau dibuka pada sistem oleh bagian PPIC (*Production Plan and Inventory Control*), dan kemudian bagian PPIC akan melakukan pemeriksaan berkaitan dengan pesanan tersebut, seperti ketersediaan material, suku cadang, dan lainnya. Setelah semua pesanan teridentifikasi, kemudian PPIC akan menyusun jadwal produksi induk atau disebut juga MPS (*Master Production Schedule*), untuk dapat mengetahui perencanaan setiap bulan dan evaluasi untuk setiap jenis barang yang direncanakan. Selanjutnya disusun rencana kebutuhan material atau disebut juga MRP (*Material Requirement Planning*) untuk menentukan jumlah kebutuhan setiap jenis bahan baku yang akan diproduksi menjadi barang jadi.

Barang jadi diproduksi dalam 3 jenis proses pengadaan yaitu, *pembelian, pembuatan dalam pabrik* dan *subkontraktor*. Pada pengadaan pembelian merupakan komponen yang dibeli dan tidak diproduksi. Untuk pembuatan dalam pabrik adalah komponen barang jadi yang diproduksi di setiap bagian produksi, yang melalui berbagai tahap yaitu *sheet metal (cnc bending), welding, powder coating, piping, fin press, assembly, expanding, brazing*, uji kualitas, *finishing, packaging*. Setiap tahap melakukan penjadwalan tersendiri sesuai dengan *lead time* pengiriman ke tahap selanjutnya.

Untuk penelitian ini, data pesanan yang akan dibahas hanya pada tahap *sheet metal (cnc bending)*. Unit yang diambil sebagai bahan penelitian adalah *Chiller*. Hal ini menjadi alasan pengambilan data karena unit ini merupakan pesanan yang unik dan kompleks karena disesuaikan dengan keinginan konsumen dimana keinginan kapasitas dan komponen pendukung konsumen bervariasi. Dan *sheet metal* merupakan bagian *chasing chiller* yang menjadi fokus pengambilan data.

PPIC akan membuat *work order (WO)* yang berisi *due date* setiap pekerjaan pada tahap *sheet metal* ke tahap *assembly*. Setiap paket pesanan berbeda jenis, jumlah pesanan, dan *due date*-nya. *Due date* ini terhitung mulai dari PPIC memberikan WO ke bagian *sheet metal* sampai jadwal barang dikirimkan ke

bagian *assembly*. Dalam 1 minggu terdapat 5 hari kerja, 1 shift dengan rincian waktu seperti pada tabel 3.1 dimana total waktu kerja adalah 465 menit atau 7 $\frac{3}{4}$ jam.

Tabel 3.1. Waktu Kerja

Waktu Kerja	Durasi	Total jam Kerja (menit)
07.00-10.00	180	465
10.15-12.00	105	
13.00-16.00	180	

Sumber: Perusahaan (telah diolah kembali), 2011

Data yang berkaitan dengan pesanan didapat dari bagian PPIC dan telah diidentifikasi menjadi 7 jenis unit seperti pada tabel. Sebanyak 7 pesanan untuk diterima dalam periode Agustus 2011.

Tabel 3.2. Tipe Barang Dan Jumlah Pesanan

No.	Tipe Barang	Jumlah pesanan
1	XA-1.10S-848-GMT	1
2	XB-1.50P-WP-845-GMT	1
3	XB-2.50P-WP-845-GMT	1
4	XB-2.50P-804-GMT	1
5	XB-1.20P-804-GMT	1
6	XB-1.20P-IM-711-GMT	1
7	YB-1.12PY-M 705-GMT	1

Sumber: Perusahaan (telah diolah kembali), 2011

3.2.2 Rute dan Waktu Operasi

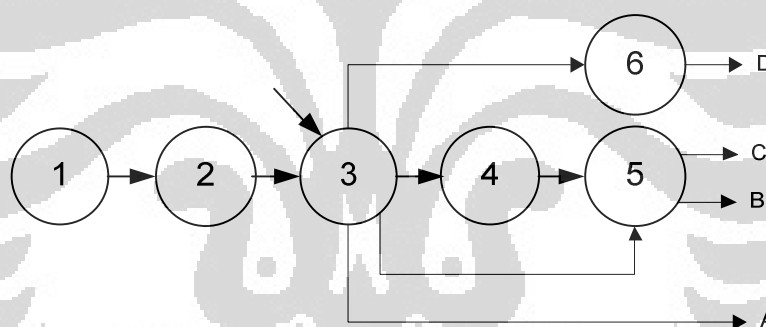
Rute proses operasi *sheet metal* merupakan rute *job shop* karena tidak semua barang melewati rute yang sama dan setiap mesin hanya mengerjakan satu jenis komponen *sheet metal* tersendiri. Pengerjaan *sheet metal* terdiri dari 7 proses yang dimulai dengan proses *rolling* untuk meluruskan gulungan pelat yang selanjutnya dilakukan proses pemotongan dengan mesin *cutting1*. Karena sebelum *cutting1* pasti dilakukan proses *rolling*, maka proses *rolling* dijadikan 1 buah operasi yaitu *cutting1*. *Punching* untuk melakukan proses pembolongan pelat dengan menggunakan mesin *cnc*, *cutting2* untuk pemotongan pelat yang

diperkirakan melebihi spesifikasi, *forming* untuk pembentukan cerobong, pembentukan dengan membengkokkan bagian pelat menggunakan mesin beding1, dan bending2. Berikut adalah tabel jumlah dan alokasi mesin pada setiap rute operasi.

Tabel 3.3. Jumlah dan Alokasi Mesin Setiap Rute Operasi

Kode Proses	Nama Proses	Jumlah Mesin
1	Cutting1	1
2	Punching	1
3	Cutting2	1
4	Forming	1
5	Bending1	1
6	Bending2	1

Sumber: Perusahaan (telah diolah kembali), 2011



Gambar 3.1. Rute Operasi

Sumber: Perusahaan (telah diolah kembali), 2011

Rute operasi A hanya melalui operasi 3. Rute operasi B yang dapat dijelaskan masuknya komponen pada operasi 1, kemudian lanjut ke operasi 2, operasi 3, berakhir pada operasi 5. Untuk rute operasi C diawali dengan masuknya komponen ke operasi 1, operasi 2, operasi 3, kemudian melalui proses 4, dan berakhir di proses 5. Dan untuk operasi D melalui proses 1, proses 2, proses 3, dan berakhir diproses 6.

Waktu proses untuk setiap operasi dapat dilihat pada tabel 3.4. waktu proses ini adalah waktu yang diperoleh dari perusahaan.

Tabel 3.4. Waktu Proses

No	Komponen	Operasi						Due Date (menit)
		1	2	3	4	5	6	
1	XA-110S-1	4	8	7			7	42
2	XA-110S-2	4	11	15			7	84
3	XA-110S-3	4	13	15			5	126
4	XA-110S-4	4	8	15			5	168
5	XA-110S-5	4	8	7			7	210
6	XA-110S-6	4	11	11			10	670.8
7	XA-110S-7	4	10	15		10		782.6
8	XA-110S-8	4	10	15		10		894.4
9	XA-110S-9	4	10	15		10		1006.2
10	XA-110S-10	4	10	15		10		1118
11	XA-110S-11	4	7	7		10		1229.8
12	XA-110S-12	4	9	7		7		1341.6
13	XA-110S-13	4	7	10		15		1453.4
14	XA-110S-14	4	15	9		15		1565.2
15	XA-110S-15	4	15	18		15		1677
16	XA-110S-16	4	10	9	70	15		1788.8
17	XA-110S-17	4	10	10		15		1900.6
18	XA-110S-18	4	15	7		5		2012.4
19	XA-110S-19	4	20	20			45	2124.2
20	XA-110S-20			21				2236
21	XB-150PWP-1	4	7	10		15		97.8
22	XB-150PWP-2	4	7	10		15		195.6
23	XB-150PWP-3	4	10	15		10		293.4
24	XB-150PWP-4	4	10	15		10		391.2
25	XB-150PWP-5	4	9	15		7		489
26	XB-150PWP-6	4	7	7		10		586.8
27	XB-150PWP-7	4	10	7		15		684.6
28	XB-150PWP-8	4	10	7		15		782.4
29	XB-150PWP-9	4	7	10		15		880.2
30	XB-150PWP-10	4	7	7		10		978
31	XB-150PWP-11	4	11	15			7	1075.8
32	XB-150PWP-12	4	8	15			5	1173.6
33	XB-150PWP-13	4	8	15			5	1271.4

Tabel 3.4. Waktu Proses (lanjutan)

No	Komponen	Operasi						Due Date (menit)
		1	2	3	4	5	6	
34	XB-150PWP-14	4	11	11			10	1369.2
35	XB-150PWP-15	4	8	7			7	1467
36	XB-150PWP-16	4	20	15		15		1564.8
37	XB-150PWP-17	4	20	15		15		1662.6
38	XB-150PWP-18	4	15	15		15		1760.4
39	XB-150PWP-19	4	15	12		12		1858.2
40	XB-150PWP-20	4	15	12		12		1956
41	XB-150PWP-21	4	10	12		15		2053.8
42	XB-150PWP-22	4	20	15		12		2151.6
43	XB-150PWP-23	4	20	15		15		2249.4
44	XB-150PWP-24	4	10	7		15		2347.2
45	XB-150PWP-25	4	10	7		15		2445
46	XB-150PWP-26	4	10	7		10		2542.8
47	XB-150PWP-27	4	10	7		10		2640.6
48	XB-150PWP-28	4	15	9		12		2738.4
49	XB-150PWP-29	4	15	9		12		2836.2
50	XB-150PWP-30	4	15	7		12		2934
51	XB-150PWP-31	4	15	7		12		3031.8
52	XB-150PWP-32	4	15	7		12		3129.6
53	XB-250PWP-1	4	10	15		15		54.73
54	XB-250PWP-2	4	10	15		15		109.46
55	XB-250PWP-3	4	10	15		15		164.19
56	XB-250PWP-4	4	7	10		7		218.92
57	XB-250PWP-5	4	7	15		15		273.65
58	XB-250PWP-6	4	7	15		15		328.38
59	XB-250PWP-7	4	7	10		9		383.11
60	XB-250PWP-8	4	7	10		9		437.84
61	XB-250PWP-9	4	7	10		9		492.57
62	XB-250PWP-10	4	7	10		9		547.3
63	XB-250PWP-11	4	10	15		9		602.03
64	XB-250PWP-12	4	11	15			7	656.76
65	XB-250PWP-13	4	11	15			10	711.49
66	XB-250PWP-14	4	11	15			10	766.22
67	XB-250PWP-15	4	8	15			7	820.95

Tabel 3.4. Waktu Proses (lanjutan)

No	Komponen	Operasi						Due Date (menit)
		1	2	3	4	5	6	
68	XB-250PWP-16	4	8	15			7	875.68
69	XB-250PWP-17	4	8	15			7	930.41
70	XB-250PWP-18	4	8	7			5	985.14
71	XB-250PWP-19	4	11	7			15	1039.87
72	XB-250PWP-20	4	8	15			7	1094.6
73	XB-250PWP-21	4	8	15			7	1149.33
74	XB-250PWP-22	4	11	10			10	1204.06
75	XB-250PWP-23	4	11	10			10	1258.79
76	XB-250PWP-24	4	8	7			7	1313.52
77	XB-250PWP-25	4	8	7			7	1368.25
78	XB-250PWP-26	4	8	15	10	10		1422.98
79	XB-250PWP-27	4	8	15	10	10		1477.71
80	XB-250PWP-28	4	8	9		10		1532.44
81	XB-250PWP-29	4	8	9		10		1587.17
82	XB-250PWP-30	4	11	18		15		1641.9
83	XB-250PWP-31	4	11	20		15		1696.63
84	XB-250PWP-32	4	15	10		21		1751.36
85	XB-250PWP-33	4	11	18		20		1806.09
86	XB-250PWP-34	4	11	20		21		1860.82
87	XB-250PWP-35	4	11	9		20		1915.55
88	XB-250PWP-36	4	10	15		10		1970.28
89	XB-250PWP-37	4	10	15		10		2025.01
90	XB-250PWP-38	4	7	15		15		2079.74
91	XB-250PWP-39	4	7	15		15		2134.47
92	XB-250PWP-40	4	7	10		15		2189.2
93	XB-250PWP-41	4	7	10		21		2243.93
94	XB-250PWP-42	4	7	10		15		2298.66
95	XB-250PWP-43	4	7	7		10		2353.39
96	XB-250PWP-44	4	9	15		7		2408.12
97	XB-250PWP-45	4	10	7		15		2462.85
98	XB-250PWP-46	4	10	7		15		2517.58
99	XB-250PWP-47	4	7	15		10		2572.31
100	XB-250PWP-48	4	7	15		10		2627.04
101	XB-250PWP-49	4	10	7		15		2681.77

Tabel 3.4. Waktu Proses (lanjutan)

No	Komponen	Operasi						Due Date (menit)
		1	2	3	4	5	6	
102	XB-250P-1	4	11	15			7	64.7
103	XB-250P-2	4	11	15			10	129.4
104	XB-250P-3	4	11	15			10	194.1
105	XB-250P-4	4	8	15			7	258.8
106	XB-250P-5	4	8	15			7	323.5
107	XB-250P-6	4	8	15			7	388.2
108	XB-250P-7	4	8	7			5	452.9
109	XB-250P-8	4	11	7			15	517.6
110	XB-250P-9	4	8	15			7	582.3
111	XB-250P-10	4	8	15			7	647
112	XB-250P-11	4	11	10			10	711.7
113	XB-250P-12	4	11	10			10	776.4
114	XB-250P-13	4	8	7			7	841.1
115	XB-250P-14	4	8	7			7	905.8
116	XB-250P-15	4	8	15	10	10		970.5
117	XB-250P-16	4	8	15	10	10		1035.2
118	XB-250P-17	4	8	9		10		1099.9
119	XB-250P-18	4	8	9		10		1164.6
120	XB-250P-19	4	11	18		15		1229.3
121	XB-250P-20	4	11	20		15		1294
122	XB-250P-21	4	15	10		15		1358.7
123	XB-250P-22	4	11	18		12		1423.4
124	XB-250P-23	4	11	20		15		1488.1
125	XB-250P-24	4	11	9		12		1552.8
126	XB-250P-25	4	10	15		10		1617.5
127	XB-250P-26	4	10	15		10		1682.2
128	XB-250P-27	4	7	15		15		1746.9
129	XB-250P-28	4	7	15		15		1811.6
130	XB-250P-29	4	7	10		15		1876.3
131	XB-250P-30	4	7	10		15		1941
132	XB-250P-31	4	7	10		15		2005.7
133	XB-250P-32	4	7	7		10		2070.4
134	XB-250P-33	4	9	15		7		2135.1
135	XB-250P-34	4	10	7		15		2199.8

Tabel 3.4. Waktu Proses (lanjutan)

No	Komponen	Operasi						Due Date (menit)
		1	2	3	4	5	6	
136	XB-250P-35	4	10	7		15		2264.5
137	XB-250P-36	4	7	15		10		2329.2
138	XB-250P-37	4	7	15		10		2393.9
139	XB-250P-38	4	10	7		15		2458.6
140	XB-120P-1	4	7	10		15		83.81
141	XB-120P-2	4	7	10		21		167.62
142	XB-120P-3	4	10	15		10		251.43
143	XB-120P-4	4	10	15		10		335.24
144	XB-120P-5	4	9	15		7		419.05
145	XB-120P-6	4	7	7		10		502.86
146	XB-120P-7	4	10	7		15		586.67
147	XB-120P-8	4	10	7		15		670.48
148	XB-120P-9	4	7	10		15		754.29
149	XB-120P-10	4	7	7		10		838.1
150	XB-120P-11	4	11	21			7	921.91
151	XB-120P-12	4	8	15			5	1005.72
152	XB-120P-13	4	8	15			5	1089.53
153	XB-120P-14	4	11	11			10	1173.34
154	XB-120P-15	4	8	7			7	1257.15
155	XB-120P-16	4	20	15		15		1340.96
156	XB-120P-17	4	20	15		15		1424.77
157	XB-120P-18	4	20	15		10		1508.58
158	XB-120P-19	4	15	12		12		1592.39
159	XB-120P-20	4	15	12		12		1676.2
160	XB-120P-21	4	10	12		10		1760.01
161	XB-120P-22	4	20	15		15		1843.82
162	XB-120P-23	4	20	10		15		1927.63
163	XB-120P-24	4	10	10		10		2011.44
164	XB-120P-25	4	10	10		10		2095.25
165	XB-120P-26	4	10	10	10	10		2179.06
166	XB-120P-27	4	10	10	10	10		2262.87
167	XB-120P-28	4	15	9		15		2346.68
168	XB-120P-29	4	15	9		15		2430.49
169	XB-120P-30	4	15	7		15		2514.3

Tabel 3.4. Waktu Proses (lanjutan)

No	Komponen	Operasi						Due Date (menit)
		1	2	3	4	5	6	
170	XB-120P-31	4	15	7		15		2598.11
171	XB-120P-32	4	15	7		15		2681.92
172	XB-120PIM-1	4	20	10			10	72.77
173	XB-120PIM-2	4	21	15			17	145.54
174	XB-120PIM-3	4	7	10		9		218.31
175	XB-120PIM-4	4	10	15		9		291.08
176	XB-120PIM-5	4	10	15		15		363.85
177	XB-120PIM-6	4	7	15		15		436.62
178	XB-120PIM-7	4	7	15		15		509.39
179	XB-120PIM-8	4	10	15		15		582.16
180	XB-120PIM-9	4	7	15		15		654.93
181	XB-120PIM-10	4	7	10		9		727.7
182	XB-120PIM-11	4	10	10		9		800.47
183	XB-120PIM-12	4	7	10		15		873.24
184	XB-120PIM-13	4	7	10		21		946.01
185	XB-120PIM-14	4	10	15		10		1018.78
186	XB-120PIM-15	4	10	15		10		1091.55
187	XB-120PIM-16	4	9	15		7		1164.32
188	XB-120PIM-17	4	7	7		10		1237.09
189	XB-120PIM-18	4	10	7		15		1309.86
190	XB-120PIM-19	4	10	7		15		1382.63
191	XB-120PIM-20	4	7	10		15		1455.4
192	XB-120PIM-21	4	7	7		10		1528.17
193	XB-120PIM-22	4	11	21			7	1600.94
194	XB-120PIM-23	4	8	15			5	1673.71
195	XB-120PIM-24	4	8	15			5	1746.48
196	XB-120PIM-25	4	11	11			10	1819.25
197	XB-120PIM-26	4	8	7			7	1892.02
198	XB-120PIM-27	4	20	20		15		1964.79
199	XB-120PIM-28	4	20	20		15		2037.56
200	XB-120PIM-29	4	15	20		10		2110.33
201	XB-120PIM-30	4	20	18		12		2183.1
202	XB-120PIM-31	4	20	18		12		2255.87
203	XB-120PIM-32	4	10	18		10		2328.64

