

**INTELLIGENT DYNAMIC SCHEDULING SYSTEMS MODELLING PADA
TIPE ALIRAN PROSES PRODUKSI *JOB SHOP***

(Study Kasus pada Departemen Komponen Dasar PT.Hart.Co *Furniture*
Kabupaten Kendal, Jawa Tengah)

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Teknik Industri



Oleh :

Nama : Bastian Adi Nugroho

No. Mahasiswa : 00 522 021

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2007

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Bersamaan dengan surat ini, saya, Bastian Adi Nugroho, selaku penyusun, menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil karya asli penulis dan bukan merupakan duplikasi dari karya orang lain.

Jika dikemudian hari terdapat bukti yang dapat menunjukkan ketidakaslian Tugas Akhir ini atau duplikasi dari karya orang lain, penulis siap mempertanggung jawabkannya dan sanggup menerima sanksi hukum yang diberikan.

Yogyakarta, 14 Maret 2007

Bastian Adi Nugroho

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

***INTELLIGENT DYNAMIC SCHEDULING SYSTEMS MODELLING PADA
TIPE ALIRAN PROSES PRODUKSI JOB SHOP***

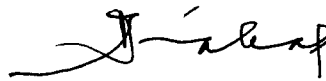
**(Study Kasus pada Departemen Komponen Dasar PT.Hart.Co Furniture
Kabupaten Kendal)**

Nama : Bastian Adi Nugroho

No. Mahasiswa : 00 522 021

Yogyakarta, 14 Maret 2007

Pembimbing I,



Ir. Ali Parkhan, MT

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**INTELLIGENT DYNAMIC SCHEDULING SYSTEMS MODELLING PADA
TIPE ALIRAN PROSES PRODUKSI JOB SHOP**

**(Study Kasus pada Departemen Komponen Dasar PT.Hart.Co Furniture
Kabupaten Kendal)**

Oleh :

Nama : Bastian Adi Nugroho

No. Mahasiswa : 00 522 021

**Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai
Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Strata Satu Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

Yogyakarta, 22 Maret 2007

Tim Penguji,

Ir. Ali Parkhan, MT

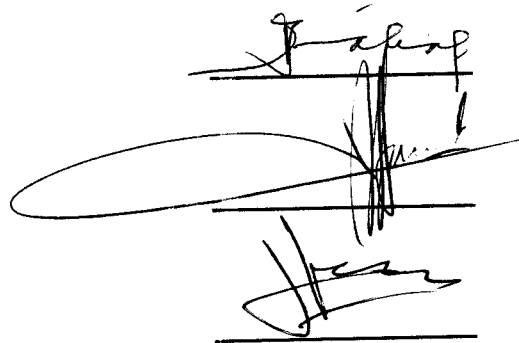
Ketua

Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc, P.hD

Anggota 1

Ir. Hudaya, MM

Anggota 2



Mengetahui,

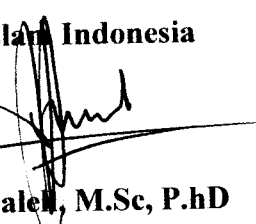
Ketua Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc, P.hD



HALAMAN PERSEMBAHAN

Aku persembahkan Tugas Akhir ini kepada :

1. Mama Pertiwi Puji Rahayu dan Bapak Drs. H. Budiyanto, untuk do'a dan dukungan yang telah diberikan.
2. Puti Laksmi Budi Pertiwi, SE dan Dian Ayu Setyani, SH untuk dorongan semangat dan kepercayaannya.

MOTTO

فَبِمَا رَحْمَةٍ مِّنَ اللَّهِ لِنْتَ لَهُمْ وَلَوْ كُنْتَ فَظًّا غَلِيظَ الْقَلْبِ لَانفَضُّوا مِنْ
حَوْلِكَ فَاعْفُ عَنْهُمْ وَاسْتَغْفِرْ لَهُمْ وَشَاوِرْهُمْ فِي الْأَمْرِ فَإِذَا عَزَمْتَ
فَتَوَكَّلْ عَلَى اللَّهِ إِنَّ اللَّهَ يُحِبُّ الْمُتَوَكِّلِينَ ﴿١٥٩﴾

... Kemudian apabila kamu telah membulatkan tekad, maka bertawakkallah kepada Allah. Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang bertawakkal kepada-Nya. [Qs: Ali Imron – 159]

وَلَوْ أَنَّمَا فِي الْأَرْضِ مِن شَجَرَةٍ أَقْلَمٌ وَالْبَحْرُ يَمُدُّهُ مِن بَعْدِيهِ سَبْعَةُ
أَبْحُرٍ مَا نَفِدَتْ كَلِمَاتُ اللَّهِ إِنَّ اللَّهَ عَزِيزٌ حَكِيمٌ ﴿٢٧﴾

Dan seandainya pohon-pohon di bumi menjadi pena dan laut (menjadi tinta), ditambahkan kepadanya tujuh laut (lagi) sesudah (kering)nya, niscaya tidak akan habis-habisnya (dituliskan) kalimat Allah. Sesungguhnya Allah Maha Perkasa lagi

Maha Bijaksana. [Qs : Lukman – 27]

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan memanjatkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul *Intelligent Dynamic Scheduling Systems Modelling* pada Tipe Aliran Proses Produksi *Job Shop*.

Penyusunan tugas akhir ini merupakan tugas yang harus diselesaikan oleh semua mahasiswa sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana Strata 1 (S1) Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.

Kelancaran dalam mempersiapkan dan menyelesaikan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis haturkan kepada :

1. Bapak Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Ali Parkhan MT, selaku dosen pembimbing dalam pembuatan tugas akhir.
4. Bapak A. Hermawan Raharjo, SH, selaku Kepala Bagian Umum PT. Hart.Co Kabupaten Kendal, atas kesempatan yang telah diberikan kepada penulis untuk melakukan kegiatan penelitian pada perusahaan ini.

5. Bapak Suwandi, selaku karyawan pada Departemen Pembahanan PT. Hart.Co Kabupaten Kendal, atas petunjuk, bimbingan, dan saran yang diberikan kepada penyusun saat melaksanakan kegiatan penelitian.
6. Seluruh Staff dan Karyawan PT. Hart.Co Kabupaten Kendal, atas bantuan dan kemudahan yang diberikan kepada penulis dalam melaksanakan kegiatan penelitian.
7. Teman-teman Teknik Industri Universitas Islam Indonesia, atas bantuan dan dorongan yang telah diberikan kepada penulis.
8. Semua pihak yang telah membantu, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT memberikan balasan limpahan rahmat dan karunia, serta kelapangan hati atas kebaikan yang mereka berikan.

Penulis menyadari, bahwa pada tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu, saran dan kritik yang sekiranya dapat menambah pengetahuan serta kesempurnaan laporan ini sangat diharapkan oleh penulis. Semoga, apa yang ada dalam tulisan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Maret 2007

Penulis

ABSTRAKSI

Permasalahan penjadwalan produksi pada sistem nyata seringkali tidak dapat diselesaikan dengan menggunakan metode-metode yang bergantung pada data yang tepat. Waktu proses pengerjaan material pada sebuah proses produksi, tidak akan mudah untuk ditentukan apabila dikerjakan dengan menggunakan tenaga manusia. Kecepatan proses yang tidak konstan akan mempengaruhi waktu selesainya produk yang diproses dan waktu penyerahan produk kepada konsumen. Selain itu, untuk membentuk sebuah jadwal produksi dimana semua produk dapat diselesaikan sebelum due date hampir tidak mungkin untuk dilakukan, beberapa pekerjaan mungkin terlambat. Sehingga diperlukan representasi dari pengambil keputusan mengenai pekerjaan yang terlambat dalam pembuatan sebuah jadwal produksi.

Pada PT.Hart.Co yang bergerak di bidang industri furniture, dan banyak menggunakan tenaga manusia dalam proses produksinya, masalah ini sering menyebabkan tidak sesuai jadwal produksi yang terbentuk dengan realisasinya. Sistem kontrol jadwal yang kurang baik, penghitungan due date dan completion time produk yang bersifat tegas membuat jadwal produksi menjadi tidak fleksibel. Atas dasar itulah, dilakukan pengembangan metode penjadwalan produksi dengan menggunakan tool dari artificial intelligence, yaitu logika fuzzy untuk merepresentasikan pandangan manusia dalam pembentukan jadwal produksi dan algoritma genetik untuk melakukan pencarian jadwal optimal dengan tujuan untuk meminimasi rata-rata pekerjaan yang terlambat dan jumlah pekerjaan yang terlambat.

Dengan menggunakan kedua tool tersebut, perusahaan dapat mengurangi jumlah keterlambatan produk. Dengan menggunakan metode yang digunakan perusahaan, terdapat 8 pekerjaan yang terlambat dan tingkat kepuasan dari pekerjaan yang terlambat adalah 0,42 dengan nilai maksimal 1,00. Pada pembentukan jadwal dengan menggunakan tool dari artificial intelligence, pada jadwal yang terbentuk hanya terdapat 4 pekerjaan yang terlambat dengan rata-rata tingkat kepuasan pekerjaan yang terlambat adalah 0,69 dengan nilai maksimal 1,00. Selain itu, completion time pada jadwal yang terbentuk juga bersifat fleksibel (berada dalam range tertentu) sehingga dapat mengakomodasi ketidakpastian waktu proses yang dikerjakan dengan menggunakan tenaga manusia.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar	vii
Abstraksi	ix
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xiv
Daftar Gambar	xviii
Daftar Lampiran	xx
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan Laporan.....	4
BAB II Tinjauan Pustaka	7
2.1 Pendahuluan.....	7
2.2 Penjadwalan Produksi.....	9
2.2.1 Permasalahan dalam Penjadwalan Produksi.....	9
2.3 Himpunan Fuzzy.....	10
2.3.1 Fungsi Keanggotaan pada Himpunan Fuzzy.....	11
2.3.1.a Himpunan Fuzzy Segitiga.....	11
2.3.1.b Himpunan Fuzzy <i>Trapezodial</i> dengan <i>L Fuzzy Set</i>	12

2.3.2 Aplikasi Logika Fuzzy dalam Penjadwalan Produksi.....	13
2.3.2.a Tingkat Kepuasan Rata-rata Keterlambatan.....	15
2.3.2.b Tingkat Kepuasan Jumlah Pekejaan yang Terlambat.....	16
2.3.2.c Model Optimasi untuk Mencari Jadwal Optimum.....	17
2.4 Algoritma Genetik.....	17
2.4.1 Struktur Umum Algoritma Genetik.....	18
2.4.2 Algoritma Genetik untuk Penjadwalan Produksi Fuzzy.....	19
2.4.2.a Kromosom.....	19
2.4.2.b Inisialisasi.....	20
2.4.2.c Persilangan (<i>crossover</i>).....	20
2.4.2.d Mutasi.....	23
2.4.2.e Seleksi.....	24
2.4.2.f Strategi Elit (<i>elitist strategy</i>).....	25
2.4.3 Penentuan Parameter.....	26
2.4.4 Penjadwalan Dinamis.....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1 Tempat dan Obyek Penelitian.....	29
3.2 Kerangka Pemecahan Masalah.....	29
3.3 Sumber Data.....	30
3.3.1 Data Primer.....	30
3.3.2 Data Sekunder.....	30
3.4 Metode Pengumpulan Data.....	30
3.4.1 Metode Riset Lapangan.....	31
3.4.2 Study Pustaka.....	32
3.5 Metode Analisa dan Pengolahan Data.....	32
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	35
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	36
4.1 Pengumpulan Data.....	36
4.1.1 Gambaran Umum Perusahaan.....	36
4.1.2 Proses dan Mesin Produksi Perusahaan.....	37

4.1.3	Jam Kerja Perusahaan.....	39
4.1.4	Data Produk yang akan Diproduksi dan <i>Due Date</i> Produk.....	40
4.1.5	<i>Bill of Material</i> Produk.....	41
4.1.6	Metode Penyusunan Jadwal Produksi.....	41
4.1.7	Spesifikasi Produk.....	42
	4.1.7.a Produk MB.17.7.A.....	42
	4.1.7.b Produk MT.40.B.....	42
	4.1.7.c Produk MC.40.A.1.....	42
4.1.8	Waktu Proses Komponen pada Mesin.....	42
4.1.9	Peta Proses Operasi.....	46
4.2	Pengolahan Data.....	47
4.2.1	Pembuatan Model <i>Completion Time</i> dan <i>Due Date</i>	47
	4.2.1.a Model Fuzzy <i>Completion Time</i>	48
	4.2.1.b Model Fuzzy <i>Due Date</i>	50
4.2.2	Aplikasi Algoritma Genetik untuk Mendapatkan Solusi Jadwal Optimum.....	51
	4.2.2.a Representasi Kromosom.....	52
	4.2.2.b Persilangan (<i>crossover</i>).....	53
	4.2.2.c Mutasi.....	59
	4.2.2.d Inisialisasi Kromosom.....	60
	4.2.2.e Seleksi.....	73
	4.2.2.f Nilai Maksimum Hasil Iterasi.....	76
	4.2.2.g Pembentukan <i>Gantt Chart</i>	79
	4.2.2.h Perbandingan <i>Completion Time</i> dengan <i>Due Date</i> untuk Mengetahui Pekerjaan yang Terlambat.....	79
4.2.3	Penjadwalan Ulang Untuk Kejadian Dinamis.....	80
	4.2.3.a Penyusunan Komponen Baru yang akan Diproduksi.....	80
	4.2.3.b Penentuan <i>Due Date</i> untuk Komponen Baru.....	80
	4.2.3.c Penentuan Waktu Proses dan Mesin yang Digunakan.....	82
	4.2.3.d Penyesuaian Waktu Proses dan Mesin dari Material Baru Ke Proses dan Mesin yang Sudah Terbentuk.....	82

4.2.3.e Pencarian Jadwal Optimum.....	84
4.2.4 <i>Software</i>	88
4.2.4.a Pembuatan <i>Software</i>	89
4.2.4.b Verifikasi <i>Software</i>	93
4.2.5 Penjadwalan Produksi pada PT.Hart.Co.....	99
BAB V PEMBAHASAN	104
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	111
6.1 Kesimpulan.....	111
6.2 Saran.....	112
DAFTAR PUSTAKA	114

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Permasalahan 3 <i>job</i> 3 mesin.....	20
Tabel 4.1	Data <i>order</i> masuk dan <i>due date</i> produk MT.40.B, MB.17.7.A dan MC.40.A.1 yang akan diproduksi bulan Februari 2006.....	40
Tabel 4.2	Data produk dari <i>order</i> yang masuk pada tanggal 14 Februari.....	41
Tabel 4.3	Pengelompokan komponen berdasarkan mesin yang akan digunakan.....	43
Tabel 4.4	Data pengukuran waktu proses dengan menggunakan <i>stopwatch</i> untuk setiap produk pada komponen rangka.....	45
Tabel 4.5	Data pengukuran waktu proses dengan menggunakan <i>stopwatch</i> untuk setiap produk pada komponen sambung.....	46
Tabel 4.6	Model Fuzzy <i>Completion Time</i> untuk komponen rangka dan komponen sambung.....	50
Tabel 4.7	Nilai <i>due date</i> aktual dan toleransi <i>due date</i> untuk setiap Produk.....	51
Tabel 4.8	Contoh kromosom 1 yang diperoleh dari mengurutkan secara <i>ascending</i> bilangan <i>random</i> pada kromosom 0.....	52
Tabel 4.9	Bilangan <i>random</i> untuk menentukan kromosom yang akan di silangkan pada populasi awal.....	53
Tabel 4.10	Bilangan <i>random</i> untuk menentukan titik <i>partial schedule</i> 1 awal pada kromosom induk 1 dengan warna biru sebagai nilai maksimum bilangan <i>random</i> dan titik dimulainya <i>gen</i> yang akan menjadi <i>partial schedule</i> 1.....	54
Tabel 4.11	Pembentukan <i>partial schedule</i> 1 dari kromosom induk 1 (kromosom nomor 2) pada populasi awal.....	55
Tabel 4.12	Pembentukan <i>partial schedule</i> 2 pada kromosom induk 2 (kromosom nomor 7).....	55
Tabel 4.13	Kromosom anak 1 hasil persilangan dengan <i>background</i> biru	

	adalah <i>gen</i> dari <i>partial schedule</i> 2 yang diperoleh dari hasil persilangan yang telah dilakukan.....	56
Tabel 4.14	Kromosom anak 2 hasil persilangan dengan <i>background</i> biru adalah <i>gen</i> dari <i>partial schedule</i> 1 yang diperoleh dari hasil persilangan yang telah dilakukan.....	56
Tabel 4.15	Jumlah <i>gen</i> yang kurang dan <i>gen</i> yang berlebihan pada masing-masing kromosom anak.....	57
Tabel 4.16	Hasil normalisasi kromosom anak 1.....	58
Tabel 4.17	Hasil normalisasi kromosom anak 2.....	58
Tabel 4.18	<i>Gen</i> yang memiliki bilangan <i>random</i> lebih kecil dari p_m pada kromosom induk (kromosom nomor 3).....	59
Tabel 4.19	Kromosom anak yang dihasilkan dari kromosom induk yang dimutasi.....	60
Tabel 4.20	Nilai rata-rata waktu proses untuk semua produk yang akan diproduksi pada komponen rangka.....	61
Tabel 4.21	Nilai rata-rata waktu proses untuk semua produk yang akan diproduksi pada komponen sambung.....	62
Tabel 4.22	Waktu proses yang digunakan untuk menyusun jadwal sesuai dengan jumlah produk yang akan diproduksi.....	64
Tabel 4.23	Hasil inisialisasi pada 10 <i>gen</i> pertama pada kromosom nomor 1, populasi awal.....	64
Tabel 4.24	Nilai p_j^1, p_j^2, p_j^3 untuk semua material yang diproduksi.....	66
Tabel 4.25	Nilai keanggotaan fuzzy <i>completion time</i> untuk C_T <i>gen</i> 9 dalam range (0; 74,73) sampai (1; 106,76) pada kromosom 1 populasi awal.....	68
Tabel 4.26	Nilai keanggotaan fuzzy <i>due date</i> untuk C_T <i>gen</i> 9 dalam range (0; 103,68) sampai (1; 96) pada kromosom 1 populasi awal.....	69
Tabel 4.27	Nilai keanggotaan yang sama antara fuzzy <i>due date</i> dan fuzzy <i>completion time</i> untuk C_T <i>gen</i> 9 pada kromosom 1 populasi awal.....	69