Tabel 3.4. Waktu Proses (lanjutan)

No	Komponen	Operasi						Due Date (menit)
		1	2	3	4	5	6	
204	XB-120PIM-33	4	20	20		15		2401.41
205	XB-120PIM-34	4	20	20		15		2474.18
206	XB-120PIM-35	4	10	10		15		2546.95
207	XB-120PIM-36	4	10	10		15		2619.72
208	XB-120PIM-37	4	10	10	10	10		2692.49
209	XB-120PIM-38	4	10	10	10	10		2765.26
210	XB-120PIM-39	4	15	9		15		2838.03
211	XB-120PIM-40	4	15	9		15		2910.8
212	XB-120PIM-41	4	15	7		15		2983.57
213	XB-120PIM-42	4	15	7		15		3056.34
214	XB-120PIM-43	4	15	7		15		3129.11
215	YB-112PYM-1	4	11	21			7	357.6
216	YB-112PYM-2	4	13	15			7	715.2
217	YB-112PYM-3	4	11	15			7	1072.8
218	YB-112PYM-4	4	8	7			7	1430.4
219	YB-112PYM-5	4	8	7			10	1788

Sumber: Perusahaan (telah diolah kembali), 2011

3.2.3 Biaya Keterlambatan Setiap Pesanan (Prioritas Pengerjaan)

Semua *sheet metal* yang telah dikerjakan akan dikirim ke bagian perakitan (*assembly*) untuk dirakit menjadi *chiller*. Penyelesaian pengerjaan *sheet metal* yang terlambat dapat menyebabkan terjadinya keterlambatan penyelesaian perakitan *chiller*. Jika produk ini terlambat dikerjakan, akan ada pengurangan harga terhadap harga kesepakatan bersama konsumen dan disamping itu pula ada kemungkinan konsumen merasa tidak puas dengan pelayanan karena melebihi *due date* yang telah disepakati. Hal ini berarti modal yang dikeluarkan untuk membuat *Chiller* tidak kembali pada periode itu. Maka, prioritas untuk mengerjakan setiap komponen *chiller* dinyatakan dengan biaya penalti (bobot) yang merupakan rasio antara total biaya produksi setiap jenis *chiller* dengan total biaya produksi jenis yang terkecil. Data penalti dipakai apabila *sheet metal* terlambat diantarkan ke bagian perakitan. Penalti dikenakan untuk setiap menit keterlambatan pada setiap penyelesaian komponen *sheet metal*. Besar penalti untuk setiap jenis dapat dilihat pada tabel 3.5. XA-110S merupakan produk dengan total biaya produksi

paling rendah. Jadi, penalti untuk setiap komponen *sheet metal* dapat dihitung dengan membagi total biaya produk untuk jenis yang bersangkutan dengan total biaya produksi XA-110S (biaya produksi paling rendah). Semakin besar total biaya produksi, semakin besar pula penalti yang dimilikinya.

Tabel 3.5: Total Biaya Produksi Setiap Jenis Produk

No.	Job	Total Biaya Produksi (\$)	Bobot
1	XA-110S	4600	1.00
2	XB-1.20PIM	7035	1.53
3	YB-1.12PYM	10160	2.21
4	XB-120P	10700	2.33
5	XB-250P	15200	3.30
6	XB-150PWP	15500	3.37
7	XB-250PWP	17300	3.76

Sumber: Perusahaan (telah diolah kembali), 2011

3.2.4 Jadwal Produksi

Dalam membuat jadwal produksi, jumlah pesanan/*job* untuk setiap tipe dipecah lagi menjadi satuan komponen. Sebagai contoh, jika *Chiller* XA-110S dipesan sebanyak 1 unit dan pesanan/*job* tersebut terdiri dari 20 komponen, dikarenakan setiap operasi hanya terdiri dari 1 buah mesin sehingga susunan mesin disebut seri (tidak ada yang paralel) dan dari 20 komponen tersebut masing-masing memiliki spesifikasi yang bervariasi. Jadi, 7 pesanan/*job* yang berjumlah 219 komponen dan akan melalui 6 mesin yang berbeda. Jadwal produksi di PT. XYZ dapat dilihat pada lampiran 3 sebagai jadwal produksi solusi awal.

3.3 Formulasi Model Permasalahan

Dari data dan permasalahan yang telah diidentifikasi, maka dapat diformulasikan sebuah model permasalahan dalam bentuk model matematis. Adapun model matematis tersebut bisa dijelaskan sebagai berikut

Variabel:

$$X_{ijk} = \text{Waktu dimulainya job } i \text{ komponen } j \text{ pada operasi } k \quad (3-1)$$

$$Y_{abcdk} = \begin{cases} 1, & \text{Jika job } a \text{ komponen } b \text{ dikerjakan sebelum job } c \text{ komponen} \\ 0, & \text{Jika job } c \text{ komponen } d \text{ dikerjakan sebelum job } a \text{ komponen} \end{cases} \quad (3-2)$$

Parameter

$$W_{ijk} = \text{Lama proses job } i \text{ komponen } j \text{ pada operasi } k \quad (3-3)$$

Pada sebuah operasi, 2 buah kegiatan tidak dapat dilakukan secara bersamaan. *job ab* ($i = a; j = b$) dan *job cd* ($i = c; j = d$), maka:

$$ab \text{ setelah } cd \quad X_{abk} \geq X_{cdk} + W_{cdk} \rightarrow X_{abk} - X_{cdk} \geq W_{cdk}, \text{ atau} \quad (3-4)$$

$$cd \text{ setelah } ab \quad X_{cdk} \geq X_{abk} + W_{abk} \rightarrow X_{cdk} - X_{abk} \geq W_{abk} \quad (3-5)$$

Dilinearkan menjadi:

$$MY_{abcdk} + X_{abk} - X_{cdk} \geq W_{cdk} \quad \forall i, \forall j, \forall k \quad (3-6)$$

$$M(1 - Y_{abcdk}) + X_{cdk} - X_{abk} \geq W_{abk} \quad \forall i, \forall j, \forall k \quad (3-7)$$

Kendala part yang berurutan:

$$X_{ijk+1} \geq X_{ijk} + W_{ijk} \quad (3-8)$$

Fungsi tujuan:

job i selesai pada waktu

$$X_{ijk} + W_{ijk} = y_i \quad (3-9)$$

Keterlambatan terjadi jika

$$y_i > d_i \quad (3-10)$$

Besar waktu keterlambatan

$$T_i = \text{Maks} \{0, (d_i - y_i)\} \quad (3-11)$$

Dilinerkan menjadi:

$$T_i \geq d_i - y_i \quad \rightarrow T_i + y_i \geq d_i \quad (3-12)$$

$$T_i \geq 0 \quad (3-13)$$

Fungsi tujuan adalah meminimalkan waktu keterlambatan dengan bobot penalti, jadi:

$$\text{Fungsi tujuan min } Z = \sum_{i=1}^I b_i T_i \quad (3-14)$$

BAB 4

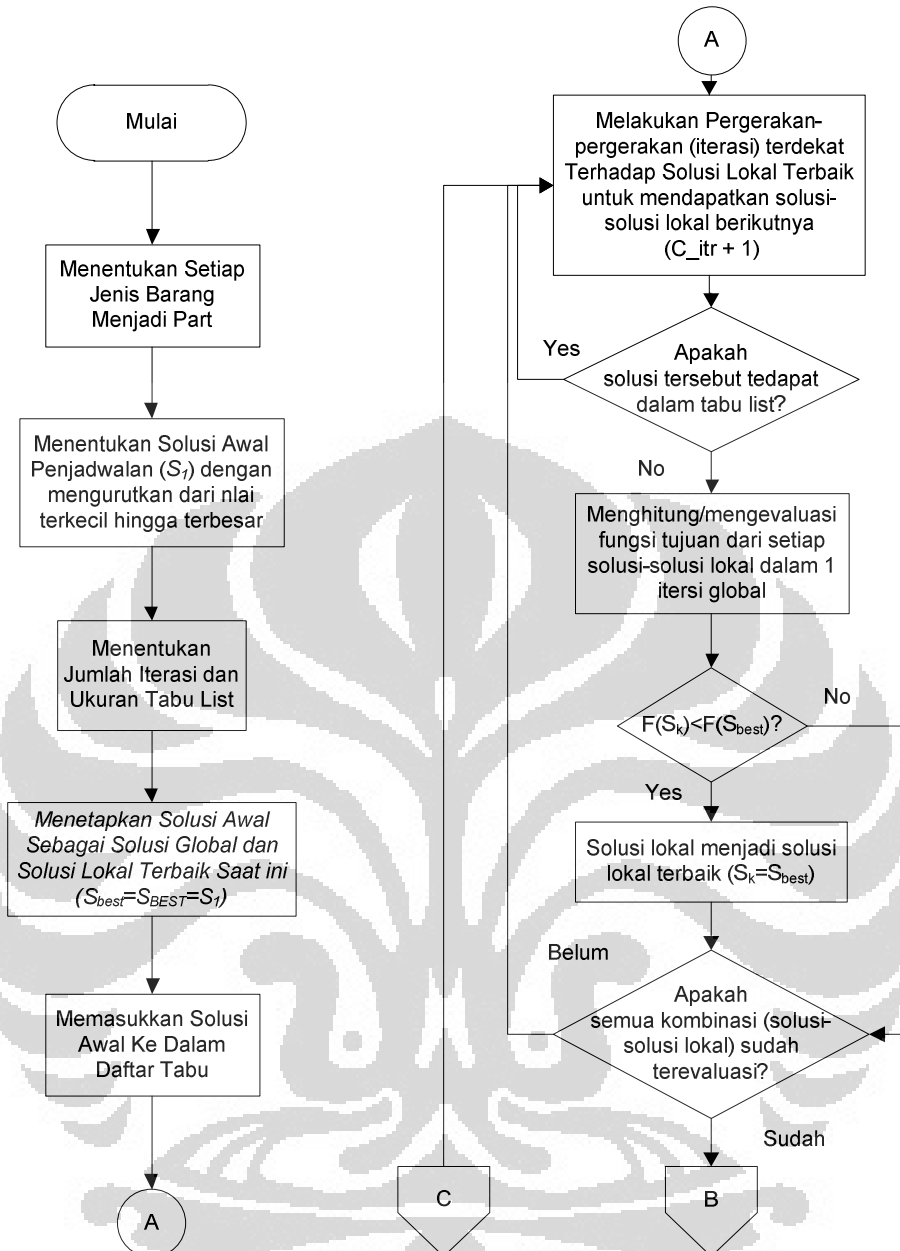
PENGOLAHAN DAN ANALISIS

4.1 Penyusunan Algoritma

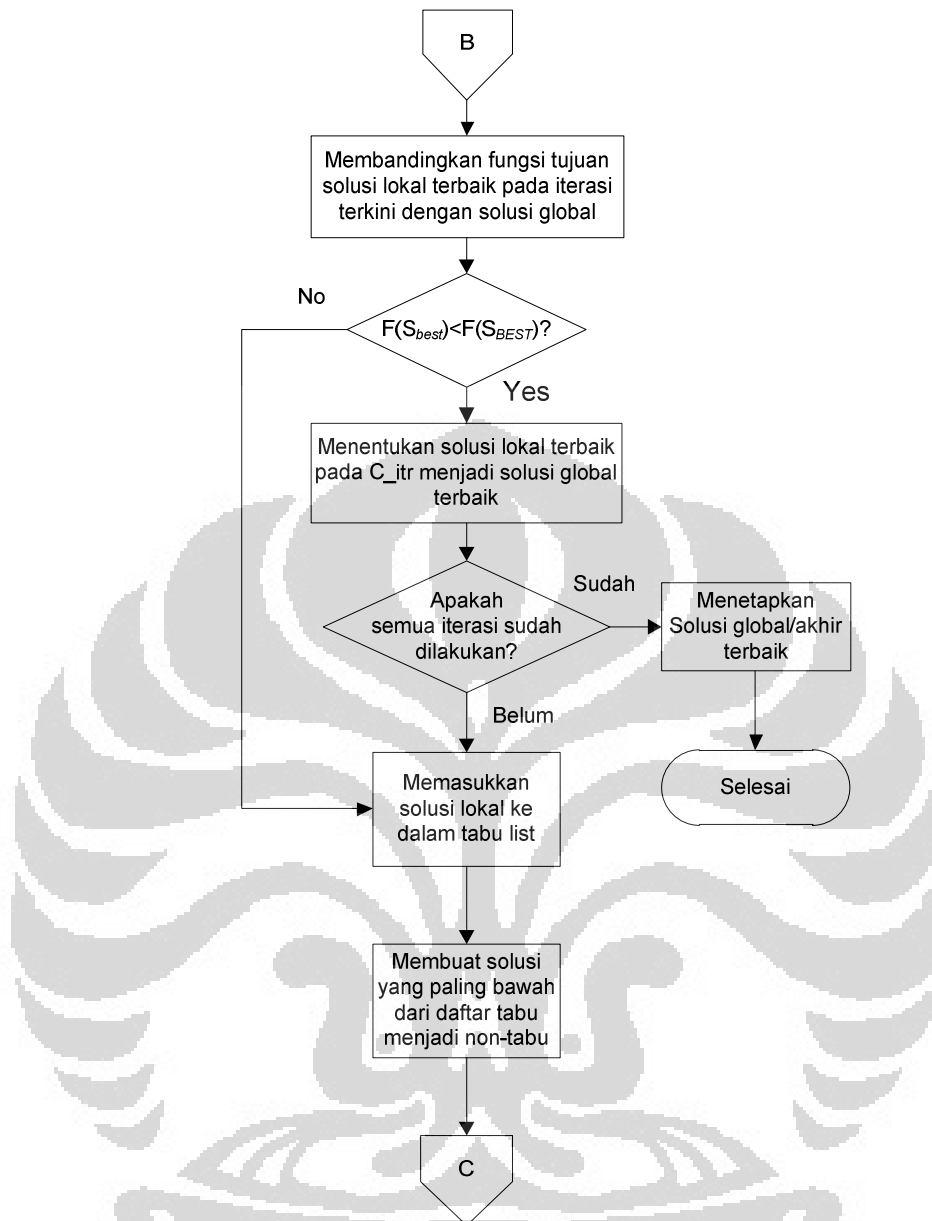
Data penelitian ini diolah dengan menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic for Applications* (VBA). Bahasa pemrograman ini dipilih karena memberi banyak kemudahan dan sangat aplikatif di dunia perindustrian. Tidak perlu instalasi program tertentu dan dapat langsung dipergunakan pada peranti lunak Microsoft Excel hanya dengan mengaktifkan *Macro*. *Microsoft Visual Basic for Applications* (VBA) adalah sebuah turunan bahasa pemrograman Visual Basic yang dikembangkan oleh Microsoft dan dirilis pada tahun 1993. VBA adalah hasil kombinasi yang terintegrasi antara lingkungan pemrograman (*Visual Basic Editor*) dengan bahasa pemrograman (*Visual Basic*) yang memudahkan user untuk mendesain dan membangun program *Visual Basic* dalam aplikasi utama *Microsoft Office*, serta aplikasi-aplikasi tertentu. VBA didesain untuk melakukan beberapa tugas, seperti halnya membuat alternatif spesifikasi sebuah aplikasi seperti *Microsoft Office* atau *Microsoft Visual Studio*. Kegunaan VBA adalah mengotomatisasi pekerjaan-pekerjaan kompleks yang dilakukan secara berulang-ulang.

4.1.1 Langkah-Langkah Penyusunan Algoritma

Dalam penelitian ini *Tabu Search* diterapkan pada VBA Excel dan mengevaluasi kinerja mengenai penerapan umumnya sebagai salah satu teknik optimasi. Sebagai parameter yang sesuai dengan algoritma *Tabu Search* sangat penting untuk mendapatkan hasil yang akurat dan pemilihan parameter-parameter ini sendiri harus cermat. Pengaturan terperinci mengenai parameter ini akan dibahas dalam hasil analisis parameter *Tabu Search* melalui beberapa analisis percobaan. Parameter kontrol yang mempengaruhi algoritma *tabu search* adalah jumlah iterasi, jumlah solusi tetangga, dan panjang *tabu list*. Program VBA yang telah dibuat untuk menyelesaikan permasalahan *job shop* dapat dilihat pada lampiran 5. Untuk langkah-langkah penyusunan algoritma *Tabu Search* dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 4.1. Algoritma *Tabu Search* Penjadwalan *Job Shop* PT. XYZ



Gambar 4.1. Algoritma *Tabu Search* Penjadwalan *Job Shop* PT. XYZ (lanjutan)

Diagram alir pada gambar 4.1 menunjukkan algoritma *tabu search* secara detail yang dapat diuraikan sebagai berikut:

- Inisiasi komponen dengan menentukan setiap komponen-komponen yang akan diteliti sebagai bagian dari konfigurasi pencarian solusi.
- Solusi awal penjadwalan. Menentukan solusi awal penjadwalan (S_1) dengan mengurutkan komponen dari nomor urut terkecil hingga terbesar berdasarkan biaya produksi (komponen ke-1 hingga komponen ke-219)
- Menentukan jumlah iterasi dan ukuran daftar tabu (*tabu list*)

- Menentukan jumlah iterasi adalah sebagai proses pengulangan algoritma pada komputasi program untuk mendapatkan solusi terbaik.
- Ukuran daftar tabu (*tabu list*) disesuaikan dengan jumlah data yang ada. Jika ukuran daftar tabu terlalu kecil, maka proses pencarian solusi cepat atau hemat waktu komputasi tetapi akan mempercepat pula terjadinya optimal lokal. Jika ukuran daftar tabu terlalu besar, proses pencarian solusi akhir akan lebih lama atau menghabiskan banyak waktu untuk proses komputasi tetapi semakin lambat mencari solusi terbaik. Di dalam daftar tabu ini pula semua solusi terbaik disusun berdasarkan tujuan, untuk tujuan meminimumkan total penalti keterlambatan, maka waktu penyelesaian dari pencarian solusi dengan nilai tertinggi akan disusun paling bawah.
- Menghitung/mengevaluasi fungsi tujuan, yaitu waktu penyelesaian total penalti keterlambatan dari solusi awal. Didapat dari perhitungan solusi awal penjadwalan PT XYZ pada bulan Agustus 2011 dengan total makespan terbaik adalah sebesar 4025, dengan total biaya sebesar 3,553,030 USD.
- Menetapkan solusi awal sebagai solusi global dan lokal terbaik saat ini ($S_{BEST}=S_{best}=S_1$), dan memasukkannya dan menyimpannya ke dalam daftar tabu, agar solusi awal terbaik saat ini tidak terjadi pengulangan/iterasi pada proses pencarian solusi selanjutnya karena fungsi dari daftar tabu ini untuk menyimpan kemungkinan terbaik saat ini saat pencarian solusi/iterasi
- Dari semua kemungkinan solusi lokal terbaik saat ini yang tersimpan dalam daftar tabu, maka dilakukan pergerakan-pergerakan/iterasi, dimana untuk menentukan semua konfigurasi yang mungkin menjadi solusi lokal terbaik. Setiap fungsi tujuan dari konfigurasi iterasi ini dievaluasi ke dalam daftar tabu dan didapatlah solusi-solusi lokal yang baru ($F(S_k)$). Hal ini dilakukan di dalam iterasi pencarian global. Jika didapatkan konfigurasi terbaik yang memiliki nilai yang sama seperti yang sudah terdapat dalam daftar tabu, maka dengan otomatis konfigurasi itu akan diabaikan dan tidak dievaluasi/tidak dimasukkan ke dalam daftar tabu.

- Kemudian, dilakukan perbandingan antara fungsi tujuan yang didapat dari setiap konfigurasi dengan fungsi tujuan dari solusi lokal terbaik saat ini, jika salah satu konfigurasi lebih kecil total waktu pengerjaannya (untuk fungsi tujuan konfigurasi meminimalkan total penalti keterlambatan) ($F(S_k) < F(S_{best})$), maka solusi lokal tersebut menjadi solusi lokal terbaik saat ini ($S_k = S_{best}$).
- Membandingkan fungsi tujuan dari solusi local terbaik yang baru dengan solusi global terbaik saat ini. Jika lebih kecil ($F(S_{best}) < F(S_{BEST})$), maka solusi lokal terbaik tersebut menjadi solusi global terbaik saat ini $F(S_{best}) = F(S_{BEST})$.
- Memasukkan kembali solusi lokal terbaik saat ini ke dalam daftar tabu, dan mengeluarkan solusi terbaik di dalam daftar tabu yang memiliki nilai tertinggi dan merubah statusnya menjadi non tabu.
- Setiap solusi lokal terbaik saat ini diulangi prosedur iterasi lokal meskipun solusi tersebut bukanlah solusi global terbaik. Hal ini dilakukan sampai mencapai iterasi global yang diharapkan. Setelah semua iterasi global tercapai, dan didapatkan solusi global terbaik, yaitu didapat susunan penjadwalan terbaik dengan total penalti keterlambatan terkecil 2,746,379 USD dengan total waktu penyelesaian 2775 jam.

4.1.2 Verifikasi dan Validasi Program

Sebelum data penelitian diolah dengan menggunakan program yang disusun, perlu dilakukan verifikasi dan validasi terhadap program. Model program dikatakan telah terverifikasi apabila telah berjalan sesuai dengan konseptual model, dimana terdapat perubahan output, antara lain total keterlambatan atas nilai keterlambatan positif (*tardiness*). Artinya keterlambatan hanya dihitung jika waktu penyelesaian lebih lama daripada waktu seharusnya diselesaikan (tidak lebih awal), sedangkan nilai keterlambatan negatif (*earliness*) tidak diperhitungkan. Oleh karena itu pada fungsi tujuan, jika keterlambatan bernilai negatif, maka akan berubah menjadi bernilai nol sebelum dikalikan dengan penalti.

Dari hasil verifikasi terhadap 1 iterasi yang dilakukan terdapat program dengan data yang sama dengan data yang akan menjadi penelitian, hal ini menunjukkan terjadi perubahan dari solusi awal sampai didapat solusi akhir, yaitu sebagai berikut pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Iterasi Untuk Verifikasi Program

<i>Total Biaya Awal</i>	23015
<i>Makespan Awal</i>	92
<i>Total Biaya Akhir</i>	23000
<i>Makespan Akhir</i>	88

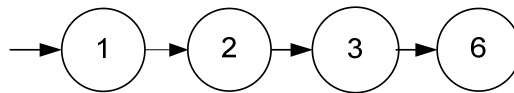
Dari tabel terlihat total biaya solusi awal sebesar 23,015 dengan *makespan* 92 dan solusi akhir sebesar 23,000 dengan *makespan* 88. Karena terjadi perubahan terhadap outputnya maka program telah terverifikasi.

Selanjutnya dilakukan validasi program. Validasi terhadap program dilakukan dengan memasukkan perhitungan data manual. Hasil run program dengan perhitungan data manual. Jika keduanya menunjukkan nilai yang sama, maka program telah tervalidasi.

Data verifikasi dan validasi yang dipergunakan adalah 1 buah *job* dan memiliki 3 buah komponen dengan 6 buah operasi/mesin yang akan dilewati. Gambaran mengenai rute tersebut dapat dilihat pada gambar 4.3. Waktu operasi yang bernilai nol menunjukkan bahwa rute tersebut tidak dilewati oleh jenis bersangkutan. Jumlah operasi dan jumlah mesin yang ditampilkan sesuai dengan data penelitian. Parameter algoritma *Tabu Search* untuk validasi ini juga ditentukan dan dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Data Untuk Verifikasi dan Validasi

<i>No</i>	<i>Komponen</i>	<i>Operasi</i>					
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1	XA-110S-1	4	8	7	0	0	7
2	XA-110S-2	4	11	15	0	0	7
3	XA-110S-3	4	13	15	0	0	5



Gambar 4.2. Rute Operasi Data Verifikasi dan Validasi

Validasi program dilakukan dengan memeriksa apakah hasil program sudah sesuai dengan yang seharusnya, yaitu dengan memeriksa urutan dari setiap komponen. Data yang digunakan hasilnya adalah sebagai berikut pada tabel 4.3; dimana *Jumlah Solusi Tetangga* adalah 6, *Panjang Tabu List* adalah 1, dan *Jumlah Iterasi Maksimum* sebesar 1.

Tabel 4.3. Parameter Yang Digunakan Dalam Validasi

No	Data	Nilai
	Data Problem	
1	Jumlah Job	3
2	Jumlah Mesin	6
	Data Algoritma	
3	Jumlah Solusi Tetangga	6
4	Panjang tabu list	1
	Data Terminasi	
7	Jumlah Iterasi Maksimum	1

Selanjutnya hasil validasi terhadap program dengan urutan hasil *run* program dibandingkan dengan hasil perhitungan manual. Solusi awal yang ditampilkan oleh program pada solusi awal adalah:

Tabel 4.4. Kombinasi Validasi Manual

No.	Operasi											
	1			2			3			6		
	start	run	end	start	run	end	start	run	end	start	run	end
1		4	4	4	8	12	12	7	19	19	7	26
2	4	4	8	8	11	23	23	15	38	38	7	45
3	8	4	12	12	13	36	36	15	53	53	5	58

Dengan urutan yang sama terdapat pada kombinasi ke 2 didapatkan urutan 1-2-3 dengan urutan waktu untuk komponen 1 selesai pada waktu menit ke 26, untuk komponen 2 selesai pula pada menit ke 45, dan untuk komponen ke 3 selesai pada menit ke 58. Berikut hasil dari run program yang ditampilkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Validasi *Run* Program

Nomor Mesin	Mesin Ke	Item	Operasi		
			1	2	3
1	1	Komp. No	1	2	3
		Start Time	0	4	8
		End Time	4	8	12
2	1	Komp. No	1	2	3
		Start Time	4	12	23
		End Time	12	23	36
3	1	Komp. No	1	2	3
		Start Time	12	23	38
		End Time	19	38	53
6	1	Komp. No	1	2	3
		Start Time	19	38	53
		End Time	26	45	58

Dapat terlihat hasil *run* program dan perhitungan manual dari tabel 4.4 dengan tabel 4.5. Dapat dilihat terdapat kesesuaian urutan proses operasi (1-2-3) dan waktu penyelesaiannya (26-45-58), maka program ini dapat dinyatakan telah tervalidasi.

4.2 Input Data

Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah dan dimasukkan pada program yang telah dibuat pada *Microsoft Excel 2007* dengan menggunakan *VBA Excel*. Data-data data yang diperoleh yaitu data biaya produksi, biaya penalti dan *due date* dimasukkan pada *sheet* "DataBiaya"; data waktu proses dimasukkan ke *sheet* "DataWaktuProses"; data urutan operasi pengerjaan dimasukkan ke *sheet* "DataUrutanProses"; dan data mesin dimasukkan ke *sheet* "DataMesin".

4.3 Pengolahan Data dan Hasil

Pengolahan data penelitian ini dioperasikan dengan menggunakan computer, dengan spesifikasi Intel® Pentium® Dual-Core CPU T4200 @ 2.00GHz, dengan memori 2048MB RAM.

4.3.1 Hasil Penjadwalan di PT. XYZ

Hasil penjadwalan sebagai solusi awal di PT. XYZ dapat dilihat pada lampiran 3 dan total biaya produksi sebagai solusi awal terdapat di lampiran 4.

4.3.2 Eksperimen

Untuk menentukan nilai parameter-parameter algoritma *tabu search* yang digunakan untuk pengolahan data, terlebih dahulu dilakukan eksperimen terhadap ketiga parameter untuk melihat kombinasi terbaik dari ketiga parameter tersebut. Ketiga parameter tersebut adalah *jumlah solusi tetangga*, *panjang tabu list*, dan *jumlah iterasi maksimum*. Untuk setiap percobaan didapatkan total biaya keterlambatan paling rendah sebagai output (karena tujuan meminimumkan total penalti keterlambatan). Eksperimen dilakukan untuk mendapatkan hasil yang maksimum dalam mendapatkan minimum total penalti keterlambatan diantara semua kemungkinan eksperimen yang ada. Pada tabel 4.6 dapat dilihat hasil eksperimen.

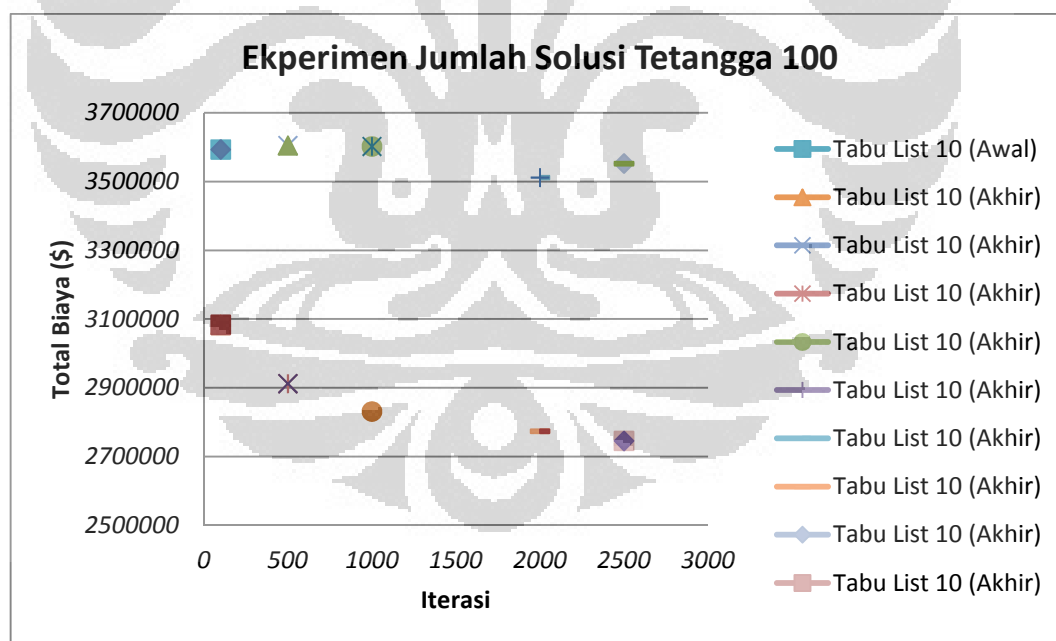
Tabel 4.6. Eksperimen

Iterasi	<i>Jumlah Solusi Tetangga</i>	100				200			
	<i>Panjang Tabu List</i>	10		20		10		20	
	<i>Solusi</i>	<i>Awal</i>	<i>Akhir</i>	<i>Awal</i>	<i>Akhir</i>	<i>Awal</i>	<i>Akhir</i>	<i>Awal</i>	<i>Akhir</i>
100	Total Biaya (\$)	3593811	3083856	3557652	3085556	3573166	3053460	3586236	3075425
	Makespan (min)	4046	3016	3953	3082	3982	2951	3984	3014
	Waktu Komputasi (min)	3		3		5		5	
500	Total Biaya (\$)	3605583	2912827	3598705	2932702	3573279	2867993	3588728	2882230
	Makespan (min)	4099	2767	4061	28-5	4048	2719	4015	2763
	Waktu Komputasi (min)	11		10		22		22	

Tabel 4.6. Eksperimen (lanjutan)

Iterasi	Jumlah Solusi Tetangga	100				200			
	Panjang Tabu List	10		20		10		20	
	Solusi	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
1000	Total Biaya (\$)	3602747	2831925	3633345	2831589	3597417	2809036	3580970	2805755
	Makespan (min)	4161	2765	4203	2772	4002	2757	4040	2751
	Waktu Komputasi (min)	30		22		43		52	
2000	Total Biaya (\$)	3512221	2774625	3609020	2777786	3534937	2759096	3584141	2804819
	Makespan (min)	3908	2752	4122	2789	3902	2777	4012	2759
	Waktu Komputasi (min)	42		43		79		83	
2500	Total Biaya (\$)	3553030	2746379	3580723	2747858	3577592	2752256	3528388	2706533
	Makespan (min)	4025	2775	4060	2779	4061	2793	4171	2775
	Waktu Komputasi (min)	53		49		116		120	

Hasil terbaik jika dilihat dari tabel dan gambar tersebut pada *iterasi* ke 2500, *jumlah solusi tetangga* 100, dan *panjang tabu list* 10.

**Gambar 4.3.** Eksperimen Jumlah Solusi Tetangga 100

Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa perbedaan antar solusi awal dengan solusi akhir total biaya yang mendekati optimal adalah pada iterasi ke 2500. Dan hasil ini akan kita gunakan untuk melakukan percobaan sebanyak lima kali *run*

untuk mencari hasil terbaik dari permasalahan di perusahaan dengan algoritma *tabu search* dengan bantuan peranti lunak *VBA Excel*.

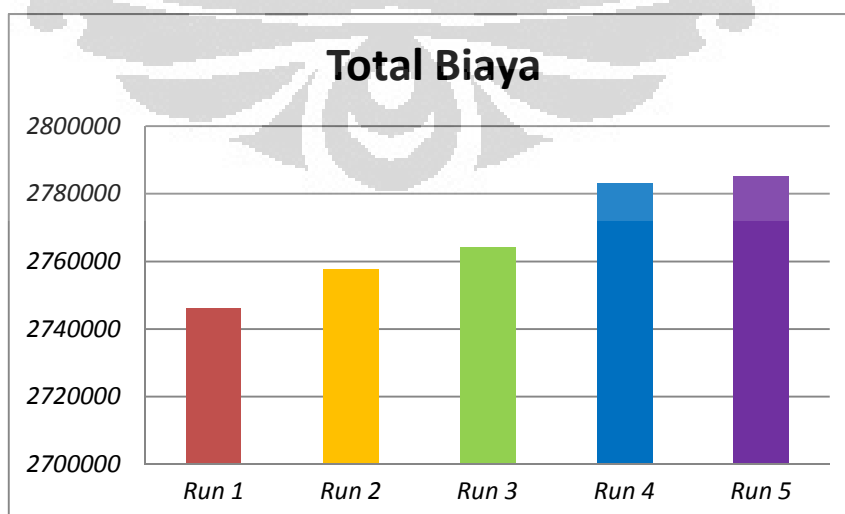
4.3.3 Hasil Penjadwalan Dengan Algoritma *Tabu Search*

Parameter yang digunakan yaitu: *Jumlah Solusi Tetangga*, *Panjang Tabu List*, dan *Jumlah Iterasi Maksimum* yang didapat dari hasil eksperimen. Setelah parameter-parameter penjadwalan ditentukan, maka hasil yang diambil adalah hasil terbaik dari program yang telah dilakukan *run* sebanyak lima kali. Didapatkan ringkasan hasil sebagai terlihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7. Hasil *Run* Program

<i>Iterasi 2500</i>	<i>Run 1</i>		<i>Run 2</i>		<i>Run 3</i>		<i>Run 4</i>		<i>Run 5</i>	
	<i>Awal</i>	<i>Akhir</i>	<i>Awal</i>	<i>Awal</i>	<i>Akhir</i>	<i>Awal</i>	<i>Akhir</i>	<i>Akhir</i>	<i>Awal</i>	<i>Akhir</i>
<i>Total Biaya</i>	3553030	2746379	3542877	3555176	2783155	3564378	2785254	2757740	3597116	2764264
<i>Makespan</i>	4025	2775	3950	3984	2799	4012	2780	2781	4088	2750
<i>Waktu Komputasi</i>	53		60		54		55		56	
<i>Jumlah komponen tidak terlambat</i>	169		156		165		158		164	

Dari table 4.7 terlihat bahwa hasil *run* ke 1 adalah hasil yang mendekati optimal jika dibandingkan dengan hasil *run* lainnya.



Gambar 4.4. Total Biaya Iterasi 2500

Hasil *run* 1 adalah solusi awal total biaya 3.553.030 dan *makespan* 4.025, solusi akhir total biaya 2.746.379 dan *makespan* 2.775, jumlah komponen yang tidak terlambat sebanyak 169 dengan waktu komputasi 53 menit.