Tabel 4.28	Nilai SG pada kromosom 1 populasi awal.....	70
Tabel 4.29	Perbandingan jumlah pekerjaan yang terlambat dengan menggunakan nilai $\lambda = 0,3$ dan $\lambda = 0,8$	72
Tabel 4.30	Nilai <i>fitness</i> pada kromosom 1 populasi awal.....	73
Tabel 4.31	Nilai p_k pada setiap kromosom pada populasi awal.....	74
Tabel 4.32	Bilangan random <i>roulette wheel</i>	75
Tabel 4.33	Kromosom yang bertahan untuk generasi selanjutnya.....	76
Tabel 4.34	Hasil nilai <i>fitness</i> pada 15 generasi yang dilakukan untuk mendapatkan jadwal optimum dengan $\lambda = 0,3$	76
Tabel 4.35	Susunan <i>gen</i> pada kromosom nomor 1 generasi ke 15 yang memiliki nilai <i>fitness</i> maksimum.....	78
Tabel 4.36	<i>Completion time</i> masing-masing material.....	79
Tabel 4.37	<i>Due date</i> fuzzy untuk produk baru yang dihasilkan.....	81
Tabel 4.38	Rata-rata waktu proses dan mesin yang digunakan untuk memproses produk baru.....	82
Tabel 4.39	Material yang belum dan sedang diproses pada saat masuknya pekerjaan baru.....	83
Tabel 4.40	Tersedianya material yang akan dijadwalkan pada jadwal baru.....	84
Tabel 4.41	Variabel waktu proses yang digunakan untuk membentuk jadwal baru.....	85
Tabel 4.42	Hasil pencarian urutan pekerjaan optimum pada jadwal baru dengan variabel $\lambda = 0,3$	86
Tabel 4.43	Susunan <i>gen</i> pada kromosom optimum (kromosom nomor 1, generasi ke 10).....	87
Tabel 4.44	<i>Completon time</i> setelah dilakukan penjadwalan ulang.....	87
Tabel 4.45	Tabel waktu proses dari produk yang akan diproduksi.....	93
Tabel 4.46	Tabel mesin yang digunakan.....	93
Tabel 4.47	Tabel data variabel fuzzy.....	94
Tabel 4.48	Populasi awal dari <i>software</i> untuk kromosom no.1 sampai 10.....	94
Tabel 4.49	Persilangan antara kromosom 2 dan 6 yang dilakukan oleh	

<i>software</i>	95
Tabel 4.50 Populasi setelah mutasi yang dilakukan oleh <i>software</i>	96
Tabel 4.51 Hasil seleksi dengan menggunakan <i>software</i>	97
Tabel 4.52 Hasil inisialisasi tahap 1 kromosom nomor 2 dengan menggunakan <i>software</i>	98
Tabel 4.53 Hasil inisialisasi tahap 2 kromosom nomor 2 dengan menggunakan <i>software</i>	98
Tabel 4.54 <i>Completion time</i> produk dengan metode penjadwalan <i>first in first serve</i>	102
Tabel 4.55 Waktu proses material dengan metode penjadwalan <i>first in first serve</i>	102
Tabel 4.56 <i>Completion time</i> produk dengan metode penjadwalan <i>first in first serve</i>	103
Tabel 5.1 Hasil jadwal produksi dengan menggunakan algoritma genetik dan logika fuzzy	104
Tabel 5.2 Hasil penjadwalan ulang dengan menggunakan algoritma genetik dan logika fuzzy setelah masuknya produk baru	107
Tabel 5.3 <i>Completion time</i> produk dengan metode penjadwalan <i>first in first serve</i>	109
Tabel 5.4 <i>Completion time</i> produk pada jadwal baru dengan metode penjadwalan <i>first in first serve</i>	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Triangular fuzzy set</i>	12
Gambar 2.2	<i>Trapezodial fuzzy set (Right)</i>	12
Gambar 2.3	Waktu proses fuzzy pada kurva segitiga.....	14
Gambar 2.4	<i>Due date fuzzy</i>	14
Gambar 2.5	<i>Possibility Measure</i> untuk mencari nilai keanggotaan fuzzy C_j pada himpunan fuzzy d_j	15
Gambar 2.6	Operasi dari <i>job</i> pada mesin.....	20
Gambar 2.7	Pemilihan bagian kromosom yang akan disilangkan.....	21
Gambar 2.8	<i>Partial schedule</i> yang telah di silangkan.....	21
Gambar 2.9	<i>Gen</i> yang dihilangkan dan ditambahkan pada <i>offspring</i>	22
Gambar 2.10	Legalisasi <i>offspring</i> 1.....	22
Gambar 2.11	Legalisasi <i>offspring</i> 2.....	23
Gambar 2.12	Mutasi.....	24
Gambar 2.13	Kondisi jadwal awal.....	27
Gambar 2.14	Kondisi awal setelah terjadi kejadian dinamis.....	28
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	35
Gambar 4.1	Grafik perbandingan rata-rata <i>fitness</i> dengan nilai <i>fitness</i> maksimum pada setiap generasi.....	77
Gambar 4.2	Grafik perbandingan rata-rata <i>fitness</i> dan nilai <i>fitness</i> pada setiap generasi untuk membentuk jadwal baru.....	86
Gambar 5.1	<i>Completion time</i> fuzzy.....	105
Gambar 5.2	<i>Completion time</i> fuzzy dengan <i>due date</i> fuzzy.....	106

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Proses produksi pada Departemen Komponen Dasar PT.Hart.Co
- Lampiran 2 Data rencana produksi bulan Februari 2006
- Lampiran 3 Data bedah komponen produk MB.17.7.A
- Lampiran 4 Data bedah komponen produk MT.40.B
- Lampiran 5 Data bedah komponen produk MC.40.A.1
- Lampiran 6 *Bill of Material* produk MB.17.7.A
- Lampiran 7 *Bill of Material* produk MT.40.B
- Lampiran 8 *Bill of Material* produk MC.40.A.1
- Lampiran 9 Jadwal produksi perusahaan
- Lampiran 10 Peta proses operasi untuk tiap material pada Departemen
Komponen Dasar
- Lampiran 11 Penghitungan waktu mulai dan waktu selesai pada kromosom 1
- Lampiran 12 *Gantt Chart* awal untuk bulan Februari 2006
- Lampiran 13 *Gantt Chart* baru untuk bulan Februari 2006
- Lampiran 14 Diagram aliran data pada *software*
- Lampiran 15 Hasil penjadwalan dengan metode yang digunakan oleh
PT.Hart.CO
- Lampiran 16 Surat keterangan telah melakukan penelitian oleh PT.Hart.Co
- Lampiran 17 Kartu konsultasi bimbingan tugas akhir

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Kepuasan konsumen merupakan salah satu hal yang diharapkan oleh perusahaan, karena dengan tidak mengecewakan konsumen, perusahaan akan mendapatkan keuntungan, seperti konsumen akan merekomendasikan perusahaan karena kualitas pelayanan yang memuaskan kepada rekan mereka. Salah satu cara yang bisa dilakukan untuk memberikan kepuasan kepada konsumen adalah dengan menyerahkan produk yang dipesan oleh konsumen kepada perusahaan dengan tepat waktu. Dan faktor yang mempengaruhi ketepatan waktu penyerahan produk pada konsumen adalah penjadwalan produksi.

Penjadwalan produksi adalah pengalokasian sejumlah pekerjaan (*job*) pada mesin yang berada dalam sebuah batasan waktu. Sehingga apabila perusahaan tidak dapat membentuk jadwal dengan baik, akan mengakibatkan keterlambatan waktu penyelesaian produk yang secara langsung dapat mempengaruhi keterlambatan waktu penyerahan produk kepada konsumen.

Pada PT.Hart.Co yang merupakan sebuah industri furniture dengan tipe aliran proses produksi *job shop* dan tipe manufaktur *open shop* atau *Make To Order*, membentuk sebuah jadwal produksi untuk meminimasi rata-rata *job* yang terlambat dan meminimasi jumlah *job* yang terlambat merupakan sebuah permasalahan yang cukup sulit. Lama waktu proses mengerjakan sebuah produk

tidak dapat diketahui dengan pasti karena beberapa operasi dikerjakan oleh manusia yang menyebabkan waktu proses selalu berubah ubah dan tidak dapat diketahui dengan pasti, sehingga akan mempengaruhi waktu selesai proses (*completion time*) dan mempengaruhi waktu selesai (*due date*) dari produk tersebut. Selain itu, membentuk sebuah jadwal produksi dengan semua pekerjaan dapat diselesaikan sebelum *due date* tidak selalu dapat dilakukan. Beberapa pekerjaan mungkin terlambat.

Berdasarkan beberapa hal tersebut, diperlukan penelitian untuk mengatasi permasalahan penjadwalan produksi yang terjadi di PT.Hart.Co agar perusahaan dapat mengurangi tingkat keterlambatan penyerahan produk kepada konsumen.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Bagaimanakan jadwal produksi yang dapat mengurangi rata-rata *job* yang terlambat dan mengurangi jumlah *job* yang terlambat ditengah ketidakpastian dan ketidaktepatan waktu proses yang terjadi di departemen komponen dasar dengan tipe proses produksi *job shop* pada PT.Hart.Co ?

1.3 BATASAN MASALAH

Pembahasan masalah ini hanya terbatas pada lingkup penjadwalan mesin dinamis dengan menggunakan *tools* dari *Artificial Intelligence* dengan batasan sebagai berikut :

1. Model penjadwalan hanya dilakukan pada mesin produksi yang ada dan digunakan pada departemen komponen dasar

2. Variabel penjadwalan yang tidak dapat dipastikan hanya pada waktu proses pengerjaan sebuah produk.
3. Kejadian dinamis dalam permasalahan ini adalah masuknya *job* baru pada saat jadwal produksi sudah terbentuk.
4. Penentuan waktu selesainya produk pada permasalahan ini tidak mencakup waktu yang dibutuhkan untuk perpindahan material antar fasilitas yang akan digunakan pada saat proses produksi dan waktu *set up* mesin.
5. Produk yang digunakan untuk membuat *prototype* jadwal produksi agar panjang kromosom dari algoritma genetik tidak terlalu panjang pada saat proses penghitungan manual adalah produk Kursi dengan kode MC.40.A.1, Meja dengan kode MT.40.B dan Almari dengan kode MB.17.7.A yang terdapat pada data penjadwalan bulan Februari 2006.
6. Setiap mesin hanya dapat digunakan untuk memproses sebuah *job* dalam satu waktu, dan proses harus dilakukan sampai dengan *job* selesai tanpa ada gangguan dari *job* baru yang menyebabkan *job* awal berhenti.
7. Di asumsikan bahwa semua bahan baku yang akan di proses telah tersedia saat $t = 0$.
8. Model penjadwalan di bangun hanya untuk mengatasi keterlambatan produk yang di proses pada perusahaan untuk diserahkan kepada konsumen dengan tidak memperhitungkan biaya *inventory* yang ditimbulkan apabila produk selesai lebih cepat dari *due date*

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan dibentuk jadwal produksi yang telah meliputi faktor ketidakpastian dan ketidaktepatan yang terjadi dalam lingkungan produksi dengan tujuan sebagai berikut :

1. Mengurangi rata-rata *job* yang terlambat
2. Mengurangi jumlah *job* yang terlambat

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian adalah perusahaan dapat menurunkan tingkat keterlambatan penyelesaian produk yang terjadi pada saat pengolahan material pada proses produksi, karena dapat membuat jadwal produksi yang telah mencakup variabel ketidakpastian dan ketidaktepatan waktu proses pada fasilitas atau mesin yang dilakukan dengan menggunakan tenaga manusia, sehingga waktu penyerahan produk kepada konsumen dapat dilakukan dalam waktu yang tepat.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN LAPORAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, rancangan sistematika penulisan yang akan disusun adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Menjelaskan latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan laporan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Memuat penjelasan tentang konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian terutama yang berkaitan dengan penjadwalan dan *tools* dari *Artificial Intelligence* yaitu Logika Fuzzy dan Algoritma Genetik. Isi dari landasan teori adalah sebuah referensi yang relevan untuk membantu pembahasan penelitian serta memberikan dasar atau acuan secara ilmiah sehingga dapat membentuk kerangka berfikir yang berguna dalam penelitian.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini merupakan jembatan yang menghubungkan dasar teori yang terdapat pada bab II dengan bab IV yang membahas pengumpulan dan pengolahan data penelitian. Bab III berisi tentang metodologi penelitian, langkah-langkah yang harus ditempuh dalam melakukan penelitian serta kerangka pemecahan masalah yang meliputi tempat dan waktu penelitian, alat penelitian, metode pengumpulan data, pengumpulan dan pengolahan data yang akan dibuat sebagai dasar untuk membentuk sebuah jadwal, kemudian dilakukan identifikasi data penelitian dan pendekatan pemecahan masalah.

BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Disajikan data yang berhasil diperoleh dari penelitian untuk memodelkan sistem penjadwalan mesin dinamis – stokastik dengan menggunakan *tools Artificial Intelligence*

BAB V : PEMBAHASAN

Menguraikan hasil akhir proses yang meliputi analisa hasil dari pengolahan data dan model yang terbentuk secara teoritik baik secara kualitatif dan kuantitatif.

BAB VI : PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan beberapa saran dari peneliti yang diharapkan dapat membantu perusahaan untuk mengatasi permasalahan penjadwalan mesinnya dan usulan untuk mengembangkan penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENDAHULUAN

PT.Hart.Co adalah sebuah perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang *furniture* dengan tipe aliran proses produksi *job shop*. Seperti perusahaan *furniture* pada umumnya, dalam melaksanakan proses produksi, banyak operasi yang dikerjakan dengan menggunakan tenaga manusia yang kecepatannya tidak konstan, sehingga lama waktu proses pengerjaan sebuah produk selalu berubah-ubah. Untuk itulah diperlukan sebuah jadwal produksi yang dapat mengakomodasi ketidaktepatan dan ketidakpastian waktu proses yang disebabkan oleh penggunaan tenaga manusia tersebut.

Sampai saat ini, metode yang dikembangkan untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan produksi baik untuk tipe aliran *flow shop* maupun *job shop* sudah cukup banyak ditemui. Metode-metode tersebut antara lain adalah (Nasution, 1999) :

- Metode *Short Processing Time* (SPT).
- Metode *Weighted Shortest Processing Time* (WSPT).
- Metode *Earliest Due Date* (EDD).

Selain metode *sequencing* di atas, terdapat juga metode yang melakukan pencarian *heuristic* untuk mendapatkan solusi optimum dengan menggunakan

algoritma genetik dengan fungsi tujuan untuk meminimasi *makespan* (Trisnawati, 2004)

Dari beberapa metode yang telah dijelaskan, terdapat beberapa kekurangan seandainya metode tersebut diterapkan ke dalam sistem nyata. Ketergantungan metode *sequencing* akan data yang bersifat pasti, akan sulit diterapkan ke dalam sistem nyata yang pada umumnya berubah ubah.

Pada metode pencarian *heuristic*, sistem pencarian yang terbentuk bersifat kaku, karena perbedaan kecil yang terdapat pada sebuah angka akan menyebabkan sistem melakukan penolakan terhadap angka tersebut bisa saja terjadi, karena sistem tidak akan mengetahui apabila angka yang ditolak tersebut memiliki potensi yang lebih besar untuk memberikan solusi yang lebih baik.

Ketidakpastian dan ketidaktepatan waktu proses yang terjadi dalam sebuah proses produksi tidak dapat diselesaikan oleh model penjadwalan deterministik yang hanya bergantung pada data yang tepat dan metode *heuristic* yang tidak mampu untuk merepresentasikan pandangan manusia mengenai beberapa kemungkinan yang dapat terjadi. Metode deterministik hanya berlaku jika semua operasi dilakukan secara otomatis dengan menggunakan mesin, karena kecepatan proses yang dilakukan dengan menggunakan mesin bersifat konstan.

Oleh karena itu, algoritma dan model penjadwalan produksi sebaiknya dikembangkan dengan menggunakan himpunan fuzzy yang berfungsi untuk memberikan ukuran mengenai ketidakpastian dan ketidaktepatan waktu proses dan memberikan keputusan mengenai pekerjaan yang terambat sesuai dengan

Pendekatan yang selalu bergantung pada data yang tepat, tidak akan sesuai apabila diterapkan dalam sistem nyata yang bersifat dinamis - stokastik. Sehingga model penjadwalan deterministik dan algoritmanya harus dikembangkan dengan menggunakan *tools* dari *Artificial Intelligence* untuk mengatasi masalah tersebut.

2.3 HIMPUNAN FUZZY

Logika fuzzy adalah logika yang mendasari penalaran dengan menggunakan pendekatan (*approximate reasoning*) disamping penalaran secara akurat (*exact reasoning*). Disinilah letak kelebihan dari logika fuzzy, karena berdasarkan fakta yang ada, bahwa kebanyakan jenis penalaran manusia, terutama penalaran dengan menggunakan intuisi, menggunakan perkiraan yang paling mendekati solusi dari permasalahan yang dihadapi.

Menggunakan logika klasik, hanya dapat dilakukan pada informasi yang bersifat benar atau salah. Logika ini tidak dapat digunakan untuk mengatasi masalah yang berhubungan dengan informasi yang bersifat tidak lengkap dan tidak tepat, namun, dalam informasi ini terdapat data yang dapat menghasilkan pemecahan yang lebih baik untuk mengatasi masalah.

Pada logika himpunan tegas, nilai keanggotaan dari elemen yang dimiliki pada himpunannya bernilai 0 jika elemen itu berada di luar himpunan, dan bernilai 1 jika elemen itu berada di dalam himpunan. Sedangkan pada himpunan fuzzy, nilai keanggotaan dari elemennya diperluas, yaitu berada dalam *range* $[0, 1]$. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa logika fuzzy adalah perluasan dari himpunan klasik.

Himpunan fuzzy dapat didefinisikan secara formal sebagai berikut (Galindo et.al, 2006) :

$$A = \{\mu_A(x) \mid x : x \in X, \mu_A(x) \in [0,1] \in \mathbb{R}\}$$

$\mu_A(x) = 0$; mengindikasikan bahwa x bukan merupakan anggota himpunan A

$\mu_A(x) = 1$; mengindikasikan bahwa x merupakan anggota himpunan A secara penuh

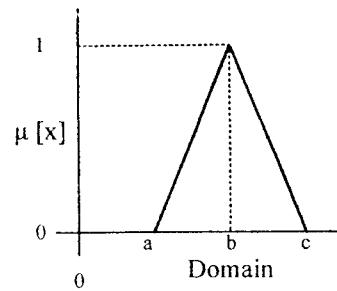
$\mu_A(x)$ berfungsi untuk memberikan keterangan khusus dari semua elemen yang ada pada sebuah himpunan dengan menentukan fungsi keanggotaan (*membership function*) setiap elemen pada himpunan tersebut.

2.3.1 FUNGSI KEANGGOTAAN PADA HIMPUNAN FUZZY

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan pada himpunan fuzzy adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan seperti *triangular*, *trapezoidal*, *bell-curves* dan *s-curves*. Pada umumnya, pemilihan bentuk fungsi merupakan hal yang subyektif, tergantung pada tujuan dari model yang akan dibangun.

2.3.1.a Himpunan Fuzzy Segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear) yang berujung pada sebuah titik dengan nilai keanggotaan 1. Kurva ini memiliki batasan bawah (a), batasan atas (c) dan *modal point* (b) (Galindo et.al, 2006).

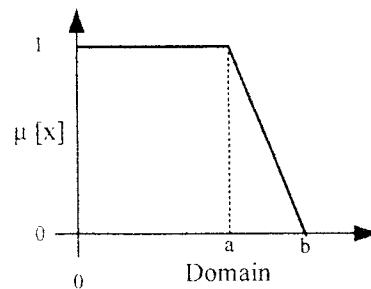
Gambar 2.1 *Triangular Fuzzy Set*

Dengan fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & \text{if } x \leq a \\ (x-a)/(b-a); & \text{if } x \in (a,b) \\ (c-x)/(c-b); & \text{if } x \in (b,c) \\ 1; & \text{if } x \geq c \end{cases}$$

2.3.1.b Himpunan Fuzzy *Trapezodial* dengan *L Fuzzy Set (Right)*

Kurva Trapesium pada dasarnya hanya berbentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Pada himpunan ini, fungsi keanggotaan didefinisikan oleh dua parameter, yaitu a dan b (Galindo et.al, 2006).

Gambar 2.2 *Trapezodial Fuzzy Set (Right)*

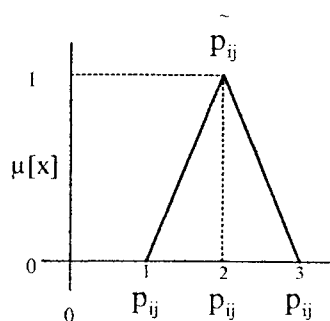
Dengan Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & \text{if } x > b \\ (x-a)/(b-a); & \text{if } a \leq x \leq b \\ 1; & \text{if } a \leq x \end{cases}$$

2.3.2 APLIKASI LOGIKA FUZZY PADA PENJADWALAN PRODUKSI

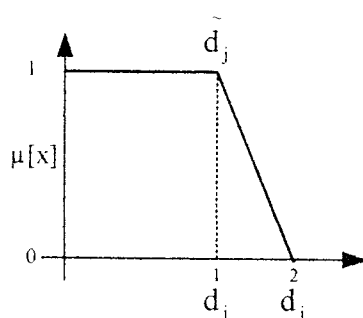
Estimasi waktu proses pada setiap operasi disesuaikan dengan kondisi penggunaan mesin. Beberapa mesin berjalan secara otomatis dan dapat dioperasikan dengan kecepatan yang berbeda dan konstan. Beberapa mesin lainnya dioperasikan dengan menggunakan tenaga manusia yang menyebabkan lamanya waktu proses bergantung pada kecepatan manusia yang bersifat tidak tetap.

Ketidak pastian waktu proses \tilde{p}_j^i dimodelkan dengan menggunakan fungsi keanggotaan dengan kurva segitiga. Pada kurva tersebut, fungsi keanggotaan digambarkan dalam tiga lapis (*triplet*) (p_j^1, p_j^2, p_j^3) , dimana p_j^1 dan p_j^3 adalah batasan atas dan batasan bawah dari toleransi yang diberikan pada waktu proses, dan p_j^2 atau *modal point* digunakan untuk merpresentasikan waktu proses yang diharapkan (Fayad dan Petrovic, 2005).



Gambar 2.3 Waktu proses fuzzy pada kurva segitiga

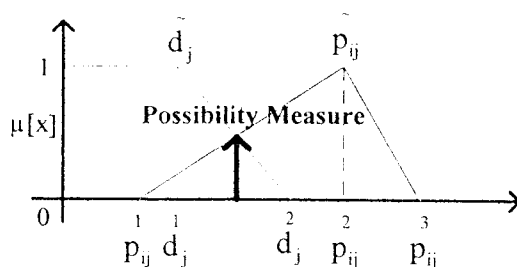
Himpunan Fuzzy *Trapezoidal* dengan *L Fuzzy Set (Right)* digunakan untuk memodelkan *due date* \tilde{d}_j^1 pada setiap *job*, yang digambarkan dalam dua lapis fungsi keanggotaan (*doublet*) (d_j^1, d_j^2) . Dimana d_j^1 adalah *due date* awal dengan menggunakan himpunan tegas, dan d_j^2 dari *trapezoid* sesuai dengan besarnya prosentase toleransi dari *due date* awal yang digunakan sebagai nilai toleransi (Fayad dan Petrovic, 2005).



Gambar 2.4 *Due date* fuzzy

Ketidak pastian waktu proses akan mempengaruhi waktu selesainya sebuah produk. Dan ketidak pastian waktu selesainya sebuah produk akan mempengaruhi *due date* dari produk tersebut. Maka, untuk membandingkan waktu selesai produk

dengan nilai fuzzy dengan *due date* produk yang juga bernilai fuzzy, digunakan *possibility measure* untuk mengetahui kemungkinan terjadinya waktu selesai produk fuzzy (\tilde{c}_j) dalam himpunan fuzzy *due date* (\tilde{d}_j^i) sebagai berikut (Fayad dan Petrovic, 2005) :



Gambar 2.5 *Possibility Measure* untuk mencari nilai keanggotaan fuzzy C_j pada himpunan fuzzy d_j

$$SG_T(C_j) = \sup_{x \in X} \min \{ \mu_{C_j}(t), \mu_{D_j}(t) \}$$

dimana $\mu_{C_j}(t)$ dan $\mu_{D_j}(t)$ adalah fungsi keanggotaan dari himpunan fuzzy \tilde{c}_j dan \tilde{d}_j .

2.3.2.a Tingkat Kepuasan dari Rata-Rata Keterlambatan

Tingkat kepuasan dari rata-rata keterlambatan (S_{AT}) dapat diperoleh dengan mencari nilai rata-rata tingkat kepuasan *completion time* dari masing-masing produk yang akan dijadwalkan.

$$S_{AT} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n SG_T(\tilde{c}_j), j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$SG_T(\tilde{C}_j)$ adalah tingkat kepuasan fuzzy yang dimiliki oleh *completion time* setiap material yang dijadwalkan. Ukuran $SG_T(\tilde{C}_j)$ ini terbagi lagi menjadi 3 bagian, yaitu :

1. Kondisi pertama :

Jika $p_j^2 < d_j^1$, maka $SG = 1$

2. Kondisi kedua :

Jika $d_j^1 \leq p_j^1 < d_j^2$ atau $(p_j^1 \leq d_j^1$ dan $p_j^2 > d_j^2)$ atau

$(p_j^1 \leq d_j^1$ dan $d_j^1 \leq p_j^2 < d_j^2)$,

maka $SG = \sup_{x \in X} \min \{ \mu_{d_j}(t); \mu_{p_j}(t) \}$

3. Kondisi ketiga :

Jika $(p_j^1 \geq d_j^2$ dan $p_j^2 \geq d_j^2)$, maka $SG = 0$

Kemudian untuk menentukan apakah material yang dijadwalkan terlambat atau tidak, digunakan variabel λ , dengan $0 \leq \lambda \leq 1$. Jika nilai fuzzy $SG_T(\tilde{C}_j)$ dari sebuah *job_(j)* lebih kecil dari nilai λ yang ditentukan di awal, maka *job* tersebut dinyatakan terlambat.

2.3.2.b Tingkat Kepuasan Jumlah Pekerjaan yang Terlambat

Setelah menghitung rata-rata jumlah *job* yang terlambat, untuk mencari tingkat kepuasan dari jumlah *job* yang terlambat (S_{NT}) ditentukan dengan menggunakan model sebagai berikut (Fayad dan Petrovic, 2005) :

$$S_{NT} = \begin{cases} 1 & \text{jika } nTardy = 0 \\ (n'' - nTardy) / n'' & \text{jika } 0 < nTardy < n'' \\ 0 & \text{jika } nTardy > n'' \end{cases}$$

Dengan nilai n'' adalah batasan jumlah maksimal untuk jumlah produk yang terlambat yang tetap akan dimasukkan ke dalam jadwal produksi yang akan dibentuk.

2.3.2.c Model Optimasi untuk Mencari Solusi Jadwal Optimum

Dari dua fungsi tujuan yang telah ditetapkan, dapat dibentuk formulasi matematis untuk mendapatkan solusi optimum.

Fungsi Tujuan :

$$\max_{1 \leq g \leq n} \left\{ \max_{1 \leq p \leq n} \left(\frac{S_{AT(gp)} + S_{NT(gp)}}{2} \right) \right\}$$

Dimana g = generasi, p = populasi

Batasan Precedence :

$$c_{jom} - c_{j(o-1)(m-1)} \geq t_{jom}$$

Dimana c_{jom} adalah waktu selesai proses *job* j , operasi o , pada mesin m , $c_{j(o-1)(m-1)}$ adalah waktu selesai *job* j pada mesin sebelum mesin k , t_{jom} adalah waktu proses *job* j , operasi o , pada mesin m .

2.4 ALGORITMA GENETIK

Algoritma Genetik (AG) adalah teknik pencarian stokastik yang berdasarkan pada mekanisme dari seleksi alami dan genetika alami atau secara umum disebut dengan evolusi biologis (Gen dan Cheng, 1997).

2.4.1 STRUKTUR UMUM ALGORITMA GENETIKA

Berbeda dengan metode pencarian yang lain yang hanya melakukan pencarian pada lingkup solusi, AG dimulai dari pembentukan himpunan dari solusi awal secara acak yang disebut dengan populasi. Setiap organisme atau individu dalam sebuah populasi dinamakan kromosom, dimana setiap kromosomnya menggambarkan solusi dari sebuah permasalahan. Kromosom ini terdiri dari beberapa bagian yang disebut dengan *gen* yang berbentuk simbol.

Seperti pada evolusi di sebuah organisme, dalam AG, kromosom pada sebuah populasi juga dapat berevolusi melalui sebuah iterasi yang dinamakan generasi. Pada setiap proses generasi, dilakukan evaluasi pada setiap kromosom berdasarkan dari nilai *fitness* yang dimilikinya. Untuk membentuk sebuah generasi berikutnya apabila kromosom awal bukan merupakan kondisi akhir, terlebih dahulu dibentuk sebuah kromosom baru yang disebut dengan kromosom anak atau *offspring*, yang dapat dilakukan dengan menggunakan 2 operator genetika, kemudian setelah didapatkan kromosom anak, sebuah generasi baru dapat terbentuk dengan melakukan seleksi untuk mendapatkan nilai *fitness* tertinggi.

Semakin tinggi nilai *fitness* dari sebuah kromosom, semakin tinggi pula kemungkinannya untuk dipilih menjadi bagian dari populasi baru. Generasi biasanya dilakukan berulang-ulang hingga menemukan solusi optimal dari lingkup pencarian yang dilakukan atau hanya melakukan sekali generasi saja

untuk mendapatkan solusi dengan konsekuensi solusi yang lebih optimal mungkin tidak akan tercapai.

Setelah beberapa generasi dilakukan, AG akan menemukan kromosom-kromosom terbaik yang menggambarkan solusi optimal atau sub-optimal dari sebuah permasalahan.

2.4.2 ALGORITMA GENETIK UNTUK PENJADWALAN PRODUKSI FUZZY

Karakteristik utama dari algoritma genetik untuk menyelesaikan masalah penjadwalan produksi dengan *due date* dan waktu penyelesaian produk fuzzy pada tipe manufaktur *job shop* digambarkan sebagai berikut :

2.4.2.a Kromosom

Representasi kromosom dilakukan secara langsung berdasarkan operasi yang dilakukan atau *operation based chromosome*. Representasi ini meng-*encode*-kan sebuah jadwal sesuai dengan urutan operasinya dengan panjang m (mesin) \times n (*job*), dan setiap *gen* mewakili sebuah operasi. *Gen* ini berupa simbol yang sama dari operasi sebuah *job* dan menggambarkan kejadian urutan penjadwalan pada kromosom yang diberikan (Gen dan Cheng, 1997).