Hasil *run* 2 adalah solusi awal total biaya 3.542.877 dan *makespan* 3.950, solusi akhir total biaya 2.757.740 dan *makespan* 2.781, jumlah komponen yang tidak terlambat sebanyak 156 dengan waktu komputasi 50 menit.

Hasil *run* 3 adalah solusi awal total biaya 3.597.116 dan *makespan* 4.088, solusi akhir total biaya 2.764.264 dan *makespan* 2.750, jumlah komponen yang tidak terlambat sebanyak 165 dengan waktu komputasi 54 menit.

Hasil *run* 4 adalah solusi awal total biaya 3.555.176 dan *makespan* 3.984, solusi akhir total biaya 2.783.155 dan *makespan* 2.799, jumlah komponen yang tidak terlambat sebanyak 158 dengan waktu komputasi 55 menit.

Hasil *run* 5 adalah solusi awal total biaya 3.564.378 dan *makespan* 4.012, solusi akhir total biaya 2.785.254 dan *makespan* 2.780, jumlah komponen yang tidak terlambat sebanyak 164 dengan waktu komputasi 56 menit.

Dari kelima hasil *run* program, bahwa untuk hasil solusi terbaik adalah *run* 1 dimana total biaya produksi terkecil mencapai 2.746.379 USD dengan waktu penyelesaian 2.775 menit, jumlah komponen yang tidak terlambat sebanyak 169 komponen dengan waktu komputasi 53 menit. Urutan komponen yang akan dikerjakan adalah sebagai berikut seperti dilihat pada lampiran 1.

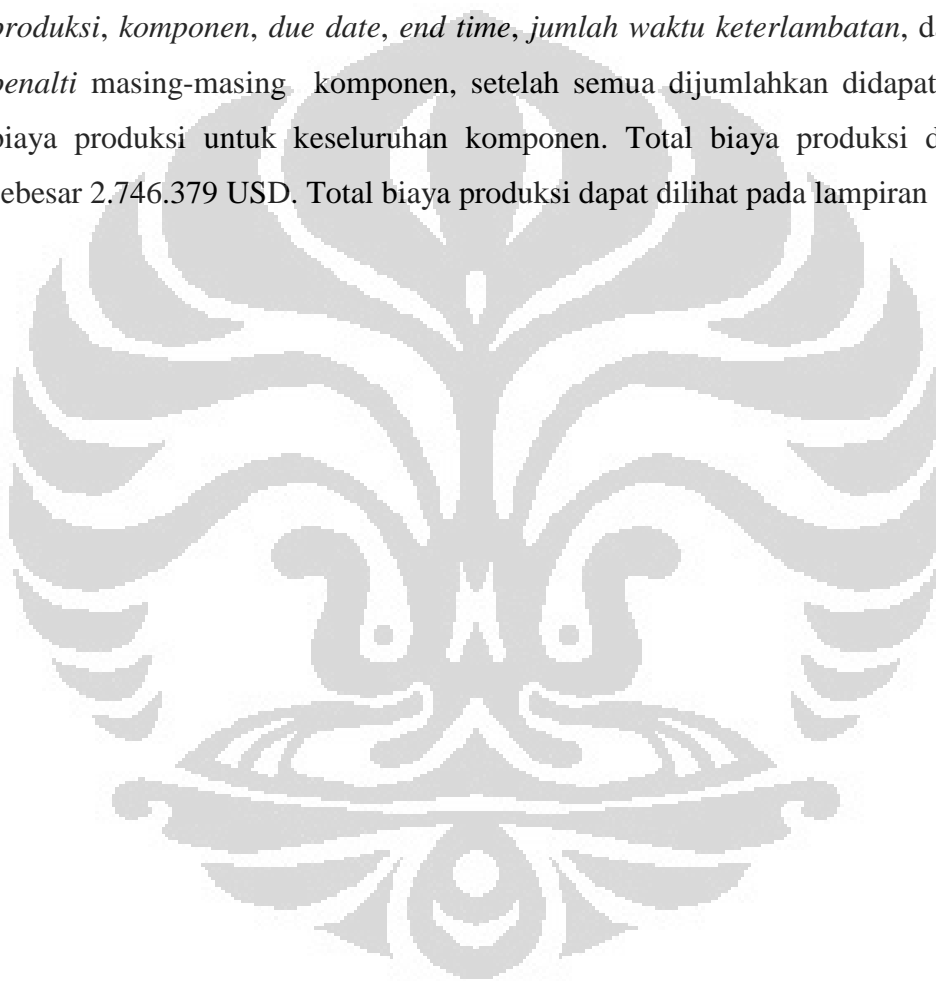
4.3.4 Langkah-Langkah Logis Penjadwalan

Penjelasan langkah-langkah logis dari hasil penelitian terhadap 7 pesanan/*job* dari 219 macam komponen, dilakukan dengan mengambil contoh komponen ke 27 pada lampiran 1. Komponen ke 27 (warna hijau muda), pertama kali dikerjakan pada operasi 1 menit ke 112 selesai pada menit ke 116; kemudian dikerjakan pada operasi 2 menit ke 182, selesai menit ke 192; kemudian dikerjakan pada operasi 3 pada menit ke 521 dan selesai pada menit ke 528; kemudian dikerjakan pada operasi 5 pada menit ke 598 dan selesai jam ke 613. Tabel 4.8 menunjukkan ringkasan operasi komponen ke 27.

Tabel 4.8. Urutan Operasi Komponen Ke-27

No. Komponen	Operasi Ke-			
	1	2	3	5
Waktu Mulai	112	189	521	598
Waktu Selesai	116	192	528	613

Dari tabel 4.8. dapat dilihat bahwa tidak ada proses yang bersamaan dikerjakan. Untuk. Selanjutnya, pada lampiran 2 merupakan ringkasan dari *biaya produksi, komponen, due date, end time, jumlah waktu keterlambatan, dan biaya penalti* masing-masing komponen, setelah semua dijumlahkan didapatkan total biaya produksi untuk keseluruhan komponen. Total biaya produksi diperoleh sebesar 2.746.379 USD. Total biaya produksi dapat dilihat pada lampiran 2.



BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan terhadap hasil akhir permasalahan penjadwalan di PT. XYZ adalah sebagai berikut:

Diperolehnya model penjadwalan dari permasalahan *job shop* di PT. XYZ dengan menggunakan metode algoritma *tabu search* dengan bantuan bahasa pemrograman *Visual Basic for Application (VBA)* pada peranti lunak *Microsoft Excel 2007*.

Penjadwalan dengan metode algoritma *Tabu Search* menghasilkan total biaya produksi sebesar 2.746.379 USD dibandingkan dengan jadwal perusahaan sebesar 3.553.030 USD, jadwal hasil *Tabu Search* diperoleh penghematan biaya sebesar 22,7%. *Makespan* diperoleh sebesar 4.025 menit, dibandingkan dengan jadwal perusahaan sebesar 2.775 menit, maka terjadi perbaikan sebesar 31%, sehingga perusahaan bisa menambah jumlah produksi.

5.2 Saran

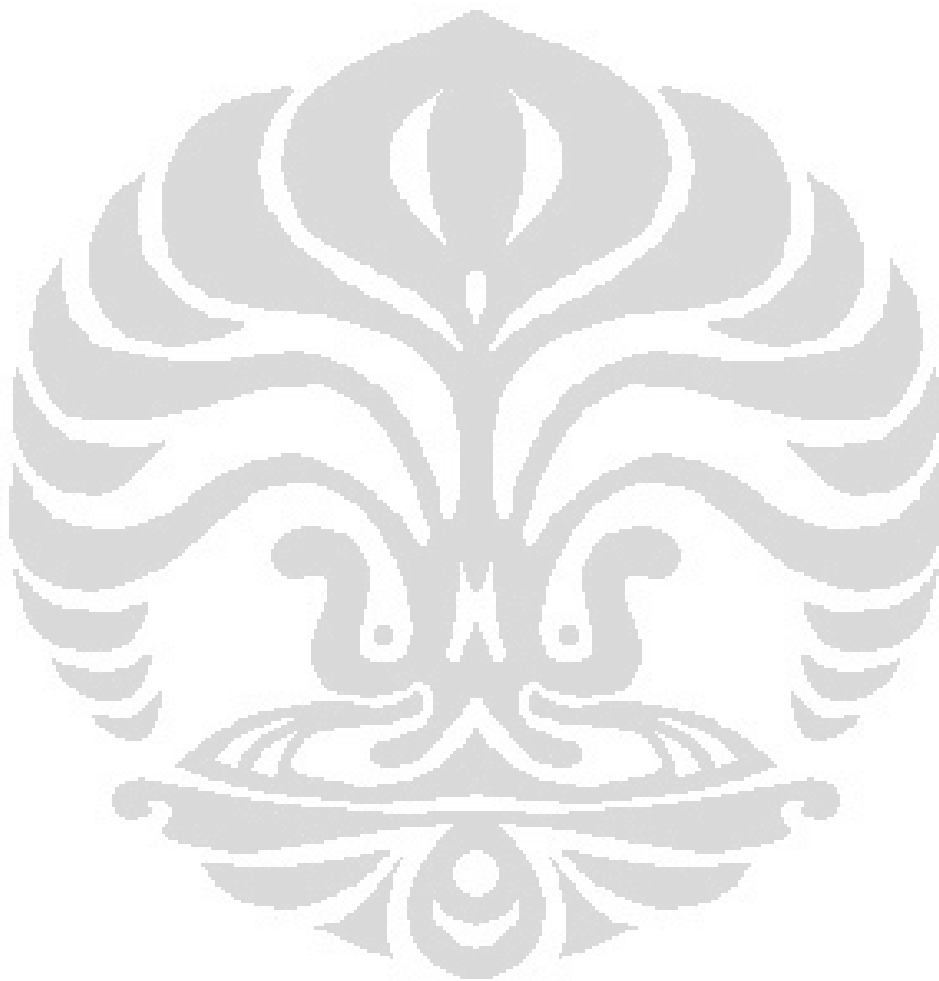
Banyak pengembangan yang dapat dilakukan terhadap penelitian ini untuk ke depannya. Pengembangan penelitian ini dilakukan untuk keberlanjutan keilmuan agar manfaat dapat dirasakan oleh seluruh civitas akademika dalam menghasilkan riset-riset yang berkualitas, serta pihak industri dalam memecahkan persoalan operasional yang ada di lapangan.

Pengembangan algoritma terhadap permasalahan di industri dengan menggunakan algoritma metaheuristik lainnya. Dengan permasalahan serupa tetapi diberlakukan penyelesaian masalah dengan metoda yang berbeda diharapkan didapat metoda yang paling mendekati optimal untuk permasalahan di perusahaan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Applegate, D. & Cook, W. (1991). *A Computational Study of the Job-Shop Scheduling Problem*. ORSA Journal on Computing Vol. 3, No. 2, hal. 149.
- Betrianis & Aryawan, P. T. (2003). *Penerapan Algoritma Tabu Search Dalam Penjadwalan Job Shop*. Makara, Teknologi, Vol. 7, No. 3, 2.
- Chase, R. B. Jacobs, F. R. & Aquilano, N. J. (2007), *Operation Management*. McGraw-Hill, New York, 667.
- Everett E. A., & Ebert, R. J. (1992). *Production and Operations Management*. New Jersey: Prentice Hall.
- Fattahi, P. M., Saidi, M., & Jolal, F. (2007). *Mathematical Modeling and Heuristic Approaches to Flexible Job Shop Scheduling Problems*. Journal Intell Manufacturing. Vol. 18, 331
- Geyik, F. & Cedimoglu, I. H. (2004). *The Strategies and Parameters of Tabu Search for Job-Shop Scheduling*. Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 15, No. 4, 439-448.
- Glover, F. & Laguna, M. (n.d) *Principles of Tabu Search*.
- Lestan et al. (2009). *Solving The Job Shop Scheduling Problem With A Simple Genetic Algorithm*. International Journal Simulation Model Vol. 8, No, 4, hal 197.
- Nowicki, E. & Smutnicki, C. (1996). *A Fast Taboo Search Algorithm for The Job Shop Problem*. Management Science, vol. 42, No. 6
- Ólafsson, S. (2006). *Handbook on Simulation: Metaheuristics*. In Nelson and Henderson (eds.). *Handbook on Simulation*, pp.15
- Pan, Q. K, Wang. L, & Qian, B. (2008). *A Novel Multi-Objective Particle Swarm Optimization Algorithm For No-Wait Flow Shop Scheduling Problems*. Journal of Engineering Manufacture, Vol. 222
- Pinedo, M & Chao. (1999). *Operational Scheduling With Applications in Manufacturing and Services*. New York: McGraw-Hill.
- Schuster, C. J. (2006). *No-wait Job Shop Scheduling: Tabu Search and Complexity of Subproblems*. Springer-Verlag. 473-491.

Shutler, P.M.E. (2003). *A Priority List Based Heuristic for Job Shop Problem*.
Journal of The Operational Research Society, No. 54, 571-584.



Lampiran 1: Penjadwalan Sebagai Solusi Akhir

Nomor Mesin	Mesin Ke	Item (urutan komponen ke)														
		<i>Komp. No</i>	110	22	36	25	150	111	72	4	177	3	26	57	102	53
1	1	<i>Start Time</i>	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
		<i>End Time</i>	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
		<i>Komp. No</i>	17	215	154	1	174	103	106	23	54	152	98	105	56	74
		<i>Start Time</i>	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108
		<i>End Time</i>	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112
		<i>Komp. No</i>	27	210	132	79	159	60	141	55	21	6	86	28	58	145
		<i>Start Time</i>	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164
		<i>End Time</i>	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168
		<i>Komp. No</i>	59	196	181	71	61	135	40	78	140	146	114	134	97	99
		<i>Start Time</i>	168	172	176	180	184	188	192	196	200	204	208	212	216	220
		<i>End Time</i>	172	176	180	184	188	192	196	200	204	208	212	216	220	224
		<i>Komp. No</i>	117	77	93	183	155	14	173	144	33	109	148	178	5	62
		<i>Start Time</i>	224	228	232	236	240	244	248	252	256	260	264	268	272	276
		<i>End Time</i>	228	232	236	240	244	248	252	256	260	264	268	272	276	280
		<i>Komp. No</i>	149	108	68	158	29	24	142	147	126	201	113	80	107	128
		<i>Start Time</i>	280	284	288	292	296	300	304	308	312	316	320	324	328	332
		<i>End Time</i>	284	288	292	296	300	304	308	312	316	320	324	328	332	336
		<i>Komp. No</i>	104	179	10	73	175	124	143	151	121	191	167	193	192	31
		<i>Start Time</i>	336	340	344	348	352	356	360	364	368	372	376	380	384	388
		<i>End Time</i>	340	344	348	352	356	360	364	368	372	376	380	384	388	392
		<i>Komp. No</i>	136	65	34	63	8	189	67	182	16	187	122	75	69	194
		<i>Start Time</i>	392	396	400	404	408	412	416	420	424	428	432	436	440	444
		<i>End Time</i>	396	400	404	408	412	416	420	424	428	432	436	440	444	448
		<i>Komp. No</i>	66	91	184	133	216	9	30	64	116	112	19	211	160	38
		<i>Start Time</i>	448	452	456	460	464	468	472	476	480	484	488	492	496	500
		<i>End Time</i>	452	456	460	464	468	472	476	480	484	488	492	496	500	504

		<i>Komp. No</i>	13	188	161	218	119	7	70	12	2	50	82	32	217	81
		<i>Start Time</i>	504	508	512	516	520	524	528	532	536	540	544	548	552	556
		<i>End Time</i>	508	512	516	520	524	528	532	536	540	544	548	552	556	560
		<i>Komp. No</i>	130	212	115	35	185	120	195	85	42	203	199	37	153	172
		<i>Start Time</i>	560	564	568	572	576	580	584	588	592	596	600	604	608	612
		<i>End Time</i>	564	568	572	576	580	584	588	592	596	600	604	608	612	616
		<i>Komp. No</i>	123	125	202	118	76	100	157	51	163	52	83	15	198	101
		<i>Start Time</i>	616	620	624	628	632	636	640	644	648	652	656	660	664	668
		<i>End Time</i>	620	624	628	632	636	640	644	648	652	656	660	664	668	672
		<i>Komp. No</i>	176	219	190	214	44	94	11	180	164	84	171	138	200	87
		<i>Start Time</i>	672	676	680	684	688	692	696	700	704	708	712	716	720	724
		<i>End Time</i>	676	680	684	688	692	696	700	704	708	712	716	720	724	728
		<i>Komp. No</i>	156	166	129	43	90	89	162	131	186	88	45	127	197	39
		<i>Start Time</i>	728	732	736	740	744	748	752	756	760	764	768	772	776	780
		<i>End Time</i>	732	736	740	744	748	752	756	760	764	768	772	776	780	784
		<i>Komp. No</i>	18	169	165	41	95	204	207	205	47	48	46	208	170	92
		<i>Start Time</i>	784	788	792	796	800	804	808	812	816	820	824	828	832	836
		<i>End Time</i>	788	792	796	800	804	808	812	816	820	824	828	832	836	840
		<i>Komp. No</i>	96	139	206	209	168	49	137	213						
		<i>Start Time</i>	840	844	848	852	856	860	864	868						
		<i>End Time</i>	844	848	852	856	860	864	868	872						
2	1	<i>Komp. No</i>	22	25	36	177	4	110	72	53	102	54	103	174	105	23
		<i>Start Time</i>	8	16	25	45	52	60	68	76	86	97	107	118	125	133
		<i>End Time</i>	15	25	45	52	60	68	76	86	97	107	118	125	133	143
		<i>Komp. No</i>	17	56	141	111	21	27	61	55	140	26	58	146	106	57
		<i>Start Time</i>	143	153	160	167	175	182	192	199	209	216	223	230	240	248
		<i>End Time</i>	153	160	167	175	182	192	199	209	216	223	230	240	248	255
		<i>Komp. No</i>	215	60	59	1	145	109	5	6	68	108	150	24	107	104
		<i>Start Time</i>	255	266	273	280	288	295	306	314	325	333	341	352	362	370