Jika terdapat kromosom sebagai berikut $[3 \ 2 \ 2 \ 1 \ 1 \ 2 \ 3 \ 1 \ 3]$ dimana angka 1 mewakili *job* 1, 2 untuk *job* 2, dan 3 untuk *job* 3, sesuai pada tabel 2.1 dapat dijelaskan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Permasalahan 3 *job* 3 mesin

Urutan Mesin			
	Operasi		
<i>Job</i>	1	2	3
J ₁	m ₁	m ₂	m ₃
J ₂	m ₁	m ₃	m ₂
J ₃	m ₂	m ₁	m ₃

Kromosom [3 2 2 1 1 2 3 1 3]

Mesin ↓ ↓ ↓
 1 2 3

Kromosom [3 2 2 1 1 2 3 1 3]

Mesin ↓ ↓ ↓
 1 2 3

Kromosom [3 2 2 1 1 2 3 1 3]

Mesin ↓ ↓ ↓
 1 2 3

Gambar 2.6 Operasi dari *job* pada mesin

2.4.2.b Inisialisasi

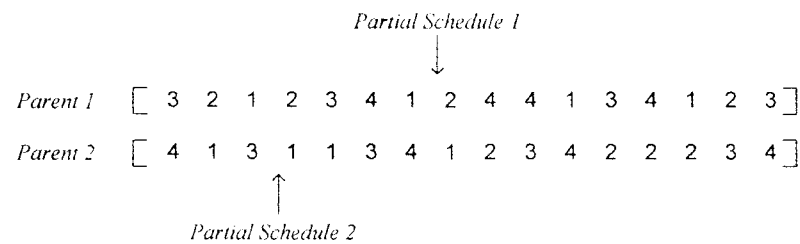
Inisialisasi dilakukan pada solusi awal yang terbentuk secara acak untuk mengetahui nilai *fitness* (pada permasalahan ini, nilai *fitness* adalah tingkat kepuasan fuzzy dari jadwal yang terbentuk) yang ada pada masing-masing kromosom dengan memperhatikan bahwa jumlah operasi sesuai dengan jumlah pekerjaan yang ada.

2.4.2.c Persilangan (*Crossover*)

Operator persilangan yang akan digunakan pada permasalahan menggunakan pendekatan Gen, Tsujimura dan Kubota. Operator ini sesuai dengan representasi

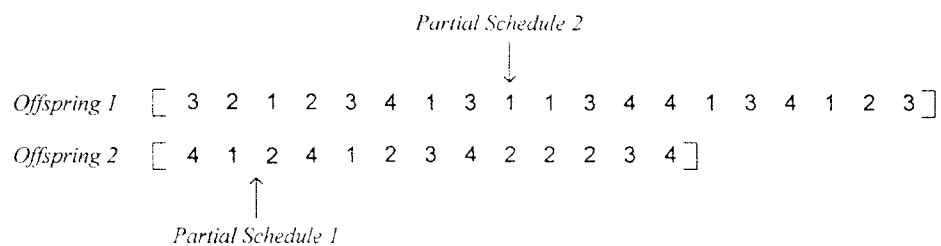
kromosom berdasarkan operasi yang dinamakan *partial schedule exchange crossover* (Gen dan Cheng, 1997).

Bagian dari kromosom yang akan disilangkan (*partial schedule*) pada setiap induk ditentukan dari pekerjaan yang sama pada *range* posisi yang pertama dan posisi selanjutnya yang terdekat.



Gambar 2.7 Pemilihan bagian kromosom yang akan disilangkan

Menyilangkan *partial schedule* seperti pada gambar 2.12 akan menyebabkan perbedaan jumlah kromosom anak (*offspring*) yang terbentuk, sehingga *offspring* yang dihasilkan bersifat *illegal*.

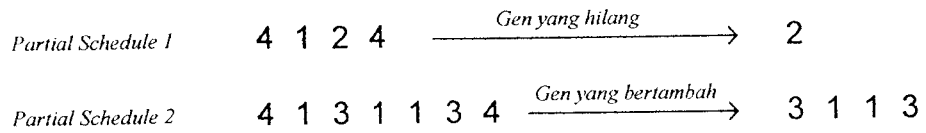


Gambar 2.8 *Partial schedule* yang telah di silangkan

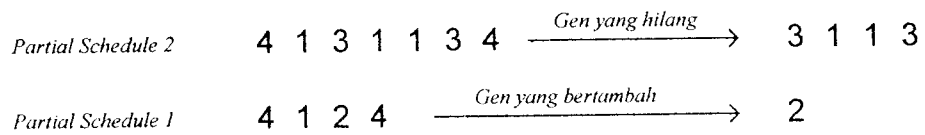
Langkah berikutnya adalah untuk melegalkan *offspring* yang dihasilkan, dilakukan penghapusan *gen* yang lebih dan melakukan penambahan *gen* yang

kurang. Untuk *offspring 1*, *gen* yang berlebih adalah operasi (3 1 1 3). *Offspring 1* menerima *partial schedule 2* dari *parent 2*.

Gen yang dihilangkan dan ditambahkan pada *offspring 1*



Gen yang dihilangkan dan ditambahkan pada *offspring 2*

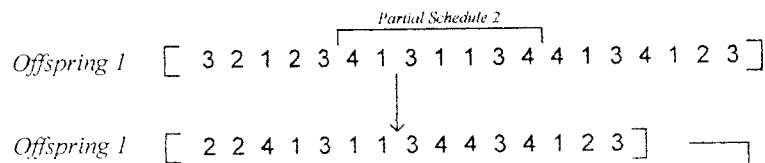


Gambar 2.9 *Gen* yang dihilangkan dan ditambahkan pada *offspring*

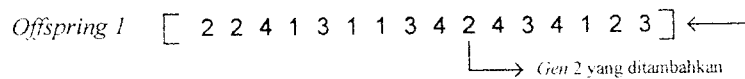
Karena *job 1* dan *job 3* pada *partial schedule 2* adalah pekerjaan pertama yang akan diproses, maka operasi sebelum *partial schedule 2* pada *offspring 1* harus dihapus untuk menjaga urutan pekerjaan pada *partial schedule 2* agar tetap sama dengan *parent 2*, untuk mewarisi sifat yang dimiliki induknya.

Gen yang dihilangkan dan ditambahkan pada *offspring 1*

1. Hilangkan *gen* 3 1 1 3 di luar *partial schedule* pada *offspring 1*



2. Tambahkan *gen 2* di luar *partial schedule* pada *offspring*



Gambar 2.10 Legalisasi *offspring 1*

Gen yang dihilangkan dan ditambahkan pada *offspring 2*

1. Hilangkan *gen 2* di luar *partial schedule* pada *offspring 2*

Offspring 2 [4 1 2 4 | 1 2 3 4 2 2 2 3 4]

Partial Schedule 1

Offspring 2 [4 1 2 4 1 3 4 2 2 2 3 4]

2. Tambahkan *gen 3 1 1 3* di luar *partial schedule* pada *offspring 2*

Offspring 1 [1 4 1 2 4 1 3 3 1 3 4 2 2 2 3 4]

→ *Gen 1 3 3 1* yang ditambahkan

Gambar 2.11 Legalisasi *offspring 2*

Untuk *offspring 1*, gen yang hilang adalah *job 2*. Karena tidak terdapat *job 2* pada *partial schedule 2*, kita dapat memasukkan *job 2* tersebut ke urutan mana saja, kecuali di dalam *partial schedule 2*, agar urutan *gen* tidak berubah.

Crossover ini dilakukan sesuai dengan probabilitas yang ditentukan, sehingga apabila $p_c = 0,25$ maka dilakukan prosedur sebagai berikut :

Langkah 1 : Bangkitkan bilangan *random* r sesuai dengan jumlah kromosom

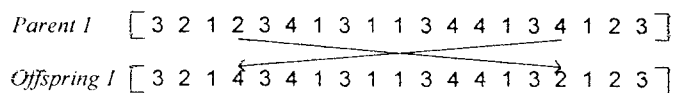
dengan *range* $[0, 1]$, dimana $k = 1, 2, \dots$, ukuran populasi

Langkah 2 : Jika $r_k < 0,25$ maka pilih sebagai induk untuk disilangkan

2.4.2.d Mutasi

Pada permasalahan ini, operator mutasi yang digunakan adalah *job-pair exchange mutation* yang diperkenalkan oleh Gen, Tsujimura dan Kubota. Mutasi ini dilakukan dengan cara memilih secara acak dua pekerjaan yang tidak sama dalam sebuah kromosom, dan dilakukan penukaran posisi *gen* tersebut. Pada

representasi yang berbasis operasi, penukaran *gen* yang berjarak terlalu dekat akan menghasilkan perubahan yang tidak signifikan pada solusi yang terbentuk. Oleh karena itu, semakin jauh jarak *gen* dalam kromosom yang ditukar, maka hasil yang diperoleh akan semakin baik (Gen dan Cheng, 1997)



Gambar 2.12 Mutasi

Mutasi ini dilakukan pada setiap *gen*, sesuai dengan probabilitas yang ditentukan, sehingga apabila $p_m = 0,01$ maka dilakukan prosedur sebagai berikut :

Langkah 1 : Bangkitkan bilangan *random* r sesuai dengan jumlah *gen* dengan *range* $[0, 1]$, dimana $k = 1, 2, \dots$, jumlah *gen*

Langkah 2 : Jika $r_k < 0,01$ maka pilih sebagai induk untuk mutasi

2.4.2.e Seleksi

Teknik seleksi dengan menggunakan *roulette wheel* berdasarkan nilai *fitness* yang diperoleh dari fungsi tujuan yang telah ditetapkan pada permasalahan ini.

Langkah-langkah untuk melakukan seleksi dengan menggunakan *roulette-wheel* adalah sebagai berikut (Gen dan Cheng, 1997):

1. Evaluasi nilai *fitness* yang ada pada tiap-tiap kromosom

$$\max_{1 \leq g \leq n} \left\{ \max_{1 \leq p \leq \text{pop_size}} \left(\frac{S_{AT}(gp) + S_{NT}(gp)}{2} \right) \right\},$$

$g = 1, 2, 3 \dots n$, $p = 1, 2, 3, \dots$, ukuran populasi

2. Hitung total *fitness* yang diperoleh dari semua kromosom

$$F_{TOT} = \sum_{k=1}^{\text{ukuran populasi}} F_k ; k = 1, 2, \dots, \text{ukuran populasi}$$

3. Hitung probabilitas seleksi p_k untuk setiap kromosom

$$p_k = \frac{F_k}{F_{TOT}} ; k = 1, 2, \dots, \text{ukuran populasi}$$

4. Hitung probabilitas kumulatif q_k untuk setiap kromosom

$$q_k = \sum_{j=1}^k p_j ; k \text{ dan } J = 1, 2, \dots, \text{ukuran populasi}$$

Setelah diperoleh hasil penghitungan untuk tiap-tiap poin, dilakukan prosedur berikut :

Langkah 1 : Bangkitkan bilangan *random* r dengan *range* $[0, 1]$

Langkah 2 : Jika $r \leq q_1$, kemudian pilih kromosom pertama ($k = 1$), selain itu, pilih kromosom ke - k dimana $(q_{k-1} \leq r \leq q_k)$.

2.4.2.f Strategi Elit (*Elitist Strategy*)

Strategi ini digunakan untuk memilih kromosom terbaik pada setiap generasi untuk tetap bertahan pada generasi berikutnya, sehingga solusi yang dihasilkan pada setiap generasi memiliki nilai yang cenderung naik.

2.4.3 PENENTUAN PARAMETER

Yang merupakan parameter di sini adalah parameter kontrol Algoritma Genetik, yaitu : ukuran populasi (*pop_size*), peluang *crossover* (p_c), dan peluang mutasi (p_m). Nilai parameter ini ditentukan juga berdasarkan permasalahan yang akan dipecahkan. Ada beberapa rekomendasi yang digunakan, antara lain (Kusumadewi, 2003) :

- Untuk permasalahan yang memiliki kawasan solusi cukup besar, De Jong merekomendasikan untuk nilai parameter kontrol :

$$(pop_size; p_c; p_m) = (50; 0.6; 0.001)$$

- Bila rata-rata *fitness* setiap generasi digunakan sebagai indikator, maka Grefenstette merekomendasikan :

$$(pop_size; p_c; p_m) = (30; 0.95; 0.01)$$

- Bila *fitness* dari individu terbaik dipantau pada setiap generasi, maka usulannya adalah :

$$(pop_size; p_c; p_m) = (80; 0.45; 0.01)$$

Ukuran populasi sebaiknya tidak lebih kecil dari 30 untuk sembarang jenis permasalahan.

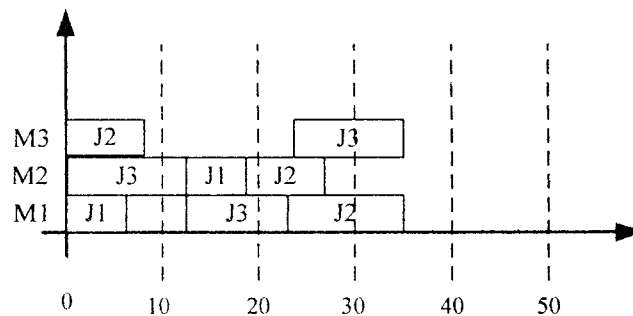
2.4.4 PENJADWALAN DINAMIS

Proses penjadwalan ulang dilakukan dengan memperhitungkan populasi akhir pada periode sebelumnya dengan mempertimbangkan bahwa dengan mengubah beberapa bagian dari kromosom yang mewakili material yang belum

diproses pada saat masuknya *job* baru, maka solusi optimal hasil pencarian awal masih tetap terjaga karena hanya sedikit bagian dari hasil optimal atau sub optimal yang berubah.

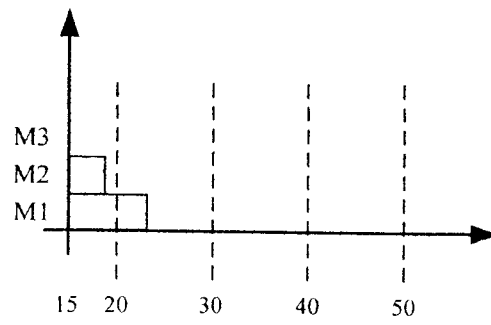
Alasan lainnya adalah sangat tidak efektif apabila dilakukan pembuatan jadwal ulang secara keseluruhan, karena pada saat masuknya *job* baru tersebut terdapat material yang sudah atau sedang di proses, sehingga akan mengakibatkan proses produksi akan terganggu secara keseluruhan.

Untuk lebih jelasnya mengenai *rescheduling* ini, dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.13 Kondisi jadwal awal

Dari kondisi pada jadwal awal, apabila terbdapat *job* masuk pada $t = 15$, maka waktu mulai *job* untuk setiap mesin adalah sebagai berikut :



Gambar 2.14 Kondisi awal setelah terjadi kejadian dinamis

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 TEMPAT DAN OBYEK PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PT. Hart.Co Kabupaten Kendal yang merupakan salah satu industri yang bergerak di bidang *furniture*. Alasan pemilihan lokasi penelitian adalah :

1. Pada perusahaan *furniture*, kegiatan seperti pemotongan, pengukuran, dan lainnya banyak dilakukan oleh manusia yang berarti pekerjaan ini memiliki waktu proses yang tidak menentu, tergantung dari kondisi operator yang mengerjakan proses tersebut.
2. Perusahaan *furniture* memiliki variasi produk yang tinggi, sehingga tipe aliran prosesnya adalah *job shop*.
3. Perusahaan yang melakukan kegiatan ekspor, biasanya hanya akan memproduksi jika mendapatkan pesanan, sehingga waktu penyerahan produk (*due date*) mempunyai peranan penting untuk menjaga loyalitas konsumen.

3.2 KERANGKA PEMECAHAN MASALAH

Menganalisa data-data yang digunakan oleh perusahaan untuk membuat penjadwalan produksi dan kemudian mengolah kembali data-data tersebut

dengan menggunakan *tools* dari *Artificial Intelligence* untuk mengakomodasi ketidaktepatan waktu proses yang terjadi.

3.3 SUMBER DATA

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder

3.3.1 Data Primer

Data primer adalah data pokok yang dibutuhkan dalam penelitian, data yang diambil bersifat khusus dan digunakan untuk penelitian yang diperoleh dengan cara wawancara dan pengamatan langsung ke sistem nyata sebagai dasar untuk membentuk sistem penjadwalan mesin pada perusahaan.

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang dibutuhkan dalam penelitian yang berasal dari data yang sudah ada sebelumnya. Data sekunder ini berupa data umum perusahaan (struktur organisasi, sumber daya perusahaan, spesifikasi mesin, jenis produk).

3.4 METODE PENGUMPULAN DATA

Pengumpulan data dimaksudkan untuk memperoleh data primer dan data sekunder. Agar diperoleh data-data yang dapat diuji kebenarannya, relevan, dan lengkap, maka metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

3.4.1 Metode Riset Lapangan

Adalah salah satu langkah untuk mendapatkan data dengan penelitian langsung ke obyek yang diteliti dengan menggunakan cara sebagai berikut :

1. Wawancara (*interview*)
2. Pengamatan secara langsung
3. Pengukuran secara langsung dengan menggunakan *stop watch*

Selain itu, ada pula pengambilan data-data yang diperlukan untuk membentuk sebuah jadwal produksi, antara lain adalah :

- Data produk yang diproduksi perusahaan
- Data rencana penjadwalan produksi
- Data penerimaan *order* dan *due date* dari *order* yang diterima
- Data mesin yang ada pada departemen komponen dasar
- Data *Bill of Material* produk
- Jadwal produksi pada perusahaan
- Jumlah jam kerja perusahaan
- Peta proses operasi
- Produk yang akan diproses
- Proses produksi perusahaan
- Spesifikasi mesin
- Spesifikasi produk
- Waktu proses *part* pada mesin

3.4.2 Studi Pustaka

Mencari data dan informasi dari literatur yang menunjang keberhasilan penelitian. Literatur yang digunakan berupa buku-buku, peta-peta kerja, dokumen umum perusahaan yang relevan dengan topik penelitian.

3.5 METODE ANALISA DAN PENGOLAHAN DATA

Dari data-data yang berhubungan dengan penjadwalan produksi yang diperoleh dari perusahaan, dilakukan pengindentifikasian untuk mengetahui komponen apa saja yang pengerjaannya memiliki alur proses yang sama berdasarkan data bedah komponennya (*Bill of Material*), sehingga nantinya kromosom pada Algoritma Genetik yang terbentuk tidak terlalu panjang. Setelah mesin dikelompokkan, dibentuk peta proses operasi (OPC) untuk menjelaskan aliran material yang akan diproses.

Proses menentukan batas atas dan batas bawah *completion time* -yang dimodelkan dengan himpunan fuzzy segitiga- dan *due date* -yang dimodelkan dengan himpunan fuzzy trapesium- dilakukan untuk membentuk sebuah batasan *completion time* dan *due date* yang fleksibel. Untuk menentukan batasan-batasan tersebut, dilakukan pembuatan model dilakukan dengan menggunakan 15 data penelitian yang telah diperoleh dengan menggunakan data waktu proses minimum untuk menentukan batas bawah *completion time* (p_j^1), rata-rata waktu proses untuk menentukan *completion time* aktual (p_j^2) dan waktu proses maksimum untuk menentukan batas atas *completion time* (p_j^3). *Due date* (d_j^1) aktual diperoleh dari

data *order* yang diterima oleh perusahaan, dan *due date* toleransi (d_j^2) diperoleh dari prosentase toleransi yang diberikan pada *due date* aktual.

Setelah model *completion time* dan *due date* terbentuk, dilakukan pencarian solusi menggunakan algoritma genetik sesuai dengan parameter genetik yang sesuai dengan karakter pencarian. Proses pencarian dilakukan untuk mencari *completion time* untuk setiap *job* berdasarkan urutan *gen* yang dihasilkan pada setiap kromosom dalam algoritma genetik. Setelah *completion time* (aktual dan toleransi) dari sebuah *job* diketahui, kemudian, pada tahap inisialisasi, dicari tingkat kepuasan (SG) dari *completion time* pada kromosom dengan *due date* yang dimilikinya. Dari nilai SG yang dimiliki oleh *completion time* setiap *job* pada kromosom, kemudian ditentukan apakah *job* tersebut terlambat atau tidak dengan menggunakan parameter λ .

Tingkat kepuasan dari masing-masing fungsi tujuan dapat diketahui pada tahap ini, rata-rata dari *completion time* dari *job* mengindikasikan tingkat kepuasan dari rata-rata pekerjaan yang terlambat, dan jumlah pekerjaan yang terlambat dapat mengindikasikan tingkat kepuasan dari jumlah pekerjaan yang terlambat dengan membandingkan jumlah pekerjaan yang terlambat dengan nilai n . Tingkat kepuasan dari jadwal yang terbentuk diperoleh dari mengambil nilai rata-rata dari masing-masing tujuan penjadwalan.

Dari semua kromosom pada algoritma genetik, kromosom yang memiliki nilai *fitness* tertinggi secara otomatis akan diikuti pada generasi selanjutnya

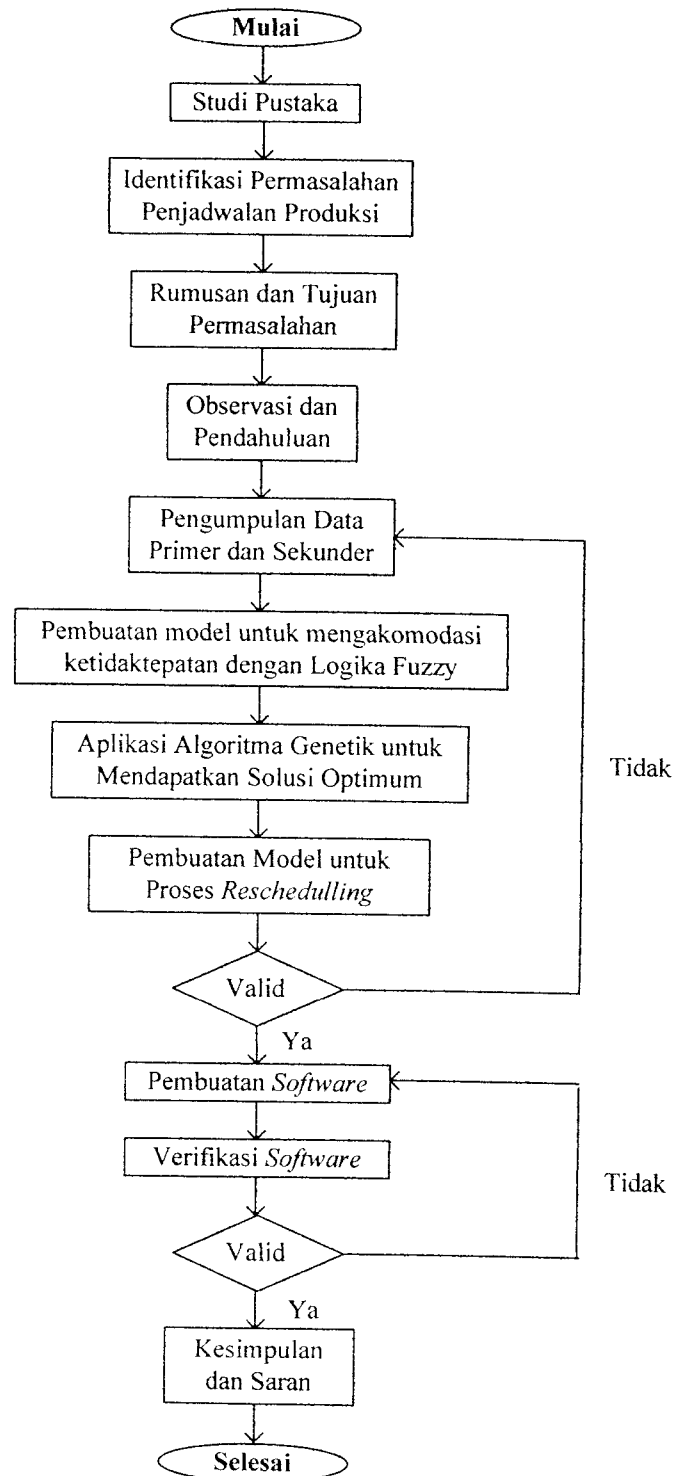
(strategi elit), sedangkan kromosom lainnya diseleksi terlebih dahulu dengan menggunakan *roulette wheel selection*.

Pencarian solusi pada algoritma genetik menghasilkan banyak generasi. Dari generasi tersebut, dipilih kromosom dengan nilai *fitness* yang tertinggi untuk di *decode*-kan ke dalam *ganttt chart* sesuai dengan batasan *precedence* yang telah ditentukan dan jam kerja yang dimiliki oleh perusahaan.

Kegiatan penjadwalan kembali atau *rescheduling* akan dilakukan apabila terdapat *job* baru yang masuk dengan nilai keuntungan lebih besar, tetapi dengan waktu yang lebih sedikit atau bila terjadi *breakdown* mesin. *Rescheduling* ini dilakukan dengan cara melakukan seleksi kembali dengan algoritma genetik. Namun, kromosom yang akan diproses adalah kromosom yang mewakili material yang belum diproduksi pada waktu masuknya *job* baru tersebut.

Proses pencarian solusi dengan menggunakan algoritma genetik membutuhkan waktu yang panjang dan penghitungan yang banyak. Untuk memudahkan proses penghitungan, dibentuk sebuah *software* dengan menggunakan Visual Basic for Application pada Microsoft Excel 2007.

3.6 DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 PENGUMPULAN DATA

Setelah dilakukan pengamatan secara langsung pada departemen komponen dasar PT.Hart.Co, diperoleh data-data dari perusahaan yang digunakan untuk membentuk sebuah sistem penjadwalan yang akan diuraikan pada sub-bab berikut ini.

4.1.1 GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

PT. Hart.Co adalah sebuah perusahaan yang berdiri sejak tahun 1983 dengan nama PT. Hendra Karya Sarana Engineering and Trading Company yang bergerak dalam bidang industri *furniture* atau *meubeler* dengan menjalin kerjasama dengan pengrajin-pengrajin dari Jepara untuk membuat produknya dan menjual produknya di dalam negeri.

Kegiatan ekspor pertama PT. Hart.Co diawali pada tahun 1990 dengan menerima pesanan produk dari Inggris dalam bentuk *unfinished* material dan *knock down furniture*. Karena keberhasilan dari ekspor tersebut, pasar dalam negeri mulai ditinggalkan dan mulai tahun 1991, PT. Hart.Co mulai mengekspor produk *compeletely finished*. Dari tahun 1993 sampai dengan saat ini, PT. Hart.Co mengekspor produk hasil pemesanan dari Australia, Belanda dan Inggris.

Seiring dengan perkembangan usaha pada PT. Hart.Co, mereka memilih untuk memproduksi sendiri tanpa bekerja sama dengan pengrajin Jepara dengan beberapa pertimbangan, yaitu :

1. Produk yang dihasilkan PT. Hart.Co berdasarkan dari spesifikasi yang ditentukan oleh Konsumen.
2. Konsumen tidak menginginkan produknya ditiru oleh pengrajin lain dan dijual ke pembeli yang lain.

PT.Hart.Co memilih lokasi baru di daerah Srendeng, Desa Curug Sewu, Kecamatan Patean, Kabupaten Kendal dengan pertimbangan pemerataan kesempatan kerja di daerah.

4.1.2 PROSES DAN MESIN PRODUKSI PERUSAHAAN

PT. Hart.Co adalah perusahaan yang memproduksi produk sesuai dengan spesifikasi dan permintaan konsumen dan memiliki tipe aliran proses produksi *job shop*. Karena setiap produk tidak memiliki alur proses yang sama dalam pengolahannya.

Setiap bahan baku yang akan diolah di PT. Hart.Co melalui proses produksi yang berada pada departemen komponen dasar untuk melakukan proses awal dalam proses pengolahan menjadi sebuah produk.

Pengolahan komponen dasar ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu komponen dasar rangka dan komponen dasar sambung. Komponen dasar rangka ini berfungsi untuk membuat komponen yang digunakan untuk pembuatan rangka, sedangkan

komponen dasar sambung berfungsi untuk membentuk komponen yang memiliki dimensi lebih besar dari dimensi kayu yang digunakan sebagai bahan baku. Proses produksi yang dilakukan dan mesin atau fasilitas yang digunakan pada departemen komponen dasar adalah sebagai berikut :

- Pengukuran atau sipatan dengan menggunakan alat penggaris dan pensil tebal.
- Pemotongan atau pembelahan bahan dengan menggunakan mesin *chain saw*.
- Menghaluskan salah satu sisi lebar (sisi kiri atau kanan) dengan menggunakan *jointer* satu sisi mesin-1
- Membuat ukuran bahan yang akan di proses sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan pada *Bill of Material* produk ditambah dengan toleransi untuk mengakomodasi penghalusan bahan dengan menggunakan mesin *circle stopper*
- Menghaluskan salah satu sisi tebal (sisi atas atau bawah) dengan menggunakan *jointer* satu sisi mesin-2
- Menentukan ukuran jadi komponen sebuah produk dengan menggunakan mesin *planner*
- Mengumpulkan barang-barang yang sudah selesai mengalami proses pembahanan untuk di transaksikan ke bagian komponen utama yang dilakukan oleh bagian *collector*

Di bagian lainnya dilakukan proses untuk mengolah bahan baku yang akan digunakan sebagai komponen sambung untuk produk yang membutuhkan dimensi yang lebih lebar dari dimensi bahan. Proses yang dilakukan pada bagian sambung adalah sebagai berikut :

- Mengumpulkan bahan dari *stock* kasar yang ada di gudang dengan alat bantu berupa *trolly* atau kereta dorong.
- Membuat lembaran ukuran jadi sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan dari bahan kasar dengan menggunakan mesin *circle stopper*
- Menghaluskan bahan hasil pemotongan sebelumnya pada bagian atas dan bawah dengan menggunakan mesin *planner*
- Pemotongan bahan berdasarkan ukuran yang terdapat pada data bedah komponen dengan mesin *cross cut*
- Menyeting sambungan untuk menyesuaikan motif kayu agar nantinya sambungan yang terjadi menjadi seolah olah tidak terlihat. Kegiatan ini dilakukan pada bagian *collector* sambung

Untuk lebih jelasnya mengenai diagram alir proses produksi perusahaan pada departemen komponen dasar, dapat dilihat pada lampiran I.

4.1.3 JAM KERJA PERUSAHAAN

Jumlah jam kerja dalam satu hari pada hari Senin sampai dengan Kamis PT.Hart.Co adalah 8 jam, sedangkan untuk hari Jumat 7 jam, dan hari Sabtu adalah 6 jam.

Karyawan mulai bekerja pada jam 8.00 pagi, istirahat 1 jam dari jam 12.00 sampai dengan jam 13.00 kemudian bekerja lagi sampai dengan pukul 16.00 untuk hari Senin sampai Kamis, dan pukul 15.00 untuk hari Sabtu, sedangkan pada hari Jumat, karyawan bekerja mulai pukul 08.00, istirahat 1,5 jam dari jam 11.30 sampai dengan jam 13.00, kemudian bekerja lagi mulai jam 13.00 sampai dengan jam 15.30. Dalam seminggu, perusahaan beroperasi sebanyak 6 kali.

4.1.4 DATA PRODUK YANG AKAN DI PRODUKSI DAN *DUE DATE* PRODUK

Data produk yang akan diproduksi pada bulan Februari 2006 secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2. Dari data tersebut, dapat diketahui bahwa perusahaan menetapkan *due date* pada setiap departemen.

Dari data *order*, diambil data dari 3 jenis produk dan *due date* pada departemen komponen dasar, yang terlebih dahulu dilakukan penyederhanaan data yang diuraikan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data *order* masuk dan *due date* produk MT.40.B, MB.17.7.A dan MC.40.A.1 yang akan diproduksi bulan Februari 2006

No	Tanggal Terima (2006)	Kode	Nama Barang	Qty (unit)	Due Date (Jam)
					KD
1	Feb 5	MB.17.7.A	OBC A&D 100x41x221	1	16
2	Feb 7	MT.40.B	Wand Table 142.5x30x105	1	13
3	R 60	MC.40.A.1	Arm Chair Back x10 Cushion	3	37
4	R 60	MB.17.7.A	OBC A&D 110x41x221	2	43
5	R 60	MB.17.7.A	OBC A&D 110x41x221 & Sliding Shell	4	80
6	R 60	MB.17.7.A	OBC A&D 100x41x221 & Sliding Shell	5	75

Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa perusahaan juga memproduksi untuk *stock* yang ditandai dengan kode R 60 pada kolom tanggal terima pada tabel di atas. *Stock* tersebut telah direncanakan untuk diproduksi pada bulan ini, sehingga harus dimasukkan dalam urutan produk yang akan dijadwalkan.

Selain *order* yang tertera pada tabel 4.1, terdapat data *order* yang masuk pada tanggal 14 Februari. *Order* yang masuk pada tanggal 14 Februari diasumsikan diterima pada saat jadwal produksi sudah terbentuk. Data *order* tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Data produk dari *order* yang masuk pada tanggal 14 Februari

No	Tanggal Terima (2006)	Kode	Nama Barang	Qty (unit)	Due Date (Jam)
					KD
1	Feb 14	MT.40.B	Wand Table 142.5x30x105	3	20
2	Feb 14	MC.40.A.1	Arm Chair Back x10 Cushion	2	28

4.1.5 BILL OF MATERIAL (BOM) PRODUK

Dari data produk yang terkumpul, kemudian dilakukan pemecahan komponen berdasarkan data bedah material (lampiran 3, 4, dan 5) pada data produk yang akan diolah, yaitu produk dengan kode MB.17.7.A, MT.40.B, MC.40.A.1, kemudian dibentuk BOM untuk tiap-tiap produknya. BOM ini dapat dilihat pada lampiran 6, 7, dan 8.

4.1.6 METODE PENYUSUNAN JADWAL PRODUKSI

Metode penyusunan jadwal produksi pada PT.Hart.Co masih menggunakan model *First Come First Serve* dan bentuk jadwal yang dihasilkan tidak berbentuk

Gantt Chart seperti jadwal produksi pada umumnya. Jadwal hanya berupa tabel biasa yang berisi tanggal *order* masuk, nama dan spesifikasi produk, dan perkiraan waktu selesai proses pada setiap departemen. Data ini terdapat pada lampiran 9.