<i>End Time</i>	266	273	280	288	295	306	314	325	333	341	352	362	370	381
<i>Komp. No</i>	62	143	179	178	142	144	65	74	63	152	147	184	216	29
<i>Start Time</i>	381	388	398	408	415	425	434	445	456	466	474	484	491	504
<i>End Time</i>	388	398	408	415	425	434	445	456	466	474	484	491	504	511
<i>Komp. No</i>	117	113	28	64	149	9	218	31	182	112	67	148	114	66
<i>Start Time</i>	511	519	530	540	551	558	568	576	587	597	608	616	623	631
<i>End Time</i>	519	530	540	551	558	568	576	587	597	608	616	623	631	642
<i>Komp. No</i>	116	181	71	80	183	2	8	193	122	30	159	7	119	115
<i>Start Time</i>	642	650	657	668	676	683	694	704	715	730	737	752	762	770
<i>End Time</i>	650	657	668	676	683	694	704	715	730	737	752	762	770	778
<i>Komp. No</i>	69	16	151	70	12	154	100	120	73	153	32	10	187	79
<i>Start Time</i>	778	786	796	804	812	821	829	836	847	855	866	874	884	893
<i>End Time</i>	786	796	804	812	821	829	836	847	855	866	874	884	893	901
<i>Komp. No</i>	210	130	76	195	158	118	78	11	33	188	14	176	196	98
<i>Start Time</i>	901	916	923	931	939	954	962	970	977	985	992	1007	1017	1028
<i>End Time</i>	916	923	931	939	954	962	970	977	985	992	1007	1017	1028	1038
<i>Komp. No</i>	13	34	75	157	124	85	37	35	81	77	189	123	19	190
<i>Start Time</i>	1038	1045	1056	1067	1087	1098	1109	1129	1137	1145	1153	1163	1174	1194
<i>End Time</i>	1045	1056	1067	1087	1098	1109	1129	1137	1145	1153	1163	1174	1194	1204
<i>Komp. No</i>	217	83	126	84	191	166	160	172	192	156	87	164	125	94
<i>Start Time</i>	1204	1215	1226	1236	1251	1258	1268	1278	1298	1305	1325	1336	1346	1357
<i>End Time</i>	1215	1226	1236	1251	1258	1268	1278	1298	1305	1325	1336	1346	1357	1364
<i>Komp. No</i>	38	138	82	197	15	86	90	43	194	219	163	129	40	202
<i>Start Time</i>	1364	1379	1386	1397	1405	1420	1431	1438	1458	1466	1474	1484	1491	1506
<i>End Time</i>	1379	1386	1397	1405	1420	1431	1438	1458	1466	1474	1484	1491	1506	1526
<i>Komp. No</i>	134	200	39	99	128	45	175	155	88	133	91	127	162	132
<i>Start Time</i>	1526	1535	1550	1565	1572	1579	1589	1599	1619	1629	1636	1643	1653	1673
<i>End Time</i>	1535	1550	1565	1572	1579	1589	1599	1619	1629	1636	1643	1653	1673	1680
<i>Komp. No</i>	161	89	95	44	3	165	180	131	198	121	136	185	199	52

		<i>Start Time</i>	1680	1700	1710	1717	1727	1740	1750	1757	1764	1784	1795	1805	1815	1835
		<i>End Time</i>	1700	1710	1717	1727	1740	1750	1757	1764	1784	1795	1805	1815	1835	1850
		<i>Komp. No</i>	167	41	186	205	18	212	208	42	135	201	211	92	93	97
		<i>Start Time</i>	1850	1865	1875	1885	1905	1920	1935	1945	1965	1975	1995	2010	2017	2024
		<i>End Time</i>	1865	1875	1885	1905	1920	1935	1945	1965	1975	1995	2010	2017	2024	2034
		<i>Komp. No</i>	173	171	203	206	209	207	168	170	101	137	49	214	96	169
		<i>Start Time</i>	2034	2055	2070	2080	2090	2100	2110	2125	2140	2150	2157	2172	2187	2196
		<i>End Time</i>	2055	2070	2080	2090	2100	2110	2125	2140	2150	2157	2172	2187	2196	2211
		<i>Komp. No</i>	139	204	47	50	46	51	213	48						
		<i>Start Time</i>	2211	2221	2241	2251	2266	2276	2291	2306						
		<i>End Time</i>	2221	2241	2251	2266	2276	2291	2306	2321						
3	1	<i>Komp. No</i>	20	22	25	36	177	4	110	53	72	105	54	103	56	21
		<i>Start Time</i>	0	21	31	46	61	76	91	106	121	136	151	166	181	191
		<i>End Time</i>	21	31	46	61	76	91	106	121	136	151	166	181	191	201
		<i>Komp. No</i>	141	102	55	23	140	57	174	58	61	106	60	145	5	59
		<i>Start Time</i>	201	211	226	241	256	266	281	291	306	316	331	341	348	355
		<i>End Time</i>	211	226	241	256	266	281	291	306	316	331	341	348	355	365
		<i>Komp. No</i>	1	107	24	108	109	104	26	146	179	178	62	142	215	27
		<i>Start Time</i>	365	372	387	402	409	416	431	438	445	460	475	485	500	521
		<i>End Time</i>	372	387	402	409	416	431	438	445	460	475	485	500	521	528
		<i>Komp. No</i>	63	144	64	143	111	216	149	148	147	112	6	65	117	29
		<i>Start Time</i>	528	543	558	573	588	603	618	625	635	642	652	663	678	693
		<i>End Time</i>	543	558	573	588	603	618	625	635	642	652	663	678	693	703
		<i>Komp. No</i>	28	181	113	66	182	114	30	68	67	183	69	9	115	71
		<i>Start Time</i>	703	710	720	730	745	755	762	769	784	799	809	824	839	846
		<i>End Time</i>	710	720	730	745	755	762	769	784	799	809	824	839	846	853
		<i>Komp. No</i>	152	150	116	184	151	153	70	2	10	7	11	31	78	119
		<i>Start Time</i>	853	868	889	904	914	929	940	947	962	977	992	999	1014	1029
		<i>End Time</i>	868	889	904	914	929	940	947	962	977	992	999	1014	1029	1038

<i>Komp. No</i>	118	73	187	8	32	74	122	79	12	75	154	218	188	120
<i>Start Time</i>	1038	1047	1062	1077	1092	1107	1117	1127	1142	1149	1159	1166	1173	1180
<i>End Time</i>	1047	1062	1077	1092	1107	1117	1127	1142	1149	1159	1166	1173	1180	1198
<i>Komp. No</i>	76	33	34	217	124	77	189	123	84	172	190	81	191	13
<i>Start Time</i>	1198	1205	1220	1231	1246	1266	1273	1280	1298	1308	1318	1325	1334	1344
<i>End Time</i>	1205	1220	1231	1246	1266	1273	1280	1298	1308	1318	1325	1334	1344	1354
<i>Komp. No</i>	158	80	156	126	16	157	35	138	125	37	192	14	82	160
<i>Start Time</i>	1354	1366	1375	1390	1405	1414	1429	1436	1451	1460	1475	1482	1491	1509
<i>End Time</i>	1366	1375	1390	1405	1414	1429	1436	1451	1460	1475	1482	1491	1509	1521
<i>Komp. No</i>	83	159	193	130	129	38	43	194	85	128	163	195	155	39
<i>Start Time</i>	1521	1541	1553	1574	1584	1599	1614	1629	1644	1662	1677	1687	1702	1717
<i>End Time</i>	1541	1553	1574	1584	1599	1614	1629	1644	1662	1677	1687	1702	1717	1729
<i>Komp. No</i>	162	45	197	219	17	196	87	132	86	88	131	40	185	133
<i>Start Time</i>	1729	1739	1746	1753	1760	1770	1781	1790	1800	1820	1835	1845	1857	1872
<i>End Time</i>	1739	1746	1753	1760	1770	1781	1790	1800	1820	1835	1845	1857	1872	1879
<i>Komp. No</i>	15	136	41	89	165	98	18	95	91	134	90	94	42	164
<i>Start Time</i>	1879	1897	1904	1916	1931	1941	1948	1955	1962	1977	1992	2007	2017	2032
<i>End Time</i>	1897	1904	1916	1931	1941	1948	1955	1962	1977	1992	2007	2017	2032	2042
<i>Komp. No</i>	135	19	92	199	166	167	176	93	127	209	202	44	201	173
<i>Start Time</i>	2042	2049	2069	2079	2099	2109	2118	2133	2143	2158	2168	2186	2193	2211
<i>End Time</i>	2049	2069	2079	2099	2109	2118	2133	2143	2158	2168	2186	2193	2211	2226
<i>Komp. No</i>	97	161	137	3	206	168	198	200	139	96	169	204	208	52
<i>Start Time</i>	2226	2233	2248	2263	2278	2288	2297	2317	2337	2344	2359	2366	2386	2396
<i>End Time</i>	2233	2248	2263	2278	2288	2297	2317	2337	2344	2359	2366	2386	2396	2403
<i>Komp. No</i>	121	170	203	47	46	99	205	175	100	49	101	50	186	207
<i>Start Time</i>	2403	2423	2430	2448	2455	2462	2477	2497	2512	2527	2536	2543	2550	2565
<i>End Time</i>	2423	2430	2448	2455	2462	2477	2497	2512	2527	2536	2543	2550	2565	2575
<i>Komp. No</i>	213	214	212	180	210	211	171	51	48					
<i>Start Time</i>	2575	2582	2589	2596	2611	2620	2629	2636	2643					

		<i>End Time</i>	2582	2589	2596	2611	2620	2629	2636	2643	2652						
4	1	<i>Komp. No</i>	16														
		<i>Start Time</i>	1414														
		<i>End Time</i>	1484														
5	1	<i>Komp. No</i>	25	177	36	22	53	54	56	21	141	55	140	57	23	174	
		<i>Start Time</i>	46	76	91	106	121	166	191	201	216	241	266	281	296	306	306
		<i>End Time</i>	53	91	106	121	136	181	198	216	237	256	281	296	306	315	315
		<i>Komp. No</i>	58	60	145	59	61	24	26	146	179	178	142	62	63	144	144
		<i>Start Time</i>	315	341	350	365	374	402	438	448	463	478	500	510	543	558	558
		<i>End Time</i>	330	350	360	374	383	412	448	463	478	493	510	519	552	565	565
		<i>Komp. No</i>	143	27	149	148	147	181	28	182	29	30	183	117	116	184	184
		<i>Start Time</i>	588	598	625	635	650	720	729	755	764	779	809	824	904	914	914
		<i>End Time</i>	598	613	635	650	665	729	744	764	779	789	824	834	914	935	935
		<i>Komp. No</i>	10	9	7	78	118	11	119	187	8	188	12	120	124	189	189
		<i>Start Time</i>	977	987	997	1029	1047	1057	1067	1077	1092	1180	1190	1198	1266	1281	1281
		<i>End Time</i>	987	997	1007	1039	1057	1067	1077	1084	1102	1190	1197	1213	1281	1296	1296
		<i>Komp. No</i>	79	122	84	190	191	80	156	123	13	126	157	125	81	158	158
		<i>Start Time</i>	1296	1306	1321	1342	1357	1375	1390	1405	1417	1432	1442	1460	1472	1482	1482
		<i>End Time</i>	1306	1321	1342	1357	1372	1385	1405	1417	1432	1442	1452	1472	1482	1494	1494
		<i>Komp. No</i>	37	192	82	83	160	159	138	14	130	38	16	43	129	128	128
		<i>Start Time</i>	1494	1509	1519	1541	1556	1566	1578	1588	1603	1618	1633	1648	1663	1678	1678
		<i>End Time</i>	1509	1519	1534	1556	1566	1578	1588	1603	1618	1633	1648	1663	1678	1693	1693
		<i>Komp. No</i>	85	155	39	163	45	17	162	87	86	132	131	88	185	15	15
		<i>Start Time</i>	1693	1717	1732	1744	1754	1770	1785	1800	1820	1841	1856	1871	1881	1897	1897
<i>End Time</i>	1713	1732	1744	1754	1769	1785	1800	1820	1841	1856	1871	1881	1891	1912	1912		
<i>Komp. No</i>	133	136	40	89	18	95	91	98	134	90	41	42	164	94	94		
<i>Start Time</i>	1912	1922	1937	1949	1959	1964	1977	1992	2007	2014	2029	2044	2056	2066	2066		
<i>End Time</i>	1922	1937	1949	1959	1964	1974	1992	2007	2014	2029	2044	2056	2066	2081	2081		
<i>Komp. No</i>	92	165	199	166	135	93	209	127	176	202	201	44	173	97	97		

		<i>Start Time</i>	2081	2096	2106	2121	2131	2146	2168	2178	2188	2203	2215	2227	2242	2259
		<i>End Time</i>	2096	2106	2121	2131	2146	2167	2178	2188	2203	2215	2227	2242	2259	2274
		<i>Komp. No</i>	137	161	167	206	198	168	200	139	96	169	204	121	203	47
		<i>Start Time</i>	2274	2284	2299	2314	2329	2344	2359	2369	2384	2391	2406	2423	2448	2458
		<i>End Time</i>	2284	2299	2314	2329	2344	2359	2369	2384	2391	2406	2421	2438	2458	2468
		<i>Komp. No</i>	46	205	175	170	99	101	186	52	207	100	180	212	213	208
		<i>Start Time</i>	2468	2497	2512	2521	2536	2546	2565	2575	2587	2602	2612	2627	2642	2657
		<i>End Time</i>	2478	2512	2521	2536	2546	2561	2575	2587	2602	2612	2627	2642	2657	2667
		<i>Komp. No</i>	171	51	210	48	214	50	49	211						
		<i>Start Time</i>	2667	2682	2694	2709	2721	2736	2748	2760						
		<i>End Time</i>	2682	2694	2709	2721	2736	2748	2760	2775						
6	1	<i>Komp. No</i>	4	103	110	105	102	106	5	1	107	109	104	108	215	216
		<i>Start Time</i>	91	181	191	198	226	331	355	372	387	416	431	441	521	618
		<i>End Time</i>	96	191	198	205	233	338	362	379	394	431	441	446	528	625
		<i>Komp. No</i>	111	72	64	6	112	65	113	66	67	68	114	69	117	115
		<i>Start Time</i>	625	632	639	663	673	683	730	745	799	806	813	824	834	846
		<i>End Time</i>	632	639	646	673	683	693	740	755	806	813	820	831	844	853
		<i>Komp. No</i>	150	152	116	151	153	70	2	71	31	78	73	74	32	154
		<i>Start Time</i>	889	896	914	929	940	950	962	969	1014	1039	1062	1117	1127	1166
		<i>End Time</i>	896	901	924	934	950	955	969	984	1021	1049	1069	1127	1132	1173
		<i>Komp. No</i>	76	33	75	34	217	77	172	218	35	79	193	194	195	219
		<i>Start Time</i>	1205	1220	1225	1235	1246	1273	1318	1328	1436	1443	1574	1644	1702	1760
		<i>End Time</i>	1212	1225	1235	1245	1253	1280	1328	1335	1443	1453	1581	1649	1707	1770
		<i>Komp. No</i>	196	197	19	166	165	209	3	208						
		<i>Start Time</i>	1781	1791	2069	2131	2141	2178	2278	2667						
		<i>End Time</i>	1791	1798	2114	2141	2151	2188	2283	2677						

Lampiran 2: Total Biaya Produksi Solusi Akhir

<i>No Komp.</i>	<i>Biaya Produksi</i>	<i>Due Date</i>	<i>End Time</i>	<i>Jumlah Waktu Keterlambatan</i>	<i>Bobot (satuan waktu)</i>	<i>Biaya Penalti</i>	<i>Total Biaya</i>
1	4600	42	379	337	1	337	4937
2	4600	84	969	885	1	885	5485
3	4600	126	2283	2157	1	2157	6757
4	4600	168	96	0	1	0	4600
5	4600	210	362	152	1	152	4752
6	4600	670.8	673	2.2	1	2.2	4602.2
7	4600	782.6	1007	224.4	1	224.4	4824.4
8	4600	894.4	1102	207.6	1	207.6	4807.6
9	4600	1006.2	997	0	1	0	4600
10	4600	1118	987	0	1	0	4600
11	4600	1229.8	1067	0	1	0	4600
12	4600	1341.6	1197	0	1	0	4600
13	4600	1453.4	1432	0	1	0	4600
14	4600	1565.2	1603	37.8	1	37.8	4637.8
15	4600	1677	1912	235	1	235	4835
16	4600	1788.8	1648	0	1	0	4600
17	4600	1900.6	1785	0	1	0	4600
18	4600	2012.4	1964	0	1	0	4600
19	4600	2124.2	2114	0	1	0	4600
20	4600	2236	21	0	1	0	4600
21	15500	97.8	216	118.2	3.37	398.334	15898.33
22	15500	195.6	121	0	3.37	0	15500
23	15500	293.4	306	12.6	3.37	42.462	15542.46
24	15500	391.2	412	20.8	3.37	70.096	15570.1
25	15500	489	53	0	3.37	0	15500
26	15500	586.8	448	0	3.37	0	15500
27	15500	684.6	613	0	3.37	0	15500
28	15500	782.4	744	0	3.37	0	15500
29	15500	880.2	779	0	3.37	0	15500
30	15500	978	789	0	3.37	0	15500
31	15500	1075.8	1021	0	3.37	0	15500
32	15500	1173.6	1132	0	3.37	0	15500
33	15500	1271.4	1225	0	3.37	0	15500
34	15500	1369.2	1245	0	3.37	0	15500
35	15500	1467	1443	0	3.37	0	15500
36	15500	1564.8	106	0	3.37	0	15500
37	15500	1662.6	1509	0	3.37	0	15500
38	15500	1760.4	1633	0	3.37	0	15500
39	15500	1858.2	1744	0	3.37	0	15500
40	15500	1956	1949	0	3.37	0	15500
41	15500	2053.8	2044	0	3.37	0	15500