4.1.7 SPESIFIKASI PRODUK

Berikut ini spesifikasi untuk masing-masing produk yang akan diolah, untuk mendukung pembuatan BOM produk.

4.1.7.a Produk MB.17.7.A

Produk ini berupa almari dengan sebuah laci pada satu bagian pada bagian tengah dan list pada bagian pintu dan lacinya.

4.1.7.b Produk MT.40.B

Produk ini merupakan produk meja dengan sebuah laci dengan variasi *list* pada bagian tepianya.

4.1.7.c Produk MC.40.A.1

Produk ini adalah produk kursi dengan ukiran pada bagian tangannya.

4.1.8 WAKTU PROSES KOMPONEN PADA MESIN

Berdasarkan BOM yang telah terbentuk, dapat diketahui bahwa setiap produk memiliki 3 buah komponen utama yaitu komponen rangka, komponen sambung, dan komponen lepas. Dari ketiga komponen ini urutan proses produksi yang dilakukan berbeda, namun masih dalam lingkup komponen sambung dan komponen rangka. Untuk komponen sambung dan komponen rangka, alur proses

sesuai dengan alur proses sambung dan rangka, sedangkan untuk komponen lepas, alur prosesnya ada yang mengikuti komponen sambung atau komponen rangka.

Oleh karena itu, dilakukan pengelompokan *job* berdasarkan kelompok komponennya untuk diproses pada alur mesin yang sesuai. Pengelompokan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :

Tabel 4.3 Pengelompokan komponen berdasarkan mesin yang akan digunakan

Kode Produk	Jenis Komponen	Nama Part
MB.17.7.A	Komponen Sambung	Mahkota
		Blok atas
		Shelve
		Pintu
		Rak
		Blok bawah
		Panel samping
		Blok belakang atas
		Blok belakang bawah
		Mahkota bagian <i>list</i>
		Klos KD atas
		Klos bottom A dan B
		List body depan
		List body samping
	Komponen Rangka	Mahkota ambang depan
		Mahkota ambang samping
		Mahkota ambang belakang
		Tiang depan
		Pintu 1 bagian depan
		Pintu 1 bagian ambang
		Ambang depan bawah
		Ambang depan atas
		Pintu 2 bagian tiang
		Pintu 2 bagian ambang
		Shelve bagian depan
		Shelve bagian <i>frame</i>
		Tiang samping depan
		Tiang samping belakang
		Ambang samping tengah
		Ambang samping atas/bawah
Ambang belakang atas/tengah		

		Blok belakang bag. tiang tepi
		Blok blkg bag. tiang tepi
		Blok belakang bag. Ambang
		Ambang sepatu depan
		Ambang sepatu samping
		Ambang sepatu belakang
		Sepatu belakang
		Sepatu depan
		Sikon
		Dudukan tiang rak
		Ambang dudukan rak
		Rel shelve A dan B
		Klos sepatu depan
		Klos sepatu belakang
MT.40.B	Komponen Sambung	Rak
		Laci bagian bawah
		Laci bagian <i>list</i>
	Komponen Rangka	Rangka
		Tiang
		Ambang atas
		Ambang bawah laci
		<i>List</i> tempel ambang atas laci
		Blok samping
		<i>List</i> blok samping
		Laci bagian depan
		Laci bagian samping
		Sepatu kaki
		Rel laci A dan B
MC.40.A.1	Komponen Rangka	Kaki depan
		Kaki belakang
		Ambang depan
		Ambang belakang
		Ambang samping
		Sandaran atas
		Sandaran bawah
		Ambang bawah sandaran
		Rangka depan
		Rangka samping
		Rangka belakang
		Sikon
		Sikon kaki
Ambang bawah H		

Setelah dilakukan pengelompokan komponen, dilakukan pengukuran waktu proses dengan menggunakan *stopwatch*. Data dari hasil pengukuran adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4 Data pengukuran waktu proses dengan menggunakan *stopwatch* untuk setiap produk pada komponen rangka

DEPARTEMEN KOMPONEN DASAR															
UKUR	Data waktu proses (menit)														
Produk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MB.17.7.A	120	118	116	119	124	110	116	115	122	120	122	109	111	123	109
MT.40.B	64	67	59	60	60	60	63	56	65	56	59	63	63	63	63
MC.40.A.1	83	83	85	83	84	81	83	80	86	81	85	84	80	81	80
POTONG	Data waktu proses (menit)														
Produk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MB.17.7.A	225	220	220	219	230	233	230	230	224	231	223	228	229	221	220
MT.40.B	114	120	115	118	121	110	120	117	116	117	112	108	120	115	118
MC.40.A.1	196	195	195	197	188	196	200	184	190	192	189	185	189	190	184
JOINT A	Data waktu proses (menit)														
Produk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MB.17.7.A	119	129	126	119	109	124	119	124	126	108	108	128	129	131	127
MT.40.B	51	50	58	55	56	50	56	55	54	58	53	53	58	51	49
MC.40.A.1	94	95	95	94	93	90	88	95	88	95	96	94	93	91	90
CIRCLE	Data waktu proses (menit)														
Produk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MB.17.7.A	148	151	146	152	150	147	146	147	143	140	143	139	151	150	152
MT.40.B	77	72	70	71	75	73	81	75	76	79	71	69	71	70	70
MC.40.A.1	99	98	106	94	92	97	97	105	106	92	93	99	99	97	97
JOINT B	Data waktu proses (menit)														
Produk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MB.17.7.A	125	125	125	118	124	123	123	123	123	124	125	114	127	130	124
MT.40.B	44	51	43	48	48	49	42	40	55	45	51	50	50	50	51
MC.40.A.1	84	84	85	86	81	84	86	82	79	77	86	79	84	82	81
PLANN	Data waktu proses (menit)														
Produk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MB.17.7.A	111	110	111	115	118	113	112	114	109	109	107	116	117	114	118
MT.40.B	66	66	64	64	64	65	66	61	62	66	63	67	65	70	71
MC.40.A.1	90	91	89	89	90	92	93	94	92	87	87	90	95	94	90
COLL	Data waktu proses (menit)														
Produk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MB.17.7.A	56	51	54	52	57	55	55	53	48	47	48	52	53	54	55
MT.40.B	35	32	33	34	34	35	35	35	36	38	32	31	36	35	35
MC.40.A.1	44	51	41	46	46	47	48	50	41	40	42	42	45	46	44

Tabel 4.5 Data pengukuran waktu proses dengan menggunakan *stopwatch* untuk setiap produk pada komponen sambung

DEPARTEMEN KOMPONEN DASAR															
STOCK	Data waktu proses (menit)														
Produk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MB.17.7.A	56	51	54	56	56	55	54	57	52	53	52	52	52	53	53
MT.40.B	32	35	32	32	31	35	36	34	31	31	33	33	32	31	35
CIRCLE	Data waktu proses (menit)														
Produk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MB.17.7.A	105	116	109	114	114	118	108	121	118	102	105	105	114	114	116
MT.40.B	88	91	88	87	90	90	84	86	91	92	85	88	87	87	84
PLANN	Data waktu proses (menit)														
Produk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MB.17.7.A	56	59	52	55	55	55	55	54	55	51	52	51	50	58	54
MT.40.B	24	28	21	27	25	25	26	24	25	22	28	28	21	25	25
CROSS	Data waktu proses (menit)														
Produk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MB.17.7.A	40	39	34	41	42	38	38	41	46	35	38	40	39	41	35
MT.40.B	18	21	18	18	16	19	19	18	19	21	20	20	18	24	19
COLL	Data waktu proses (menit)														
Produk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MB.17.7.A	67	60	65	65	67	61	68	63	69	71	68	62	74	64	64
MT.40.B	55	54	54	54	55	56	58	51	59	51	50	61	54	58	58

4.1.9 PETA PROSES OPERASI

Peta proses operasi disusun untuk mengetahui aliran material pada tiap-tiap komponen setelah dikelompokkan. Pengelompokan material ditentukan seperti di bawah ini :

- Material 1 : Komponen sambung pada produk dengan kode MB.17.7.A (1)
- Material 2 : Komponen sambung pada produk dengan kode MB.17.7.A (4)
- Material 3 : Komponen sambung pada produk dengan kode MB.17.7.A (5)
- Material 4 : Komponen sambung pada produk dengan kode MB.17.7.A (6)
- Material 5 : Komponen sambung pada produk dengan kode MT.40.B

- Material 6 : Komponen rangka pada produk dengan kode MB.17.7.A(1)
- Material 7 : Komponen rangka pada produk dengan kode MB.17.7.A(4)
- Material 8 : Komponen rangka pada produk dengan kode MB.17.7.A(5)
- Material 9 : Komponen rangka pada produk dengan kode MB.17.7.A(6)
- Material 10 : Komponen rangka pada produk dengan kode MT.40.B
- Material 11 : Komponen rangka pada produk dengan kode MC.40.A.1

Secara lengkap, peta proses operasi ini dapat dilihat pada lampiran 10 dengan keterangan sebagai berikut :

M-1	: Pengukuran/sipatan	M-6	: <i>Jointer-B</i>
M-2	: Potong/belah	M-7	: <i>Planner</i>
M-3	: <i>Jointer-A</i>	M-8	: <i>Cross Cut</i>
M-4	: Pengumpulan <i>stock</i> kasar	M-9	: <i>Collector</i>
M-5	: <i>Circle Stopper</i>		

4.2 PENGOLAHAN DATA

Setelah semua data terkumpul, dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan jadwal produksi yang sesuai dengan fungsi tujuan yang telah ditetapkan, yang akan diuraikan pada pembahasan berikut ini :

4.2.1 PEMBUATAN MODEL *COMPLETION TIME* DAN *DUE DATE*

Untuk mengakomodasi ketidaktepatan dan ketidakpastian waktu proses, *completion time* dan *due date* untuk setiap produk dipresentasikan dalam himpunan fuzzy.

4.2.1.a MODEL FUZZY COMPLETION TIME

Waktu selesai proses dari sebuah produk secara sederhana dapat diketahui dengan cara menjumlahkan waktu proses yang dibutuhkan pada setiap mesin untuk mengolah produk tersebut.

Untuk menghindari terjadinya kesalahan penghitungan apabila toleransi ini akan diterapkan pada penghitungan selanjutnya, atau pada saat asumsi bahwa semua mesin tersedia sudah tidak berlaku, dibentuk sebuah model untuk menghitung nilai *completion time*. Berikut ini akan diberikan pembuatan contoh model untuk menentukan p_j^1 dan p_j^3 pada produk MB.17.7.A komponen rangka :

$$\begin{aligned} p_j^1 &= \sum_{p=1}^7 x_p \quad ; p \in \text{Min (Mesin } p; \text{ MB.17.7.A)}_N, \text{ dimana } N = 1, 2, 3, \dots, 15 \\ &= 109 + 219 + 108 + 139 + 114 + 107 + 47 \end{aligned}$$

$$p_j^1 = 843 \text{ Menit/Unit} = 14,05 \text{ Jam/Unit}$$

$$\begin{aligned} p_j^2 &= \sum_{p=1}^7 x_p \quad ; p \in \text{Average (Mesin } p; \text{ MB.17.7.A)}_N, \text{ dimana } N = 1, \dots, 15 \\ &= 116,93 + 225,53 + 121,73 + 147 + 123,53 + 112,93 + 52,67 \end{aligned}$$

$$p_j^2 = 900,33 \text{ Menit/Unit} = 15,01 \text{ Jam/Unit}$$

$$\begin{aligned} p_j^3 &= \sum_{p=1}^7 x_p \quad ; p \in \text{Max (Mesin } p; \text{ MB.17.7.A)}_N, \text{ dimana } N = 1, 2, 3, \dots, 15 \\ &= 124 + 233 + 131 + 152 + 130 + 118 + 57 \end{aligned}$$

$$p_j^3 = 945 \text{ Menit/Unit} = 15,75 \text{ Jam/Unit}$$

Dari penghitungan waktu proses tersebut, apabila diterapkan pada himpunan fuzzy *completion time* dengan fungsi keanggotaan segitiga, dapat diketahui bahwa p_j^2 atau *completion time* aktual memiliki nilai keanggotaan fuzzy 1, sementara p_j^1 atau batas bawah toleransi *completion time* dan p_j^3 atau batas atas *completion time* memiliki nilai 0.

Kemudian dilakukan penentuan prosentase toleransi *completion time* untuk menghitung prosentase toleransi batas bawah *completion time* atau p_j^1 dan prosentase toleransi batas atas *completion time* atau p_j^3 dengan parameter *completion time* aktual atau p_j^2 untuk produk MB.17.7.A sebagai berikut :

$$\text{Prosentase } p_j^1 = 1 - \frac{14,05}{15,01} = 0,06 = 6 \%$$

$$\text{Prosentase } p_j^3 = \frac{15,75}{15,01} - 1 = 0,05 = 5 \%$$

Sehingga batasan toleransi yang diberikan untuk produk MB.17.7.A untuk waktu selesai proses sebelum *completion time* aktual (C_T) adalah $C_T - (6\% \times C_T$ atau $p_j^1 \times n)$, dan batasan toleransi yang diberikan untuk produk MB.17.7.A untuk waktu selesai proses sesudah *completion time* aktual $C_T = C_T + (5\% \times C_T$ atau $p_j^3 \times n)$, dimana n adalah jumlah *job* yang akan diproduksi. Asumsi mengalikan toleransi dengan jumlah produk yang akan diproduksi karena tidak mungkin memberikan satu toleransi kepada, misalnya, tiga jenis produk karena penentuan toleransi dilakukan untuk satu jenis produk. Untuk produk lain, data fuzzy *completion time* dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Model Fuzzy *Completion Time* untuk komponen rangka dan komponen sambung

Komponen Rangka			
Kode Produk	p_j^1	p_j^2	p_j^3
MB.17.7.A	$C_T - (6\% \times C_{T1} \times n)$	C_{T1}	$C_T + (5\% \times C_{T1} \times n)$
MB.40.B	$C_T - (8\% \times C_{T1} \times n)$	C_{T1}	$C_T + (9\% \times C_{T1} \times n)$
MC.40.A.1	$C_T - (5\% \times C_{T1} \times n)$	C_{T1}	$C_T + (5\% \times C_{T1} \times n)$
Komponen Sambung			
Kode Produk	p_j^1	p_j^2	p_j^3
MB.17.7.A	$C_T - (9\% \times C_{T2} \times n)$	C_{T2}	$C_{T2} + (10\% \times C_{T2} \times n)$
MB.40.B	$C_T - (8\% \times C_{T2} \times n)$	C_{T2}	$C_{T2} + (10\% \times C_{T2} \times n)$

4.2.1.b MODEL FUZZY *DUE DATE*

Nilai *due date* tidak dapat di modelkan seperti pada memodelkan *completion time*, karena nilai *due date*, baik toleransi maupun aktual, harus ditentukan di awal sebelum jadwal terbentuk. Apabila toleransi *due date* ditentukan di akhir, dikhawatirkan tidak ada pekerjaan yang terlambat karena *due date* toleransi selalu menyesuaikan *completion time* yang terjadi dengan tidak memperhatikan *due date* aktual yang telah ditentukan.

Dalam permasalahan ini, asumsi besarnya toleransi *due date* yang diberikan untuk produk MB.17.7.A (1) yang akan diproses adalah sebesar 15 % dari *due date* aktual, dan asumsi toleransi *due date* untuk produk lain dapat dilihat pada tabel 4.7. Besarnya prosentase tersebut dapat berubah. Setiap produk dapat memiliki nilai toleransi yang sama secara keseluruhan, ataupun berbeda beda untuk setiap produknya sesuai dengan keinginan perusahaan. Berikut ini diberikan nilai *due date* beserta asumsi toleransi *due date* yang digunakan untuk melakukan

penghitungan selanjutnya. Penghitungan untuk menentukan *due date* aktual dan *due date* toleransi untuk produk MB.17.7.A akan disajikan sebagai contoh.

Due date aktual (d_j^1) : 16 jam setelah *order* diterima

Toleransi yang diberikan : 15 % dari *due date* aktual

Due date toleransi (d_j^2) : $16 + (16 \times 0,15) = 18,4$ Jam

Tabel 4.7 Nilai *due date* aktual dan toleransi *due date* untuk setiap produk

No.	Kode Produk	d_j^1 (jam)	Toleransi	d_j^2 (jam)
1	MD.17.7.A	16	0,15	18,4
2	MT.40.B	13	0,15	14,95
3	MC.40.A.1	37	0,05	38,85
4	MD.17.7.A	43	0,08	46,44
5	MD.17.7.A	80	0,05	84
6	MD.17.7.A	75	0,10	82,5

4.2.2 APLIKASI ALGORITMA GENETIK UNTUK MENDAPATKAN SOLUSI JADWAL OPTIMUM

Sebelum menerapkan algoritma genetik untuk mencari jadwal optimum, terlebih dahulu, tentukan parameter yang akan digunakan. Pada permasalahan ini, parameternya adalah :

Ukuran populasi = 30

Probabilitas *crossover* = 0.25

Probabilitas Mutasi = 0.01

Panjang kromosom = $m \times n = 9 \times 11 = 99$

Jumlah Iterasi = Minimal 10 iterasi dan maksimal 50 Iterasi, atau iterasi akan berhenti jika nilai *fitness* 5 kali berturut turut memiliki nilai sama

Parameter di atas digunakan karena rata-rata *fitness* setiap generasi digunakan sebagai indikator untuk melakukan seleksi.

4.2.2.a Representasi Kromosom

Representasi kromosom dilakukan dengan menggunakan *operation based representation*, karena apabila menggunakan *brinary string gen*, akan terjadi duplikasi mesin dan permasalahan pada susunan material, karena *gen* yang terbentuk akan hanya akan memiliki nilai 0 atau 1.

Tabel 4.8 Contoh kromosom 1 yang diperoleh dari mengurutkan secara *ascending* bilangan *random* pada kromosom 0

NO	1	Rand	NO	1	Rand	NO	1	Rand	NO	1	Rand
1	3	0,02537	31	6	0,29800	61	7	0,65994	91	8	0,91810
2	9	0,02948	32	6	0,31108	62	8	0,66965	92	3	0,94347
3	1	0,03664	33	5	0,32396	63	4	0,68551	93	11	0,94405
4	5	0,03936	34	2	0,32671	64	5	0,68730	94	10	0,95070
5	4	0,04869	35	9	0,32681	65	1	0,70060	95	7	0,95176
6	1	0,05606	36	9	0,32793	66	6	0,72689	96	4	0,97534
7	2	0,07027	37	1	0,34949	67	6	0,73024	97	7	0,98063
8	11	0,10094	38	4	0,35794	68	5	0,73741	98	5	0,99723
9	10	0,10795	39	10	0,37205	69	4	0,74244	99	11	0,99972
10	8	0,11282	40	7	0,39265	70	2	0,74840			
11	6	0,12557	41	4	0,40553	71	10	0,74998			
12	1	0,12768	42	1	0,41154	72	1	0,75810			
13	2	0,13403	43	10	0,41749	73	11	0,76295			
14	1	0,13622	44	3	0,44876	74	2	0,77615			
15	9	0,13759	45	11	0,45078	75	1	0,77664			
16	9	0,15572	46	11	0,45701	76	2	0,77808			
17	5	0,15582	47	8	0,46196	77	3	0,77846			
18	11	0,15587	48	1	0,48975	78	4	0,78148			
19	3	0,17184	49	7	0,48994	79	8	0,78162			

20	6	0,17684	50	8	0,50973	80	11	0,79887
21	10	0,19672	51	3	0,55505	81	10	0,81549
22	10	0,19837	52	7	0,56454	82	7	0,81910
23	5	0,21757	53	11	0,57425	83	9	0,81987
24	8	0,21906	54	10	0,57929	84	9	0,82325
25	5	0,22060	55	6	0,58622	85	6	0,85014
26	6	0,22715	56	5	0,58919	86	7	0,85169
27	1	0,26410	57	3	0,61247	87	9	0,85686
28	3	0,26615	58	8	0,62126	88	8	0,86946
29	3	0,28708	59	4	0,63095	89	9	0,87209
30	2	0,28844	60	7	0,64213	90	4	0,87979

4.2.2.b Persilangan (*Crossover*)

Bangkitkan 30 bilangan *random* pada setiap kromosom pada populasi awal, apabila bilangan random yang dihasilkan bernilai kurang dari nilai probabilitas *crossover* (p_c) atau bernilai 0,25, kromosom tersebut akan dipilih sebagai kromosom induk yang akan disilangkan. Hasil pembangkitan bilangan random dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Bilangan random untuk menentukan kromosom yang akan disilangkan pada populasi awal

Nomor Kromosom	Bilangan Random	Nomor Kromosom	Bilangan Random	Nomor Kromosom	Bilangan Random
1	1,00000	11	0,17811	21	0,45923
2	0,02787	12	0,66333	22	0,81004
3	0,81345	13	0,20792	23	0,83751
4	0,66734	14	0,52248	24	0,95745
5	0,37733	15	0,97043	25	0,52283
6	0,73978	16	0,25151	26	0,91129
7	0,02177	17	0,10349	27	0,17797
8	0,95702	18	0,96703	28	0,75176
9	0,20562	19	0,75666	29	0,87962
10	0,01838	20	0,58118	30	0,70940

Setelah mengetahui kromosom mana saja yang akan disilangkan, pilih pasangan dari kromosom tersebut, kemudian lakukan persilangan untuk mendapatkan kromosom anak dengan menggunakan *partial schedule exchange crossover*.

Tabel 4.10 Bilangan random untuk menentukan titik *partial schedule* 1 awal pada kromosom induk 1 dengan warna biru sebagai nilai maksimum bilangan random dan titik dimulainya *gen* yang akan menjadi *partial schedule* 1

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rand	0,5475	0,596	0,742	0,757	0,305	0,868	0,913	0,277	0,965	0,096
Gen	1	2	9	5	11	10	2	10	9	7
No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Rand	0,807	0,726	0,370	0,854	0,878	0,575	0,070	0,503	0,110	0,651
Gen	2	5	9	1	4	11	7	4	9	10
No	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Rand	0,580	0,315	0,531	0,939	0,344	0,231	0,110	0,077	0,112	0,830
Gen	11	11	9	1	11	4	8	2	5	7
No	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Rand	0,596	0,191	0,619	0,079	0,769	0,616	0,935	0,016	0,657	0,056
Gen	4	7	6	10	10	2	7	8	4	11
No	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Rand	0,617	0,961	0,866	0,290	0,350	0,051	0,248	0,555	0,033	0,512
Gen	7	5	11	3	7	1	7	8	5	11
No	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Rand	0,338	0,765	0,063	0,955	0,761	0,471	0,235	0,786	0,368	0,894
Gen	2	8	9	9	3	3	6	4	4	5
No	61	62	63	64	64	66	67	68	69	70
Rand	0,154	0,949	0,540	0,022	0,659	0,817	0,667	0,156	0,501	0,847
Gen	8	9	5	8	1	3	6	6	2	2
No	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Rand	0,827	0,408	0,688	0,429	0,324	0,236	0,025	0,066	0,944	0,422
Gen	8	3	10	2	1	5	10	3	6	5
No	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Rand	0,237	0,144	0,145	0,896	0,831	0,857	0,652	0,547	0,138	0,512
Gen	7	10	6	6	4	3	1	3	3	8
No	91	92	93	94	95	96	97	98	99	
Rand	0,440	0,673	0,036	0,813	0,793	0,102	0,622	0,377	0,597	
Gen	1	10	4	6	11	1	6	8	9	

Tabel 4.11 Pembentukan *partial schedule* 1 dari kromosom induk 1 (kromosom nomor 2) pada populasi awal

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gen	1	2	9	5	11	10	2	10	9	7
No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Gen	2	5	9	1	4	11	7	4	9	10
No	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Gen	11	11	9	1	11	4	8	2	5	7
No	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Gen	4	7	6	10	10	2	7	8	4	11
No	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Gen	7	5	11	3	7	1	7	8	5	11
No	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Gen	2	8	9	9	3	3	6	4	4	5
No	61	62	63	64	64	66	67	68	69	70
Gen	8	9	5	8	1	3	6	6	2	2
No	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Gen	8	3	10	2	1	5	10	3	6	5
No	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Gen	7	10	6	6	4	3	1	3	3	8
No	91	92	93	94	95	96	97	98	99	
Gen	1	10	4	6	11	1	6	8	9	

Tabel 4.12 Pembentukan *partial schedule* 2 pada kromosom induk 2 (kromosom nomor 7)

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gen	6	1	6	8	7	9	1	7	9	3
No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Gen	2	1	10	8	10	3	9	8	10	4
No	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Gen	5	11	11	7	2	3	9	7	10	5
No	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Gen	9	4	8	4	4	7	8	10	3	6
No	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Gen	5	1	4	2	1	8	3	6	6	2
No	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Gen	4	3	5	7	8	10	10	11	1	2
No	61	62	63	64	64	66	67	68	69	70
Gen	2	7	3	9	4	9	2	7	6	2
No	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Gen	6	8	11	10	11	10	1	8	5	5
No	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Gen	4	5	11	9	2	11	6	3	11	6
No	91	92	93	94	95	96	97	98	99	
Gen	1	5	5	4	1	7	11	3	9	

Tabel 4.13 Kromosom anak 1 hasil persilangan dengan *background* biru adalah *gen* dari *partial schedule* 2 yang diperoleh dari hasil persilangan yang telah dilakukan.

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gen	1	2	9	5	11	10	2	10	9	1
No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Gen	7	9	1	4	11	7	4	9	10	11
No	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Gen	11	9	1	11	4	8	2	5	7	4
No	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Gen	7	6	10	10	2	7	8	4	11	7
No	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Gen	5	11	3	7	1	7	8	5	11	2
No	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Gen	8	9	9	3	3	6	4	4	5	8
No	61	62	63	64	64	66	67	68	69	70
Gen	9	5	8	1	3	6	6	2	2	8
No	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Gen	3	10	2	1	5	10	3	6	5	7
No	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Gen	10	6	6	4	3	1	3	3	8	1
No	91	92	93	94	95	96	97	98		
Gen	10	4	6	11	1	6	8	9		

Tabel 4.14 Kromosom anak 2 hasil persilangan dengan *background* biru adalah *gen* dari *partial schedule* 1 yang diperoleh dari hasil persilangan yang telah dilakukan.

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gen	6	1	6	8	7	9	7	2	5	9
No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Gen	3	2	1	10	8	10	3	9	8	10
No	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Gen	4	5	11	11	7	2	3	9	7	10
No	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Gen	5	9	4	8	4	4	7	8	10	3
No	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Gen	6	5	1	4	2	1	8	3	6	6
No	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Gen	2	4	3	5	7	8	10	10	11	1
No	61	62	63	64	64	66	67	68	69	70
Gen	2	2	7	3	9	4	9	2	7	6
No	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Gen	2	6	8	11	10	11	10	1	8	5
No	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Gen	5	4	5	11	9	2	11	6	3	11
No	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Gen	6	1	5	5	4	1	7	11	3	9

Dari kedua kromosom anak yang dihasilkan dari hasil persilangan, diketahui bahwa panjang kromosom tidak sesuai dengan jumlah mesin \times job. Pada tabel 4.15, akan ditunjukkan *gen* yang berlebih dan *gen* yang kurang pada tiap-tiap kromosom anak, dan pada tabel 4.16 akan ditunjukkan kromosom anak 1 dan pada tabel 4.17 kromosom anak 2 setelah dilakukan normalisasi :

Tabel 4.15 Jumlah *gen* yang kurang dan *gen* yang berlebihan pada masing-masing kromosom anak

Kromosom Anak 1 (<i>Offspring 1</i>)			
Nomor <i>Gen</i>	Jumlah <i>Gen</i>	Jumlah Kelebihan	Jumlah Kekurangan
1	10	1	0
2	8	0	1
3	9	0	0
4	9	0	0
5	8	0	1
6	9	0	0
7	9	0	0
8	9	0	0
9	9	0	0
10	9	0	0
11	9	0	0
Panjang Kromosom	98	1	2
Kromosom Anak 2 (<i>Offspring 2</i>)			
Nomor <i>Gen</i>	Jumlah <i>Gen</i>	Jumlah Kelebihan	Jumlah Kekurangan
1	8	0	1
2	10	1	0
3	9	0	0
4	9	0	0
5	10	1	0
6	9	0	0
7	9	0	0
8	9	0	0
9	9	0	0
10	9	0	0
11	9	0	0
Panjang Kromosom	100	2	1

Tabel 4.16 Hasil normalisasi kromosom anak 1

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gen	2	9	5	11	10	2	10	9	1	7
No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Gen	9	2	5	1	4	11	7	4	9	10
No	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Gen	11	11	9	1	11	4	8	2	5	7
No	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Gen	4	7	6	10	10	2	7	8	4	11
No	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Gen	7	5	11	3	7	1	7	8	5	11
No	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Gen	2	8	9	9	3	3	6	4	4	5
No	61	62	63	64	64	66	67	68	69	70
Gen	8	9	5	8	1	3	6	6	2	2
No	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Gen	8	3	10	2	1	5	10	3	6	5
No	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Gen	7	10	6	6	4	3	1	3	3	8
No	91	92	93	94	95	96	97	98	99	
Gen	1	10	4	6	11	1	6	8	9	

Tabel 4.17 Hasil normalisasi kromosom anak 2

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gen	6	1	6	8	7	9	7	2	5	9
No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Gen	1	3	1	10	8	10	3	9	8	10
No	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Gen	4	11	11	7	2	3	9	7	10	5
No	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Gen	9	4	8	4	4	7	8	10	3	6
No	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Gen	5	1	4	2	1	8	3	6	6	2
No	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Gen	4	3	5	7	8	10	10	11	1	2
No	61	62	63	64	64	66	67	68	69	70
Gen	2	7	3	9	4	9	2	7	6	2
No	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Gen	6	8	11	10	11	10	1	8	5	5
No	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Gen	4	5	11	9	2	11	6	3	11	6
No	91	92	93	94	95	96	97	98	99	
Gen	1	5	5	4	1	7	11	3	9	

Setelah semua kromosom anak ternormalisasi, ganti kromosom induk pada populasi dengan kromosom anak hasil persilangan. Kemudian lakukan persilangan lagi pada kromosom selanjutnya hingga selesai.

4.2.2.c Mutasi

Gen yang akan dikenai mutasi adalah *gen* dengan bilangan *random* yang bernilai kurang dari probabilitas mutasi (p_m) yang telah ditentukan.

Tabel 4.18 *Gen* yang memiliki bilangan *random* lebih kecil dari p_m pada kromosom induk (kromosom nomor 3)

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rand	0,272	0,372	0,465	0,402	0,870	0,748	0,463	0,081	0,526	0,236
Gen	2	4	10	3	7	8	4	8	5	9
No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Rand	0,320	0,082	0,737	0,538	0,922	0,503	0,420	0,802	0,552	0,852
Gen	6	5	1	4	11	3	10	1	10	9
No	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Rand	0,529	0,658	0,511	0,143	0,797	0,368	0,291	0,237	0,204	0,133
Gen	10	11	9	7	7	1	7	2	4	4
No	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Rand	0,548	0,375	0,559	0,657	0,828	0,030	0,509	0,665	0,907	0,110
Gen	7	2	5	8	11	7	1	5	11	10
No	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Rand	0,836	0,330	0,468	0,341	0,009	0,830	0,198	0,480	0,145	0,735
Gen	9	8	7	2	9	3	11	2	2	1
No	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Rand	0,344	0,368	0,473	0,119	0,200	0,452	0,877	0,229	0,851	0,428
Gen	6	5	6	8	3	5	2	7	6	9
No	61	62	63	64	64	66	67	68	69	70
Rand	0,024	0,163	0,425	0,831	0,414	0,324	0,125	0,064	0,271	0,057
Gen	1	10	7	10	2	3	10	11	4	6
No	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Rand	0,716	0,655	0,790	0,332	0,999	0,410	0,474	0,501	0,916	0,180
Gen	9	3	8	1	8	2	8	8	3	11
No	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Rand	0,316	0,204	0,317	0,851	0,559	0,615	0,461	0,703	0,977	0,523
Gen	4	9	9	1	10	6	4	1	11	5
No	91	92	93	94	95	96	97	98	99	
Rand	0,709	0,429	0,967	0,602	0,362	0,495	0,058	0,777	0,582	
Gen	5	3	6	6	4	3	11	6	5	

Mutasi dilakukan dengan menukar *gen-gen* berikut ini : *Gen* nomor 45, dengan nilai 9 → *Gen* nomor 90, dengan nilai 5

Tabel 4.19 Kromosom anak yang dihasilkan dari kromosom induk yang dimutasi

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rand	0,272	0,372	0,465	0,402	0,870	0,748	0,463	0,081	0,526	0,236
Gen	2	4	10	3	7	8	4	8	5	9
No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Rand	0,320	0,082	0,737	0,538	0,922	0,503	0,420	0,802	0,552	0,852
Gen	6	5	1	4	11	3	10	1	10	9
No	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Rand	0,529	0,658	0,511	0,143	0,797	0,368	0,291	0,237	0,204	0,133
Gen	10	11	9	7	7	1	7	2	4	4
No	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Rand	0,548	0,375	0,559	0,657	0,828	0,030	0,509	0,665	0,907	0,110
Gen	7	2	5	8	11	7	1	5	11	10
No	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Rand	0,836	0,330	0,468	0,341	0,009	0,830	0,198	0,480	0,145	0,735
Gen	9	8	7	2	5	3	11	2	2	1
No	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Rand	0,344	0,368	0,473	0,119	0,200	0,452	0,877	0,229	0,851	0,428
Gen	6	5	6	8	3	5	2	7	6	9
No	61	62	63	64	64	66	67	68	69	70
Rand	0,024	0,163	0,425	0,831	0,414	0,324	0,125	0,064	0,271	0,057
Gen	1	10	7	10	2	3	10	11	4	6
No	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Rand	0,716	0,655	0,790	0,332	0,999	0,410	0,474	0,501	0,916	0,180
Gen	9	3	8	1	8	2	8	8	3	11
No	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Rand	0,316	0,204	0,317	0,851	0,559	0,615	0,461	0,763	0,997	0,523
Gen	4	9	9	1	10	6	4	1	11	9
No	91	92	93	94	95	96	97	98	99	
Rand	0,709	0,429	0,967	0,602	0,362	0,495	0,058	0,777	0,582	
Gen	5	3	6	6	4	3	11	6	5	

Lakukan penggantian *gen* pada kromosom induk dengan *gen* kromosom anak hasil mutasi pada populasi. Ulangi kegiatan mutasi sampai semua *gen* dalam populasi yang memiliki bilangan *random* kurang dari p_m telah termutasi

4.2.2.d Inisialisasi Kromosom

Berikut ini adalah langkah-langkah penghitungan nilai *fitness* untuk kromosom nomor 1 pada solusi awal :

Langkah 1 Menetapkan lama waktu proses rata-rata dan menentukan jumlah waktu yang dibutuhkan sesuai dengan jumlah material yang diproduksi.