<i>No Komp.</i>	<i>Biaya Produksi</i>	<i>Due Date</i>	<i>End Time</i>	<i>Jumlah Waktu Keterlambatan</i>	<i>Bobot (satuan waktu)</i>	<i>Biaya Penalti</i>	<i>Total Biaya</i>
42	15500	2151.6	2056	0	3.37	0	15500
43	15500	2249.4	1663	0	3.37	0	15500
44	15500	2347.2	2242	0	3.37	0	15500
45	15500	2445	1769	0	3.37	0	15500
46	15500	2542.8	2478	0	3.37	0	15500
47	15500	2640.6	2468	0	3.37	0	15500
48	15500	2738.4	2721	0	3.37	0	15500
49	15500	2836.2	2760	0	3.37	0	15500
50	15500	2934	2748	0	3.37	0	15500
51	15500	3031.8	2694	0	3.37	0	15500
52	15500	3129.6	2587	0	3.37	0	15500
53	17300	54.73	136	81.27	3.76	305.5752	17605.58
54	17300	109.46	181	71.54	3.76	268.9904	17568.99
55	17300	164.19	256	91.81	3.76	345.2056	17645.21
56	17300	218.92	198	0	3.76	0	17300
57	17300	273.65	296	22.35	3.76	84.036	17384.04
58	17300	328.38	330	1.62	3.76	6.0912	17306.09
59	17300	383.11	374	0	3.76	0	17300
60	17300	437.84	350	0	3.76	0	17300
61	17300	492.57	383	0	3.76	0	17300
62	17300	547.3	519	0	3.76	0	17300
63	17300	602.03	552	0	3.76	0	17300
64	17300	656.76	646	0	3.76	0	17300
65	17300	711.49	693	0	3.76	0	17300
66	17300	766.22	755	0	3.76	0	17300
67	17300	820.95	806	0	3.76	0	17300
68	17300	875.68	813	0	3.76	0	17300
69	17300	930.41	831	0	3.76	0	17300
70	17300	985.14	955	0	3.76	0	17300
71	17300	1039.87	984	0	3.76	0	17300
72	17300	1094.6	639	0	3.76	0	17300
73	17300	1149.33	1069	0	3.76	0	17300
74	17300	1204.06	1127	0	3.76	0	17300
75	17300	1258.79	1235	0	3.76	0	17300
76	17300	1313.52	1212	0	3.76	0	17300
77	17300	1368.25	1280	0	3.76	0	17300
78	17300	1422.98	1049	0	3.76	0	17300
79	17300	1477.71	1453	0	3.76	0	17300
80	17300	1532.44	1385	0	3.76	0	17300
81	17300	1587.17	1482	0	3.76	0	17300
82	17300	1641.9	1534	0	3.76	0	17300

<i>No Komp.</i>	<i>Biaya Produksi</i>	<i>Due Date</i>	<i>End Time</i>	<i>Jumlah Waktu Keterlambatan</i>	<i>Bobot (satuan waktu)</i>	<i>Biaya Penalti</i>	<i>Total Biaya</i>
83	17300	1696.63	1556	0	3.76	0	17300
84	17300	1751.36	1342	0	3.76	0	17300
85	17300	1806.09	1713	0	3.76	0	17300
86	17300	1860.82	1841	0	3.76	0	17300
87	17300	1915.55	1820	0	3.76	0	17300
88	17300	1970.28	1881	0	3.76	0	17300
89	17300	2025.01	1959	0	3.76	0	17300
90	17300	2079.74	2029	0	3.76	0	17300
91	17300	2134.47	1992	0	3.76	0	17300
92	17300	2189.2	2096	0	3.76	0	17300
93	17300	2243.93	2167	0	3.76	0	17300
94	17300	2298.66	2081	0	3.76	0	17300
95	17300	2353.39	1974	0	3.76	0	17300
96	17300	2408.12	2391	0	3.76	0	17300
97	17300	2462.85	2274	0	3.76	0	17300
98	17300	2517.58	2007	0	3.76	0	17300
99	17300	2572.31	2546	0	3.76	0	17300
100	17300	2627.04	2612	0	3.76	0	17300
101	17300	2681.77	2561	0	3.76	0	17300
102	15200	64.7	233	168.3	3.3	555.39	15755.39
103	15200	129.4	191	61.6	3.3	203.28	15403.28
104	15200	194.1	441	246.9	3.3	814.77	16014.77
105	15200	258.8	205	0	3.3	0	15200
106	15200	323.5	338	14.5	3.3	47.85	15247.85
107	15200	388.2	394	5.8	3.3	19.14	15219.14
108	15200	452.9	446	0	3.3	0	15200
109	15200	517.6	431	0	3.3	0	15200
110	15200	582.3	198	0	3.3	0	15200
111	15200	647	632	0	3.3	0	15200
112	15200	711.7	683	0	3.3	0	15200
113	15200	776.4	740	0	3.3	0	15200
114	15200	841.1	820	0	3.3	0	15200
115	15200	905.8	853	0	3.3	0	15200
116	15200	970.5	924	0	3.3	0	15200
117	15200	1035.2	844	0	3.3	0	15200
118	15200	1099.9	1057	0	3.3	0	15200
119	15200	1164.6	1077	0	3.3	0	15200
120	15200	1229.3	1213	0	3.3	0	15200
121	15200	1294	2438	1144	3.3	3775.2	18975.2
122	15200	1358.7	1321	0	3.3	0	15200
123	15200	1423.4	1417	0	3.3	0	15200

<i>No Komp.</i>	<i>Biaya Produksi</i>	<i>Due Date</i>	<i>End Time</i>	<i>Jumlah Waktu Keterlambatan</i>	<i>Bobot (satuan waktu)</i>	<i>Biaya Penalti</i>	<i>Total Biaya</i>
124	15200	1488.1	1281	0	3.3	0	15200
125	15200	1552.8	1472	0	3.3	0	15200
126	15200	1617.5	1442	0	3.3	0	15200
127	15200	1682.2	2188	505.8	3.3	1669.14	16869.14
128	15200	1746.9	1693	0	3.3	0	15200
129	15200	1811.6	1678	0	3.3	0	15200
130	15200	1876.3	1618	0	3.3	0	15200
131	15200	1941	1871	0	3.3	0	15200
132	15200	2005.7	1856	0	3.3	0	15200
133	15200	2070.4	1922	0	3.3	0	15200
134	15200	2135.1	2014	0	3.3	0	15200
135	15200	2199.8	2146	0	3.3	0	15200
136	15200	2264.5	1937	0	3.3	0	15200
137	15200	2329.2	2284	0	3.3	0	15200
138	15200	2393.9	1588	0	3.3	0	15200
139	15200	2458.6	2384	0	3.3	0	15200
140	10700	83.81	281	197.19	2.33	459.4527	11159.45
141	10700	167.62	237	69.38	2.33	161.6554	10861.66
142	10700	251.43	510	258.57	2.33	602.4681	11302.47
143	10700	335.24	598	262.76	2.33	612.2308	11312.23
144	10700	419.05	565	145.95	2.33	340.0635	11040.06
145	10700	502.86	360	0	2.33	0	10700
146	10700	586.67	463	0	2.33	0	10700
147	10700	670.48	665	0	2.33	0	10700
148	10700	754.29	650	0	2.33	0	10700
149	10700	838.1	635	0	2.33	0	10700
150	10700	921.91	896	0	2.33	0	10700
151	10700	1005.72	934	0	2.33	0	10700
152	10700	1089.53	901	0	2.33	0	10700
153	10700	1173.34	950	0	2.33	0	10700
154	10700	1257.15	1173	0	2.33	0	10700
155	10700	1340.96	1732	391.04	2.33	911.1232	11611.12
156	10700	1424.77	1405	0	2.33	0	10700
157	10700	1508.58	1452	0	2.33	0	10700
158	10700	1592.39	1494	0	2.33	0	10700
159	10700	1676.2	1578	0	2.33	0	10700
160	10700	1760.01	1566	0	2.33	0	10700
161	10700	1843.82	2299	455.18	2.33	1060.569	11760.57
162	10700	1927.63	1800	0	2.33	0	10700
163	10700	2011.44	1754	0	2.33	0	10700
164	10700	2095.25	2066	0	2.33	0	10700

<i>No Komp.</i>	<i>Biaya Produksi</i>	<i>Due Date</i>	<i>End Time</i>	<i>Jumlah Waktu Keterlambatan</i>	<i>Bobot (satuan waktu)</i>	<i>Biaya Penalti</i>	<i>Total Biaya</i>
165	10700	2179.06	2151	0	2.33	0	10700
166	10700	2262.87	2141	0	2.33	0	10700
167	10700	2346.68	2314	0	2.33	0	10700
168	10700	2430.49	2359	0	2.33	0	10700
169	10700	2514.3	2406	0	2.33	0	10700
170	10700	2598.11	2536	0	2.33	0	10700
171	10700	2681.92	2682	0.08	2.33	0.1864	10700.19
172	7035	72.77	1328	1255.23	1.53	1920.502	8955.502
173	7035	145.54	2259	2113.46	1.53	3233.594	10268.59
174	7035	218.31	315	96.69	1.53	147.9357	7182.936
175	7035	291.08	2521	2229.92	1.53	3411.778	10446.78
176	7035	363.85	2203	1839.15	1.53	2813.9	9848.9
177	7035	436.62	91	0	1.53	0	7035
178	7035	509.39	493	0	1.53	0	7035
179	7035	582.16	478	0	1.53	0	7035
180	7035	654.93	2627	1972.07	1.53	3017.267	10052.27
181	7035	727.7	729	1.3	1.53	1.989	7036.989
182	7035	800.47	764	0	1.53	0	7035
183	7035	873.24	824	0	1.53	0	7035
184	7035	946.01	935	0	1.53	0	7035
185	7035	1018.78	1891	872.22	1.53	1334.497	8369.497
186	7035	1091.55	2575	1483.45	1.53	2269.679	9304.679
187	7035	1164.32	1084	0	1.53	0	7035
188	7035	1237.09	1190	0	1.53	0	7035
189	7035	1309.86	1296	0	1.53	0	7035
190	7035	1382.63	1357	0	1.53	0	7035
191	7035	1455.4	1372	0	1.53	0	7035
192	7035	1528.17	1519	0	1.53	0	7035
193	7035	1600.94	1581	0	1.53	0	7035
194	7035	1673.71	1649	0	1.53	0	7035
195	7035	1746.48	1707	0	1.53	0	7035
196	7035	1819.25	1791	0	1.53	0	7035
197	7035	1892.02	1798	0	1.53	0	7035
198	7035	1964.79	2344	379.21	1.53	580.1913	7615.191
199	7035	2037.56	2121	83.44	1.53	127.6632	7162.663
200	7035	2110.33	2369	258.67	1.53	395.7651	7430.765
201	7035	2183.1	2227	43.9	1.53	67.167	7102.167
202	7035	2255.87	2215	0	1.53	0	7035
203	7035	2328.64	2458	129.36	1.53	197.9208	7232.921
204	7035	2401.41	2421	19.59	1.53	29.9727	7064.973
205	7035	2474.18	2512	37.82	1.53	57.8646	7092.865

<i>No Komp.</i>	<i>Biaya Produksi</i>	<i>Due Date</i>	<i>End Time</i>	<i>Jumlah Waktu Keterlambatan</i>	<i>Bobot (satuan waktu)</i>	<i>Biaya Penalti</i>	<i>Total Biaya</i>
206	7035	2546.95	2329	0	1.53	0	7035
207	7035	2619.72	2602	0	1.53	0	7035
208	7035	2692.49	2677	0	1.53	0	7035
209	7035	2765.26	2188	0	1.53	0	7035
210	7035	2838.03	2709	0	1.53	0	7035
211	7035	2910.8	2775	0	1.53	0	7035
212	7035	2983.57	2642	0	1.53	0	7035
213	7035	3056.34	2657	0	1.53	0	7035
214	7035	3129.11	2736	0	1.53	0	7035
215	10160	357.6	528	170.4	2.21	376.584	10536.58
216	10160	715.2	625	0	2.21	0	10160
217	10160	1072.8	1253	180.2	2.21	398.242	10558.24
218	10160	1430.4	1335	0	2.21	0	10160
219	10160	1788	1770	0	2.21	0	10160
Jumlah Pesanan Yang Tidak Terlambat				169			
Total Biaya Produksi							2,746,379



Lampiran 3: Peniadwalan Solusi Awal

Nomor Mesin	Mesin Ke	Item	Item (urutan komponen ke)													
1	1	Komp. No	55	177	179	47	22	147	45	36	54	25	23	48	102	79
		Start Time	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
		End Time	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
		Komp. No	110	213	69	87	207	163	208	194	35	86	98	58	14	124
		Start Time	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108
		End Time	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112
		Komp. No	77	188	111	72	4	164	3	154	187	162	49	216	94	156
		Start Time	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164
		End Time	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168
		Komp. No	152	219	150	204	138	206	106	57	167	114	63	119	120	105
		Start Time	168	172	176	180	184	188	192	196	200	204	208	212	216	220
		End Time	172	176	180	184	188	192	196	200	204	208	212	216	220	224
		Komp. No	129	73	103	42	12	127	169	88	112	1	184	84	67	121
		Start Time	224	228	232	236	240	244	248	252	256	260	264	268	272	276
		End Time	228	232	236	240	244	248	252	256	260	264	268	272	276	280
		Komp. No	65	99	137	26	52	171	71	135	155	6	53	209	205	38
		Start Time	280	284	288	292	296	300	304	308	312	316	320	324	328	332
		End Time	284	288	292	296	300	304	308	312	316	320	324	328	332	336
		Komp. No	130	196	123	100	8	190	43	153	182	75	168	50	95	74
		Start Time	336	340	344	348	352	356	360	364	368	372	376	380	384	388
End Time	340	344	348	352	356	360	364	368	372	376	380	384	388	392		
Komp. No	181	211	160	118	93	116	128	210	51	7	83	172	78	40		
Start Time	392	396	400	404	408	412	416	420	424	428	432	436	440	444		
End Time	396	400	404	408	412	416	420	424	428	432	436	440	444	448		
Komp. No	90	81	183	186	19	143	170	62	18	2	189	85	96	97		
Start Time	448	452	456	460	464	468	472	476	480	484	488	492	496	500		

		End Time	452	456	460	464	468	472	476	480	484	488	492	496	500	504
		Komp. No	32	24	60	133	17	21	185	44	109	92	145	5	197	140
		Start Time	504	508	512	516	520	524	528	532	536	540	544	548	552	556
		End Time	508	512	516	520	524	528	532	536	540	544	548	552	556	560
		Komp. No	30	192	136	214	199	180	131	9	117	15	176	31	198	108
		Start Time	560	564	568	572	576	580	584	588	592	596	600	604	608	612
		End Time	564	568	572	576	580	584	588	592	596	600	604	608	612	616
		Komp. No	10	56	33	215	126	218	144	59	149	125	200	165	166	28
		Start Time	616	620	624	628	632	636	640	644	648	652	656	660	664	668
		End Time	620	624	628	632	636	640	644	648	652	656	660	664	668	672
		Komp. No	161	217	11	68	158	89	82	41	64	101	39	148	115	139
		Start Time	672	676	680	684	688	692	696	700	704	708	712	716	720	724
		End Time	676	680	684	688	692	696	700	704	708	712	716	720	724	728
		Komp. No	141	175	173	195	13	174	113	142	134	16	122	201	66	132
		Start Time	728	732	736	740	744	748	752	756	760	764	768	772	776	780
		End Time	732	736	740	744	748	752	756	760	764	768	772	776	780	784
		Komp. No	91	159	104	151	37	191	212	146	157	80	178	203	34	76
		Start Time	784	788	792	796	800	804	808	812	816	820	824	828	832	836
		End Time	788	792	796	800	804	808	812	816	820	824	828	832	836	840
		Komp. No	46	202	27	107	29	61	193	70						
		Start Time	840	844	848	852	856	860	864	868						
		End Time	844	848	852	856	860	864	868	872						
2	1	Komp. No	36	23	177	124	69	216	58	14	154	179	150	45	25	103
		Start Time	32	52	62	112	123	160	173	180	195	203	213	224	234	243
		End Time	52	62	69	123	131	173	180	195	203	213	224	234	243	254
		Komp. No	219	111	120	72	213	71	138	77	188	205	209	110	12	4
		Start Time	254	262	270	281	289	308	319	326	334	341	361	371	379	388
		End Time	262	270	281	289	304	319	326	334	341	361	371	379	388	396
		Komp. No	79	99	1	106	52	114	94	53	206	63	152	182	47	84

Start Time	396	404	411	419	427	442	450	457	467	477	487	495	505	515
End Time	404	411	419	427	442	450	457	467	477	487	495	505	515	530
Komp. No	123	153	54	118	128	163	164	50	184	97	24	102	183	42
Start Time	530	541	552	562	570	577	587	597	612	619	629	639	650	657
End Time	541	552	562	570	577	587	597	612	619	629	639	650	657	677
Komp. No	6	35	100	43	88	17	208	65	190	67	95	130	196	133
Start Time	677	688	696	703	723	733	743	753	764	774	782	789	796	807
End Time	688	696	703	723	733	743	753	764	774	782	789	796	807	814
Komp. No	48	8	204	143	140	75	22	117	10	21	78	156	197	87
Start Time	814	829	839	859	869	876	887	894	902	912	919	927	947	955
End Time	829	839	859	869	876	887	894	902	912	919	927	947	955	966
Komp. No	129	207	145	31	96	68	105	168	171	38	210	189	33	62
Start Time	966	973	983	990	1001	1010	1018	1026	1041	1056	1071	1086	1096	1104
End Time	973	983	990	1001	1010	1018	1026	1041	1056	1071	1086	1096	1104	1111
Komp. No	126	64	116	215	109	32	135	11	149	26	160	217	49	115
Start Time	1111	1121	1132	1140	1151	1162	1170	1180	1187	1194	1201	1211	1222	1237
End Time	1121	1132	1140	1151	1162	1170	1180	1187	1194	1201	1211	1222	1237	1245
Komp. No	195	218	51	13	181	139	85	175	93	199	5	44	55	16
Start Time	1245	1253	1261	1276	1283	1290	1300	1311	1321	1328	1348	1356	1366	1376
End Time	1253	1261	1276	1283	1290	1300	1311	1321	1328	1348	1356	1366	1376	1386
Komp. No	125	136	81	166	132	82	7	83	211	104	174	92	98	134
Start Time	1386	1397	1407	1415	1425	1432	1443	1453	1464	1479	1490	1497	1504	1514
End Time	1397	1407	1415	1425	1432	1443	1453	1464	1479	1490	1497	1504	1514	1523
Komp. No	41	142	167	18	187	73	161	127	148	119	112	19	172	89
Start Time	1523	1533	1543	1558	1573	1582	1590	1610	1620	1627	1635	1646	1666	1686
End Time	1533	1543	1558	1573	1582	1590	1610	1620	1627	1635	1646	1666	1686	1696
Komp. No	178	147	108	91	37	30	158	200	2	191	40	212	34	3
Start Time	1696	1703	1713	1721	1728	1748	1755	1770	1785	1796	1803	1818	1833	1844
End Time	1703	1713	1721	1728	1748	1755	1770	1785	1796	1803	1818	1833	1844	1857

		Komp. No	159	27	151	121	74	66	146	101	194	192	57	59	214	155
		Start Time	1857	1872	1882	1890	1901	1912	1923	1933	1943	1951	1958	1965	1972	1987
		End Time	1872	1882	1890	1901	1912	1923	1933	1943	1951	1958	1965	1972	1987	2007
		Komp. No	107	60	169	131	113	165	9	76	90	201	86	173	186	122
		Start Time	2007	2015	2022	2037	2044	2055	2065	2075	2083	2090	2110	2121	2142	2152
		End Time	2015	2022	2037	2044	2055	2065	2075	2083	2090	2110	2121	2142	2152	2167
		Komp. No	176	46	141	203	180	162	28	61	170	157	193	80	185	29
		Start Time	2167	2177	2187	2194	2204	2211	2231	2241	2248	2263	2283	2294	2302	2312
		End Time	2177	2187	2194	2204	2211	2231	2241	2248	2263	2283	2294	2302	2312	2319
		Komp. No	198	202	144	70	15	39	56	137						
		Start Time	2319	2339	2359	2368	2376	2391	2406	2413						
		End Time	2339	2359	2368	2376	2391	2406	2413	2420						
3	1	Komp. No	36	179	45	124	14	154	216	77	12	184	138	123	79	63
		Start Time	52	213	234	241	261	270	277	334	388	619	629	644	662	677
		End Time	67	228	241	261	270	277	292	341	395	629	644	662	677	692
		Komp. No	177	128	213	35	94	182	153	97	103	52	208	150	206	53
		Start Time	692	707	722	729	736	746	756	767	774	789	796	806	827	837
		End Time	707	722	729	736	746	756	767	774	789	796	806	827	837	852
		Komp. No	219	67	110	99	209	6	22	204	1	100	42	17	183	102
		Start Time	852	859	874	889	904	914	925	935	955	962	977	992	1002	1012
		End Time	859	874	889	904	914	925	935	955	962	977	992	1002	1012	1027
		Komp. No	207	33	50	105	68	87	4	164	140	111	32	24	126	21
		Start Time	1027	1104	1119	1126	1141	1156	1165	1180	1190	1200	1215	1230	1245	1260
		End Time	1037	1119	1126	1141	1156	1165	1180	1190	1200	1215	1230	1245	1260	1270
		Komp. No	116	54	181	75	72	84	51	166	10	23	217	58	55	11
		Start Time	1270	1285	1300	1310	1320	1335	1345	1425	1435	1450	1465	1480	1495	1510
		End Time	1285	1300	1310	1320	1335	1345	1352	1435	1450	1465	1480	1495	1510	1517
		Komp. No	106	205	82	174	16	195	13	120	5	129	93	136	171	26
Start Time	1517	1532	1552	1570	1580	1589	1604	1614	1632	1639	1654	1664	1671	1678		

End Time	1532	1552	1570	1580	1589	1604	1614	1632	1639	1654	1664	1671	1678	1685
Komp. No	19	115	49	133	92	108	81	139	96	117	200	83	41	149
Start Time	1685	1705	1712	1721	1728	1738	1745	1754	1761	1776	1791	1811	1831	1843
End Time	1705	1712	1721	1728	1738	1745	1754	1761	1776	1791	1811	1831	1843	1850
Komp. No	143	69	25	7	160	189	109	156	40	98	78	178	44	118
Start Time	1850	1865	1880	1895	1910	1922	1929	1936	1951	1963	1970	1985	2000	2007
End Time	1865	1880	1895	1910	1922	1929	1936	1951	1963	1970	1985	2000	2007	2016
Komp. No	62	158	119	48	57	91	167	65	187	37	90	132	172	47
Start Time	2016	2026	2038	2047	2056	2071	2086	2095	2110	2125	2140	2155	2165	2175
End Time	2026	2038	2047	2056	2071	2086	2095	2110	2125	2140	2155	2165	2175	2182
Komp. No	134	130	190	192	104	125	218	155	215	212	197	74	73	107
Start Time	2182	2197	2207	2214	2221	2236	2245	2252	2267	2288	2295	2302	2312	2327
End Time	2197	2207	2214	2221	2236	2245	2252	2267	2288	2295	2302	2312	2327	2342
Komp. No	146	34	9	211	122	3	85	199	214	186	165	147	64	46
Start Time	2342	2349	2360	2375	2384	2394	2409	2427	2447	2454	2469	2479	2486	2501
End Time	2349	2360	2375	2384	2394	2409	2427	2447	2454	2469	2479	2486	2501	2508
Komp. No	114	201	141	168	151	112	61	76	203	8	175	60	31	161
Start Time	2508	2515	2533	2543	2552	2567	2577	2587	2594	2612	2627	2642	2652	2667
End Time	2515	2533	2543	2552	2567	2577	2587	2594	2612	2627	2642	2652	2667	2682
Komp. No	113	28	176	173	86	185	148	71	38	59	101	202	198	157
Start Time	2682	2692	2699	2714	2729	2749	2764	2774	2781	2796	2806	2813	2831	2851
End Time	2692	2699	2714	2729	2749	2764	2774	2781	2796	2806	2813	2831	2851	2866
Komp. No	88	80	163	2	29	127	169	95	152	15	43	144	170	188
Start Time	2866	2881	2890	2900	2915	2925	2940	2947	2954	2969	2987	3002	3017	3024
End Time	2881	2890	2900	2915	2925	2940	2947	2954	2969	2987	3002	3017	3024	3031
Komp. No	196	70	210	159	191	131	89	27	39	194	30	145	193	135
Start Time	3031	3042	3049	3058	3070	3080	3090	3105	3112	3124	3139	3146	3153	3174
End Time	3042	3049	3058	3070	3080	3090	3105	3112	3124	3139	3146	3153	3174	3181
Komp. No	56	121	162	137	18	142	180	66	20					

		Start Time	3181	3191	3211	3221	3236	3243	3258	3273	3288					
		End Time	3191	3211	3221	3236	3243	3258	3273	3288	3309					
4	1	Komp. No	16													
		Start Time	1589													
		End Time	1659													
5	1	Komp. No	179	45	123	53	52	128	209	79	36	24	87	206	12	116
		Start Time	228	243	662	852	867	879	914	924	934	1245	1255	1275	1290	1297
		End Time	243	258	674	867	879	894	924	934	949	1255	1275	1290	1297	1307
		Komp. No	22	205	140	208	94	181	126	55	124	41	13	166	136	14
		Start Time	1307	1552	1567	1582	1592	1607	1616	1626	1641	1843	1858	1873	1883	1898
		End Time	1322	1567	1582	1592	1607	1616	1626	1641	1656	1858	1873	1883	1898	1913
		Komp. No	10	98	83	133	48	171	204	187	23	92	7	158	184	156
		Start Time	1913	1970	1985	2000	2056	2068	2083	2125	2132	2142	2157	2167	2179	2200
		End Time	1923	1985	2000	2010	2068	2083	2098	2132	2142	2157	2167	2179	2200	2215
		Komp. No	78	138	143	17	139	91	211	40	37	81	214	165	120	50
		Start Time	2215	2225	2235	2245	2260	2275	2384	2399	2411	2426	2454	2479	2489	2504
		End Time	2225	2235	2245	2260	2275	2290	2399	2411	2426	2436	2469	2489	2504	2516
		Komp. No	85	182	100	117	177	96	99	167	147	21	90	58	183	125
		Start Time	2516	2536	2545	2555	2565	2580	2587	2597	2612	2627	2642	2657	2672	2687
		End Time	2536	2545	2555	2565	2580	2587	2597	2612	2627	2642	2657	2672	2687	2699
		Komp. No	26	213	190	168	185	51	199	200	201	49	173	63	178	134
		Start Time	2699	2709	2724	2739	2764	2774	2786	2801	2811	2823	2835	2852	2861	2876
		End Time	2709	2724	2739	2754	2774	2786	2801	2811	2823	2835	2852	2861	2876	2883
		Komp. No	62	43	160	161	42	149	16	39	163	57	95	47	97	192
		Start Time	2883	3002	3017	3027	3042	3054	3064	3124	3136	3146	3161	3171	3181	3196
End Time	2892	3017	3027	3042	3054	3064	3079	3136	3146	3161	3171	3181	3196	3206		
Komp. No	8	89	131	44	30	82	122	141	186	148	174	61	203	11		
Start Time	3206	3216	3226	3241	3256	3266	3281	3296	3317	3327	3342	3351	3360	3370		
End Time	3216	3226	3241	3256	3266	3281	3296	3317	3327	3342	3351	3360	3370	3380		

		Komp. No	135	38	54	15	164	157	46	118	191	162	86	27	9	188
		Start Time	3380	3395	3410	3425	3440	3450	3460	3470	3480	3495	3510	3531	3546	3556
		End Time	3395	3410	3425	3440	3450	3460	3470	3480	3495	3510	3531	3546	3556	3566
		Komp. No	145	146	29	202	84	155	198	207	93	101	25	159	189	18
		Start Time	3566	3576	3591	3606	3618	3639	3654	3669	3684	3705	3720	3727	3739	3754
		End Time	3576	3591	3606	3618	3639	3654	3669	3684	3705	3720	3727	3739	3754	3759
		Komp. No	176	60	132	56	28	80	144	59	119	130	170	88	175	212
		Start Time	3759	3774	3783	3798	3805	3820	3830	3837	3846	3856	3871	3886	3896	3905
		End Time	3774	3783	3798	3805	3820	3830	3837	3846	3856	3871	3886	3896	3905	3920
		Komp. No	129	121	180	210	142	169	127	137						
		Start Time	3920	3935	3950	3965	3980	3990	4005	4015						
		End Time	3935	3950	3965	3980	3990	4005	4015	4025						
6	1	Komp. No	150	103	110	116	5	32	208	209	6	72	1	108	166	104
		Start Time	827	834	889	1307	1639	1646	1651	1661	1671	1681	1688	1745	1883	2236
		End Time	834	844	896	1317	1646	1651	1661	1671	1681	1688	1695	1750	1893	2246
		Komp. No	218	153	79	154	73	67	109	107	217	114	19	195	197	77
		Start Time	2252	2259	2269	2279	2327	2334	2341	2356	2363	2515	2522	2567	2572	2579
		End Time	2259	2269	2279	2286	2334	2341	2356	2363	2370	2522	2567	2572	2579	2586
		Komp. No	68	64	74	34	69	172	151	115	215	216	33	35	105	194
		Start Time	2586	2593	2600	2610	2620	2627	2637	2642	2649	2656	2663	2668	2675	3139
		End Time	2593	2600	2610	2620	2627	2637	2642	2649	2656	2663	2668	2675	2682	3144
		Komp. No	196	70	2	117	106	193	112	111	3	4	165	219	78	71
		Start Time	3144	3154	3159	3166	3176	3183	3190	3200	3207	3212	3217	3227	3237	3247
		End Time	3154	3159	3166	3176	3183	3190	3200	3207	3212	3217	3227	3237	3247	3262
		Komp. No	66	76	65	31	152	102	113	75						
		Start Time	3288	3298	3305	3315	3322	3327	3334	3344						
End Time	3298	3305	3315	3322	3327	3334	3344	3354								

Lampiran 4: Total Biaya Produksi Solusi Awal

<i>No Komp.</i>	<i>Biaya Produksi</i>	<i>Due Date</i>	<i>End Time</i>	<i>Jumlah Waktu Keterlambatan</i>	<i>Bobot (satuan waktu)</i>	<i>Biaya Penalti</i>	<i>Total Biaya</i>
1	4600	42	1695	1653	1	1653	6253
2	4600	84	3166	3082	1	3082	7682
3	4600	126	3212	3086	1	3086	7686
4	4600	168	3217	3049	1	3049	7649
5	4600	210	1646	1436	1	1436	6036
6	4600	670.8	1681	1010.2	1	1010.2	5610.2
7	4600	782.6	2167	1384.4	1	1384.4	5984.4
8	4600	894.4	3216	2321.6	1	2321.6	6921.6
9	4600	1006.2	3556	2549.8	1	2549.8	7149.8
10	4600	1118	1923	805	1	805	5405
11	4600	1229.8	3380	2150.2	1	2150.2	6750.2
12	4600	1341.6	1297	0	1	0	4600
13	4600	1453.4	1873	419.6	1	419.6	5019.6
14	4600	1565.2	1913	347.8	1	347.8	4947.8
15	4600	1677	3440	1763	1	1763	6363
16	4600	1788.8	3079	1290.2	1	1290.2	5890.2
17	4600	1900.6	2260	359.4	1	359.4	4959.4
18	4600	2012.4	3759	1746.6	1	1746.6	6346.6
19	4600	2124.2	2567	442.8	1	442.8	5042.8
20	4600	2236	3309	1073	1	1073	5673
21	15500	97.8	2642	2544.2	3.37	8573.954	24073.95
22	15500	195.6	1322	1126.4	3.37	3795.968	19295.97
23	15500	293.4	2142	1848.6	3.37	6229.782	21729.78
24	15500	391.2	1255	863.8	3.37	2911.006	18411.01
25	15500	489	3727	3238	3.37	10912.06	26412.06
26	15500	586.8	2709	2122.2	3.37	7151.814	22651.81
27	15500	684.6	3546	2861.4	3.37	9642.918	25142.92
28	15500	782.4	3820	3037.6	3.37	10236.71	25736.71
29	15500	880.2	3606	2725.8	3.37	9185.946	24685.95
30	15500	978	3266	2288	3.37	7710.56	23210.56
31	15500	1075.8	3322	2246.2	3.37	7569.694	23069.69
32	15500	1173.6	1651	477.4	3.37	1608.838	17108.84
33	15500	1271.4	2668	1396.6	3.37	4706.542	20206.54
34	15500	1369.2	2620	1250.8	3.37	4215.196	19715.2
35	15500	1467	2675	1208	3.37	4070.96	19570.96
36	15500	1564.8	949	0	3.37	0	15500
37	15500	1662.6	2426	763.4	3.37	2572.658	18072.66
38	15500	1760.4	3410	1649.6	3.37	5559.152	21059.15
39	15500	1858.2	3136	1277.8	3.37	4306.186	19806.19
40	15500	1956	2411	455	3.37	1533.35	17033.35
41	15500	2053.8	1858	0	3.37	0	15500

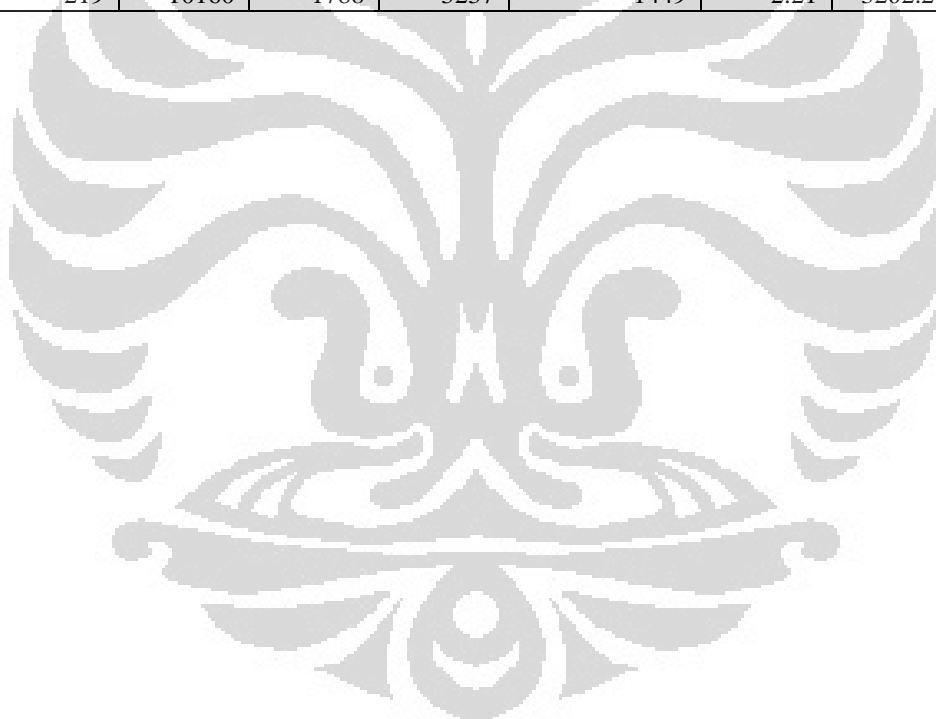
<i>No Komp.</i>	<i>Biaya Produksi</i>	<i>Due Date</i>	<i>End Time</i>	<i>Jumlah Waktu Keterlambatan</i>	<i>Bobot (satuan waktu)</i>	<i>Biaya Penalti</i>	<i>Total Biaya</i>
42	15500	2151.6	3054	902.4	3.37	3041.088	18541.09
43	15500	2249.4	3017	767.6	3.37	2586.812	18086.81
44	15500	2347.2	3256	908.8	3.37	3062.656	18562.66
45	15500	2445	258	0	3.37	0	15500
46	15500	2542.8	3470	927.2	3.37	3124.664	18624.66
47	15500	2640.6	3181	540.4	3.37	1821.148	17321.15
48	15500	2738.4	2068	0	3.37	0	15500
49	15500	2836.2	2835	0	3.37	0	15500
50	15500	2934	2516	0	3.37	0	15500
51	15500	3031.8	2786	0	3.37	0	15500
52	15500	3129.6	879	0	3.37	0	15500
53	17300	54.73	867	812.27	3.76	3054.135	20354.14
54	17300	109.46	3425	3315.54	3.76	12466.43	29766.43
55	17300	164.19	1641	1476.81	3.76	5552.806	22852.81
56	17300	218.92	3805	3586.08	3.76	13483.66	30783.66
57	17300	273.65	3161	2887.35	3.76	10856.44	28156.44
58	17300	328.38	2672	2343.62	3.76	8812.011	26112.01
59	17300	383.11	3846	3462.89	3.76	13020.47	30320.47
60	17300	437.84	3783	3345.16	3.76	12577.8	29877.8
61	17300	492.57	3360	2867.43	3.76	10781.54	28081.54
62	17300	547.3	2892	2344.7	3.76	8816.072	26116.07
63	17300	602.03	2861	2258.97	3.76	8493.727	25793.73
64	17300	656.76	2600	1943.24	3.76	7306.582	24606.58
65	17300	711.49	3315	2603.51	3.76	9789.198	27089.2
66	17300	766.22	3298	2531.78	3.76	9519.493	26819.49
67	17300	820.95	2341	1520.05	3.76	5715.388	23015.39
68	17300	875.68	2593	1717.32	3.76	6457.123	23757.12
69	17300	930.41	2627	1696.59	3.76	6379.178	23679.18
70	17300	985.14	3159	2173.86	3.76	8173.714	25473.71
71	17300	1039.87	3262	2222.13	3.76	8355.209	25655.21
72	17300	1094.6	1688	593.4	3.76	2231.184	19531.18
73	17300	1149.33	2334	1184.67	3.76	4454.359	21754.36
74	17300	1204.06	2610	1405.94	3.76	5286.334	22586.33
75	17300	1258.79	3354	2095.21	3.76	7877.99	25177.99
76	17300	1313.52	3305	1991.48	3.76	7487.965	24787.96
77	17300	1368.25	2586	1217.75	3.76	4578.74	21878.74
78	17300	1422.98	3247	1824.02	3.76	6858.315	24158.32
79	17300	1477.71	2279	801.29	3.76	3012.85	20312.85
80	17300	1532.44	3830	2297.56	3.76	8638.826	25938.83
81	17300	1587.17	2436	848.83	3.76	3191.601	20491.6
82	17300	1641.9	3281	1639.1	3.76	6163.016	23463.02

<i>No Komp.</i>	<i>Biaya Produksi</i>	<i>Due Date</i>	<i>End Time</i>	<i>Jumlah Waktu Keterlambatan</i>	<i>Bobot (satuan waktu)</i>	<i>Biaya Penalti</i>	<i>Total Biaya</i>
83	17300	1696.63	2000	303.37	3.76	1140.671	18440.67
84	17300	1751.36	3639	1887.64	3.76	7097.526	24397.53
85	17300	1806.09	2536	729.91	3.76	2744.462	20044.46
86	17300	1860.82	3531	1670.18	3.76	6279.877	23579.88
87	17300	1915.55	1275	0	3.76	0	17300
88	17300	1970.28	3896	1925.72	3.76	7240.707	24540.71
89	17300	2025.01	3226	1200.99	3.76	4515.722	21815.72
90	17300	2079.74	2657	577.26	3.76	2170.498	19470.5
91	17300	2134.47	2290	155.53	3.76	584.7928	17884.79
92	17300	2189.2	2157	0	3.76	0	17300
93	17300	2243.93	3705	1461.07	3.76	5493.623	22793.62
94	17300	2298.66	1607	0	3.76	0	17300
95	17300	2353.39	3171	817.61	3.76	3074.214	20374.21
96	17300	2408.12	2587	178.88	3.76	672.5888	17972.59
97	17300	2462.85	3196	733.15	3.76	2756.644	20056.64
98	17300	2517.58	1985	0	3.76	0	17300
99	17300	2572.31	2597	24.69	3.76	92.8344	17392.83
100	17300	2627.04	2555	0	3.76	0	17300
101	17300	2681.77	3720	1038.23	3.76	3903.745	21203.74
102	15200	64.7	3334	3269.3	3.3	10788.69	25988.69
103	15200	129.4	844	714.6	3.3	2358.18	17558.18
104	15200	194.1	2246	2051.9	3.3	6771.27	21971.27
105	15200	258.8	2682	2423.2	3.3	7996.56	23196.56
106	15200	323.5	3183	2859.5	3.3	9436.35	24636.35
107	15200	388.2	2363	1974.8	3.3	6516.84	21716.84
108	15200	452.9	1750	1297.1	3.3	4280.43	19480.43
109	15200	517.6	2356	1838.4	3.3	6066.72	21266.72
110	15200	582.3	896	313.7	3.3	1035.21	16235.21
111	15200	647	3207	2560	3.3	8448	23648
112	15200	711.7	3200	2488.3	3.3	8211.39	23411.39
113	15200	776.4	3344	2567.6	3.3	8473.08	23673.08
114	15200	841.1	2522	1680.9	3.3	5546.97	20746.97
115	15200	905.8	2649	1743.2	3.3	5752.56	20952.56
116	15200	970.5	1317	346.5	3.3	1143.45	16343.45
117	15200	1035.2	3176	2140.8	3.3	7064.64	22264.64
118	15200	1099.9	3480	2380.1	3.3	7854.33	23054.33
119	15200	1164.6	3856	2691.4	3.3	8881.62	24081.62
120	15200	1229.3	2504	1274.7	3.3	4206.51	19406.51
121	15200	1294	3950	2656	3.3	8764.8	23964.8
122	15200	1358.7	3296	1937.3	3.3	6393.09	21593.09
123	15200	1423.4	674	0	3.3	0	15200

<i>No Komp.</i>	<i>Biaya Produksi</i>	<i>Due Date</i>	<i>End Time</i>	<i>Jumlah Waktu Keterlambatan</i>	<i>Bobot (satuan waktu)</i>	<i>Biaya Penalti</i>	<i>Total Biaya</i>
124	15200	1488.1	1656	167.9	3.3	554.07	15754.07
125	15200	1552.8	2699	1146.2	3.3	3782.46	18982.46
126	15200	1617.5	1626	8.5	3.3	28.05	15228.05
127	15200	1682.2	4015	2332.8	3.3	7698.24	22898.24
128	15200	1746.9	894	0	3.3	0	15200
129	15200	1811.6	3935	2123.4	3.3	7007.22	22207.22
130	15200	1876.3	3871	1994.7	3.3	6582.51	21782.51
131	15200	1941	3241	1300	3.3	4290	19490
132	15200	2005.7	3798	1792.3	3.3	5914.59	21114.59
133	15200	2070.4	2010	0	3.3	0	15200
134	15200	2135.1	2883	747.9	3.3	2468.07	17668.07
135	15200	2199.8	3395	1195.2	3.3	3944.16	19144.16
136	15200	2264.5	1898	0	3.3	0	15200
137	15200	2329.2	4025	1695.8	3.3	5596.14	20796.14
138	15200	2393.9	2235	0	3.3	0	15200
139	15200	2458.6	2275	0	3.3	0	15200
140	10700	83.81	1582	1498.19	2.33	3490.783	14190.78
141	10700	167.62	3317	3149.38	2.33	7338.055	18038.06
142	10700	251.43	3990	3738.57	2.33	8710.868	19410.87
143	10700	335.24	2245	1909.76	2.33	4449.741	15149.74
144	10700	419.05	3837	3417.95	2.33	7963.824	18663.82
145	10700	502.86	3576	3073.14	2.33	7160.416	17860.42
146	10700	586.67	3591	3004.33	2.33	7000.089	17700.09
147	10700	670.48	2627	1956.52	2.33	4558.692	15258.69
148	10700	754.29	3342	2587.71	2.33	6029.364	16729.36
149	10700	838.1	3064	2225.9	2.33	5186.347	15886.35
150	10700	921.91	834	0	2.33	0	10700
151	10700	1005.72	2642	1636.28	2.33	3812.532	14512.53
152	10700	1089.53	3327	2237.47	2.33	5213.305	15913.31
153	10700	1173.34	2269	1095.66	2.33	2552.888	13252.89
154	10700	1257.15	2286	1028.85	2.33	2397.221	13097.22
155	10700	1340.96	3654	2313.04	2.33	5389.383	16089.38
156	10700	1424.77	2215	790.23	2.33	1841.236	12541.24
157	10700	1508.58	3460	1951.42	2.33	4546.809	15246.81
158	10700	1592.39	2179	586.61	2.33	1366.801	12066.8
159	10700	1676.2	3739	2062.8	2.33	4806.324	15506.32
160	10700	1760.01	3027	1266.99	2.33	2952.087	13652.09
161	10700	1843.82	3042	1198.18	2.33	2791.759	13491.76
162	10700	1927.63	3510	1582.37	2.33	3686.922	14386.92
163	10700	2011.44	3146	1134.56	2.33	2643.525	13343.52
164	10700	2095.25	3450	1354.75	2.33	3156.568	13856.57

<i>No Komp.</i>	<i>Biaya Produksi</i>	<i>Due Date</i>	<i>End Time</i>	<i>Jumlah Waktu Keterlambatan</i>	<i>Bobot (satuan waktu)</i>	<i>Biaya Penalti</i>	<i>Total Biaya</i>
165	10700	2179.06	3227	1047.94	2.33	2441.7	13141.7
166	10700	2262.87	1893	0	2.33	0	10700
167	10700	2346.68	2612	265.32	2.33	618.1956	11318.2
168	10700	2430.49	2754	323.51	2.33	753.7783	11453.78
169	10700	2514.3	4005	1490.7	2.33	3473.331	14173.33
170	10700	2598.11	3886	1287.89	2.33	3000.784	13700.78
171	10700	2681.92	2083	0	2.33	0	10700
172	7035	72.77	2637	2564.23	1.53	3923.272	10958.27
173	7035	145.54	2852	2706.46	1.53	4140.884	11175.88
174	7035	218.31	3351	3132.69	1.53	4793.016	11828.02
175	7035	291.08	3905	3613.92	1.53	5529.298	12564.3
176	7035	363.85	3774	3410.15	1.53	5217.53	12252.53
177	7035	436.62	2580	2143.38	1.53	3279.371	10314.37
178	7035	509.39	2876	2366.61	1.53	3620.913	10655.91
179	7035	582.16	243	0	1.53	0	7035
180	7035	654.93	3965	3310.07	1.53	5064.407	12099.41
181	7035	727.7	1616	888.3	1.53	1359.099	8394.099
182	7035	800.47	2545	1744.53	1.53	2669.131	9704.131
183	7035	873.24	2687	1813.76	1.53	2775.053	9810.053
184	7035	946.01	2200	1253.99	1.53	1918.605	8953.605
185	7035	1018.78	2774	1755.22	1.53	2685.487	9720.487
186	7035	1091.55	3327	2235.45	1.53	3420.239	10455.24
187	7035	1164.32	2132	967.68	1.53	1480.55	8515.55
188	7035	1237.09	3566	2328.91	1.53	3563.232	10598.23
189	7035	1309.86	3754	2444.14	1.53	3739.534	10774.53
190	7035	1382.63	2739	1356.37	1.53	2075.246	9110.246
191	7035	1455.4	3495	2039.6	1.53	3120.588	10155.59
192	7035	1528.17	3206	1677.83	1.53	2567.08	9602.08
193	7035	1600.94	3190	1589.06	1.53	2431.262	9466.262
194	7035	1673.71	3144	1470.29	1.53	2249.544	9284.544
195	7035	1746.48	2572	825.52	1.53	1263.046	8298.046
196	7035	1819.25	3154	1334.75	1.53	2042.168	9077.168
197	7035	1892.02	2579	686.98	1.53	1051.079	8086.079
198	7035	1964.79	3669	1704.21	1.53	2607.441	9642.441
199	7035	2037.56	2801	763.44	1.53	1168.063	8203.063
200	7035	2110.33	2811	700.67	1.53	1072.025	8107.025
201	7035	2183.1	2823	639.9	1.53	979.047	8014.047
202	7035	2255.87	3618	1362.13	1.53	2084.059	9119.059
203	7035	2328.64	3370	1041.36	1.53	1593.281	8628.281
204	7035	2401.41	2098	0	1.53	0	7035
205	7035	2474.18	1567	0	1.53	0	7035

<i>No Komp.</i>	<i>Biaya Produksi</i>	<i>Due Date</i>	<i>End Time</i>	<i>Jumlah Waktu Keterlambatan</i>	<i>Bobot (satuan waktu)</i>	<i>Biaya Penalti</i>	<i>Total Biaya</i>
206	7035	2546.95	1290	0	1.53	0	7035
207	7035	2619.72	3684	1064.28	1.53	1628.348	8663.348
208	7035	2692.49	1661	0	1.53	0	7035
209	7035	2765.26	1671	0	1.53	0	7035
210	7035	2838.03	3980	1141.97	1.53	1747.214	8782.214
211	7035	2910.8	2399	0	1.53	0	7035
212	7035	2983.57	3920	936.43	1.53	1432.738	8467.738
213	7035	3056.34	2724	0	1.53	0	7035
214	7035	3129.11	2469	0	1.53	0	7035
215	10160	357.6	2656	2298.4	2.21	5079.464	15239.46
216	10160	715.2	2663	1947.8	2.21	4304.638	14464.64
217	10160	1072.8	2370	1297.2	2.21	2866.812	13026.81
218	10160	1430.4	2259	828.6	2.21	1831.206	11991.21
219	10160	1788	3237	1449	2.21	3202.29	13362.29



Option Explicit 'every variables must be declared first

'Option Private Module

Option Base 1 'start arrays with one

Dim myData As JSSData

Dim mySolution As JSSSolution

Dim SolutionAwal, SolutionBaru As Collection

Dim UrutanSolusiKontinyu() As Double

Dim UrutanSolusiInteger() As Integer

Dim TotalPanjangSolusi As Integer

Dim i, j, k, l As Integer

Dim indexTerbaik As Integer

Dim TotalBiayaTerbaik As Double

Dim jumlahIterasiTanpaPerbaiki As Integer

Dim Vector1, Vector2, Vector3 As Integer

Dim randTemp As Double

Dim TimeBefore, TimeAfter As Date

Public TotalBiayaTabu() As Double

Public MakeSpanTabu() As Double

Public NomorUpdateTabu As Integer

Dim UpdateTabu As Boolean

Sub RunAlgorithm()

TimeBefore = Now

'----- Randomize random number generator -----

Randomize

'----- Ambil data data data -----

Dim myData As New JSSData

myData.GetDataFromWorksheet

'----- Buat initial random Solution -----

Dim SolusiAwal As New JSSSolution

SolusiAwal.SetJSSData myData

SolusiAwal.GenerateRandomSolution

```

For i = 1 To myData.JumlahSolusiTetangga
  Dim mySolution As New JSSSolution
  mySolution.SetJSSData myData
  mySolution.GenerateRandomSolution
  If IsBetter(mySolution, SolusiAwal) Then
    Set SolusiAwal = mySolution
  End If
  Set mySolution = Nothing
Next i
'-----Tampilkan solusi awal terbaik-----
SolusiAwal.PrintDataToWorksheet "SolusiAwal"
'-----Inisialisasi iterasi-----
Dim SolusiTerbaik As New JSSSolution
Set SolusiTerbaik = SolusiAwal
Dim SolusiIterasi As New JSSSolution
Set SolusiIterasi = SolusiAwal
ReDim TotalBiayaTabu(myData.PanjangTabuList)
ReDim SolutionFeasibilityTabu(myData.PanjangTabuList)
ReDim MakeSpanTabu(myData.PanjangTabuList)
NomorUpdateTabu = 0
TotalPanjangSolusi = SolusiTerbaik.TotalPanjangSolusi

For i = 1 To myData.JumlahIterasiMaksimum

  Dim SolusiIterasi2 As New JSSSolution
  SolusiIterasi2.SetJSSData myData
  Set SolusiIterasi2.SetUrutanInteger = SolusiIterasi.getUrutanInteger
  SolusiIterasi2.GenerateSolusiTetangga

  'cari solusi tetangga
  For j = 1 To myData.JumlahSolusiTetangga
    Dim SolusiIterasi3 As New JSSSolution

```



```

SolusiIterasi3.SetJSSData myData
Set SolusiIterasi3.SetUrutanInteger = SolusiIterasi.getUrutanInteger
SolusiIterasi3.GenerateSolusiTetangga
If IsBetter(SolusiIterasi3, SolusiIterasi2) Then
    Set SolusiIterasi2 = SolusiIterasi3
End If
Set SolusiIterasi3 = Nothing
Next j

'kalau lebih baik dari solusi global, langsung diterima
If IsBetter(SolusiIterasi2, SolusiTerbaik) Then
    Set SolusiTerbaik = SolusiIterasi2
    Set SolusiIterasi = SolusiIterasi2
    UpdateTabu = UpdateTabuList(SolusiIterasi2, myData)
Else 'cek apakah tabu atau tidak
    If IsTabu(SolusiIterasi2, myData) = False Then
        Set SolusiIterasi = SolusiIterasi2
        UpdateTabu = UpdateTabuList(SolusiIterasi2, myData)
    End If
End If
Set SolusiIterasi2 = Nothing
Next i

'----- Tampilkan solusi terbaik -----
SolusiTerbaik.PrintDataToWorksheet "SolusiAkhir"

TimeAfter = Now
Sheets("SolusiAkhir").Cells(4, 1).Value = "StartTime"
Sheets("SolusiAkhir").Cells(4, 2).Value = TimeBefore
Sheets("SolusiAkhir").Cells(5, 1).Value = "EndTime"
Sheets("SolusiAkhir").Cells(5, 2).Value = TimeAfter

```

End Sub

```
Public Function IsBetter(Solusi1 As JSSSolution, Solusi2 As JSSSolution) As
Boolean
    If Solusi1.getTotalBiaya < Solusi2.getTotalBiaya Then
        IsBetter = True
    End If
End Function
```

```
Public Function UpdateTabuList(Solusi As JSSSolution, myData As JSSData) As
Boolean
    NomorUpdateTabu = NomorUpdateTabu + 1
    If NomorUpdateTabu > myData.PanjangTabuList Then
        NomorUpdateTabu = 1
    End If
    TotalBiayaTabu(NomorUpdateTabu) = Solusi.getTotalBiaya
    MakeSpanTabu(NomorUpdateTabu) = Solusi.getMakespan
    UpdateTabuList = True
End Function
```

```
Public Function IsTabu(Solusi As JSSSolution, myData As JSSData) As Boolean
    IsTabu = False
    For l = 1 To myData.PanjangTabuList
        If TotalBiayaTabu(l) = Solusi.getTotalBiaya Then
            If MakeSpanTabu(l) = Solusi.getMakespan Then
                IsTabu = True
                Exit Function
            End If
        End If
    Next l
End Function
```