Dari data hasil pengukuran waktu proses komponen rangka dan komponen sambung untuk semua produk, dicari nilai rata-rata waktu proses pada setiap operasi untuk menentukan waktu proses yang dibutuhkan oleh komponen produk pada setiap mesin, berikut ini penghitungan waktu proses standar pada operasi pengukuran produk MB.17.7.A :

$$\begin{aligned}\bar{x}_{\text{ukur}} &= \frac{\sum_1^n \text{ukur}_n}{n} \\ &= \frac{120+118+116+119+124+110+116+115+112+120+122+109+111+123+109}{15} \\ &= \frac{1754}{15}\end{aligned}$$

$$\bar{x}_{\text{ukur}} = 116,93 \text{ menit/unit} = 1,95 \text{ jam/unit}$$

Hasil penghitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.20 dan tabel 4.21

Tabel 4.20 Nilai rata-rata waktu proses standar untuk semua produk yang akan diproduksi pada komponen rangka

Waktu Proses Komponen Rangka (Jam/Unit)							
UKUR	Wkt	POTONG	Wkt	JOINT A	Wkt	CIRCLE	Wkt
MD.17.7.A	1,95	MD.17.7.A	3,76	MD.17.7.A	2,03	MD.17.7.A	2,45
MB.40.B	1,03	MB.40.B	1,94	MB.40.B	0,90	MB.40.B	1,23
MC.40.A.1	1,38	MC.40.A.1	3,19	MC.40.A.1	1,55	MC.40.A.1	1,64
JOINT B	Wkt	PLANNER	Wkt	COLL	Wkt		
MD.17.7.A	2,06	MD.17.7.A	1,89	MD.17.7.A	0,88		
MB.40.B	0,80	MB.40.B	1,09	MB.40.B	0,58		
MC.40.A.1	1,38	MC.40.A.1	1,52	MC.40.A.1	0,75		

Tabel 4.21 Nilai rata-rata waktu proses standar pada mesin untuk semua produk yang akan diproduksi pada komponen sambung

Waktu Proses Komponen Sambung (Jam/Unit)							
<i>STOCK</i>	Wkt	<i>CIRCLE</i>	Wkt	<i>PLANN</i>	Wkt	<i>CROSS</i>	Wkt
MB.17.7.A	0,90	MB.17.7.A	1,87	MB.17.7.A	0,91	MB.17.7.A	0,66
MB.40.B	0,55	MB.40.B	1,47	MB.40.B	0,42	MB.40.B	0,32
<i>COLL</i>	Wkt						
MB.17.7.A	1,10						
MB.40.B	0,92						

Penentuan waktu proses aktual dilakukan dengan cara mengalikasikan waktu proses standar pada setiap material dengan jumlah produk yang akan diproduksi, baik untuk komponen rangka maupun komponen sambung. Berikut ini adalah contoh penghitungan waktu proses aktual untuk produk dengan kode MB.17.7.A, dan hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.22 :

MB.17.7.A Komponen Rangka (Material 7)

Mesin yang digunakan :

Mesin 1, Mesin 2, Mesin 3, Mesin 5, Mesin 6, Mesin 7, dan Mesin 9

Waktu proses rata-rata (dalam satuan jam) :

M1 : 1,95 M6 : 2,06

M2 : 3,76 M7 : 1,89

M3 : 2,03 M9 : 0,88

M5 : 2,45

Jumlah produk yang akan diproduksi : 2 unit

Waktu proses keseluruhan :

M1 : $1,95 \times 2 = 3,90$ Jam

$$M2 : 3,76 \times 2 = 7,52 \text{ Jam}$$

$$M3 : 2,03 \times 2 = 4,06 \text{ Jam}$$

$$M5 : 2,45 \times 2 = 4,90 \text{ Jam}$$

$$M6 : 2,06 \times 2 = 4,12 \text{ Jam}$$

$$M7 : 1,89 \times 2 = 3,78 \text{ Jam}$$

$$M9 : 0,88 \times 2 = 1,76 \text{ Jam}$$

MB.17.7.A Komponen sambung (Material 2)

Mesin yang digunakan :

Mesin 4, Mesin 5, Mesin 7, Mesin 8 dan Mesin 9

Waktu proses standar (dalam satuan jam) :

$$M4 : 0,90 \qquad M8 : 0,66$$

$$M5 : 1,87 \qquad M9 : 1,10$$

$$M7 : 0,91$$

Jumlah produk yang akan diproduksi : 2 unit

Waktu proses keseluruhan :

$$M4 : 0,90 \times 2 = 1,80 \text{ Jam}$$

$$M5 : 1,87 \times 2 = 3,74 \text{ Jam}$$

$$M7 : 0,91 \times 2 = 1,82 \text{ Jam}$$

$$M8 : 0,66 \times 2 = 1,32 \text{ Jam}$$

$$M9 : 1,10 \times 2 = 2,20 \text{ Jam}$$

Tabel 4.22 Waktu proses yang digunakan untuk menyusun jadwal sesuai dengan jumlah produk yang akan diproduksi

No.	Nama Material	Waktu Proses Pada Mesin (Jam)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Material 1	0,00	0,00	0,00	0,90	1,87	0,00	0,91	0,66	1,10
2	Material 2	0,00	0,00	0,00	1,80	3,74	0,00	1,82	1,32	2,20
3	Material 3	0,00	0,00	0,00	3,60	7,48	0,00	3,64	2,64	4,40
4	Material 4	0,00	0,00	0,00	4,50	9,35	0,00	4,55	3,30	5,50
5	Material 5	0,00	0,00	0,00	0,55	1,47	0,00	0,42	0,32	0,92
6	Material 6	1,95	3,76	2,03	0,00	2,45	2,06	1,89	0,00	0,88
7	Material 7	3,90	7,52	4,06	0,00	4,90	4,12	3,78	0,00	1,76
8	Material 8	7,80	15,04	8,12	0,00	9,80	8,24	7,56	0,00	3,52
9	Material 9	9,75	18,80	10,15	0,00	12,25	10,30	9,45	0,00	4,40
10	Material 10	1,03	1,94	0,90	0,00	1,23	0,80	1,09	0,00	0,58
11	Material 11	4,14	9,57	4,65	0,00	4,92	4,14	4,56	0,00	2,25

Langkah 2 Menentukan urutan operasi, urutan mesin, waktu mulai dan waktu selesai proses untuk setiap *gen* pada kromosom.

Dari kromosom anak hasil mutasi, kita ambil contoh 10 *gen* pertama pada kromosom nomor 1 untuk dicari urutan operasi, urutan mesin, waktu mulai, dan waktu selesai proses sesuai dengan batasan *precedence* yang telah ditentukan.

Tabel 4.23 Hasil inisialisasi pada 10 *gen* pertama pada kromosom nomor 1, populasi awal

No	Gen	Operasi	Urutan Operasi	Mesin	Urutan Mesin	Urutan Operasi Mesin	Waktu Proses (Jam)	Waktu Mulai (Jam)	Waktu Selesai (Jam)
1	5	1	5/1	4	1	4/1	0,55	0,00	0,55
2	9	1	9/1	1	1	1/1	9,75	0,00	9,75
3	10	1	10/1	1	2	1/2	1,03	9,75	10,78
4	11	1	11/1	1	3	1/3	4,14	10,78	14,92
5	3	1	3/1	4	2	4/2	3,60	0,55	4,15
6	4	1	4/1	4	3	4/3	4,50	4,15	8,65
7	4	2	4/2	5	1	5/1	9,35	8,65	18,00

8	2	1	2/1	4	4	4/4	1,80	8,65	10,45
9	7	1	7/1	1	4	1/4	3,90	14,92	18,82
10	9	2	9/2	2	1	2/1	18,80	9,75	28,55

Dari tabel, dijelaskan bahwa nilai dari *gen* nomor 1 pada kromosom adalah 5, ini berarti material 5 operasi 1 yang diproses pada mesin 4 merupakan operasi pertama, sehingga waktu mulai untuk *gen* 5 adalah pada $t = 0$.

Untuk waktu mulai pada operasi kedua atau di atasnya, waktu ditentukan dengan memilih waktu yang lebih besar antara waktu selesai proses atau waktu tersedianya mesin pada *gen* tersebut seperti dicontohkan pada *gen* nomor 6 dengan nilai 4, operasi kedua dari *gen* tersebut (4/2) dapat dilakukan setelah operasi pertama (4/1) selesai pada $t = 8,65$ atau mesin 5, yang digunakan untuk memproses *gen* 4 pada operasi selanjutnya tersedia. Karena mesin 5 belum pernah digunakan untuk memproses, maka mesin 5 tersedia pada $t = 0$, sehingga waktu mulai untuk *gen* 4 adalah $\text{MAX} [8,65 ; 0] = 8,65$.

Untuk hasil penghitungan waktu proses keseluruhan pada kromosom 1 dapat dilihat pada lampiran 11.

Langkah 2 : Menentukan *completion time* (p_j^2), batas bawah toleransi waktu proses selesai (p_j^1) dan menentukan batas atas toleransi waktu proses selesai (p_j^3) untuk setiap *gen* yang menunjukkan proses akhir material diproduksi pada kromosom.

Waktu selesai keseluruhan proses untuk 11 material yang dikerjakan ditentukan berdasarkan operasinya. Material untuk komponen sambung (material

1 sampai 5), proses selesai pada operasi ke 5, sedang untuk komponen rangka (material 6 sampai 11), proses selesai pada operasi ke 7.

Penentuan p_j^1 dan p_j^3 pada *gen* 1 dilakukan dengan model yang telah terbentuk pada sub-bab model fuzzy *completion time* (sub-bab 4.2.1). Di bawah ini adalah penghitungan *completion time* pada *gen* nomor 1, kromosom 1, populasi awal, dan penghitungan untuk seluruh *gen* pada kromosom 1 populasi awal dapat dilihat pada tabel 4.24

$$\begin{aligned} p_j^1 &= C_{Tj} - (0,06 \times C_{Tj} \times n) \\ &= 22,54 - (0,06 \times 22,54 \times 1) \end{aligned}$$

$$p_j^1 = 20,51 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} p_j^2 &= C_{Tj} + (0,05 \times C_{Tj} \times n) \\ &= 22,54 + (0,05 \times 22,54 \times 1) \end{aligned}$$

$$p_j^2 = 24,79 \text{ jam}$$

Dengan C_{Tj} adalah waktu selesai operasi ke 5 pada *gen* nomor 1, kromosom 1 pada populasi awal yang terjadi pada $t = 22,54$.

Tabel 4.24 Nilai p_j^1 , p_j^2 , p_j^3 untuk semua material yang diproduksi

No	<i>Gen</i>	p_j^1 (jam)	p_j^2 (jam)	p_j^3 (jam)
1	1	20,51	22,54	24,79
2	4	24,38	44,34	66,51
3	3	31,19	48,74	68,23
4	7	67,83	77,09	84,79
5	2	79,24	96,64	115,96
6	10	89,44	97,22	105,96

7	11	86,22	101,44	116,65
8	5	94,17	102,36	112,59
9	9	74,73	106,76	113,45
10	8	83,81	110,28	132,33
11	6	104,49	111,16	116,71

Langkah 3 : Menentukan tingkat kepuasan (SG) untuk masing masing pekerjaan pada semua kromosom

Berikut ini akan dilakukan contoh penghitungan pada C_T gen nomor 9 (material 9, komponen rangka, produk MB.17.7.A), kromosom 1 pada populasi awal untuk mencari SG-nya, dengan penentuan toleransi *due date* menggunakan model dan asumsi yang telah dijelaskan pada sub-bab permodelan *due date*, (sub-bab 4.2.2) :

Diketahui :

$$d_j^1 = 96 \text{ jam} \quad p_j^1 = 74,32 \text{ jam}$$

$$d_j^2 = 103,68 \text{ jam} \quad C_{T9,(p_j^2)} = 106,76 \text{ jam}$$

Dari data tersebut, dapat diketahui bahwa *completion time* yang dimiliki oleh gen 9 berada dalam kondisi 2, karena, berdasarkan kondisi 2.2 ($p_j^1 \leq d_j^1$ dan $p_j^2 > d_j^2$), *completion time* berada pada posisi $74,32 \leq 96$ dan $106,76 > 103,68$, sehingga, nilai keanggotaan fuzzy diperoleh dengan menggunakan *possibility measure* untuk mengetahui nilai himpunan fuzzy *completion time* pada himpunan fuzzy *due date*.

Himpunan fuzzy *completion time* menggunakan fungsi segitiga, dan berdasarkan fungsi keanggotaan segitiga sisi kiri, derajat keanggotaan untuk $p_j^1 = \mu_{p_j}(74,32) = (0; 74,32)$ dan $p_j^2 = \mu_{p_j}(106,76) = (1; 106,76)$, derajat keanggotaan untuk masing masing nilai pada $\mu_{p_j}(t)$ pada range nilai 74,32 dan 106,76 dapat dihitung dengan cara di bawah ini, sebagai contoh, akan dilakukan penghitungan nilai keanggotaan fuzzy pada $\mu_{p_j}(t) = 96$, dan hasil penghitungan selengkapnya untuk $\mu_{p_j}(t)$ terdapat pada tabel 4.25 :

$$\mu_{p_j}(96) = \frac{(x-a)}{(b-a)} = \frac{(96 - 74,73)}{(106,76 - 74,73)} = \frac{21,27}{32,03} = 0,66$$

Tabel 4.25 Nilai keanggotaan fuzzy *completion time* untuk C_T gen 9 dalam range (0; 74,73) sampai (1; 106,76) pada kromosom 1 populasi awal

T	74,73	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
$\mu_{p_j}(t)$	0	.01	.04	.07	.10	.13	.16	.20	.23	.26	.29
T	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
$\mu_{p_j}(t)$	.32	.35	.38	.41	.45	.48	.51	.54	.57	.60	.63
T	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
$\mu_{p_j}(t)$	.66	.70	.73	.76	.79	.82	.85	.88	.91	.95	.98
T	106,76										
$\mu_{p_j}(t)$	1										

Himpunan fuzzy *due date* menggunakan fungsi keanggotaan trapesium, dan berdasarkan fungsi keanggotaan trapesium (sama dengan fungsi keanggotaan segitiga sisi kanan), derajat keanggotaan untuk $d_j^1 = \mu_{d_j}(96) = (1; 96)$ dan $d_j^2 = \mu_{d_j} = (0; 103,68)$, derajat keanggotaan untuk masing masing nilai $\mu_{d_j}(t)$ pada range 96 dan 103,68 dapat dihitung dengan cara di bawah ini, sebagai contoh, akan

dilakukan penghitungan pada $t = 99$, dan hasil penghitungan selengkapnya untuk $\mu_{dj}(99)$ terdapat pada tabel 4.26 :

$$\mu_{dj}(99) = \frac{(b-x)}{(b-a)} = \frac{(103,68 - 99)}{(103,68 - 96)} = \frac{4,68}{7,68} = 0,61$$

Tabel 4.26 Nilai keanggotaan fuzzy *due date* untuk C_T gen 9 dalam range (0; 103,68) sampai (1; 96) pada kromosom 1 populasi awal

T	96	97	98	99	100	101	102	103	103,68
$\mu_{pj}(t)$	1	.87	.74	.61	.48	.35	.22	.09	0

Untuk mencari *possibility measure*, pertama-tama, kita ambil nilai fuzzy pada t yang sama, yaitu $t = (96, 97, 98, \dots, 103)$ dari kedua himpunan fuzzy tersebut :

Tabel 4.27 Nilai keanggotaan yang sama antara fuzzy *due date* dan fuzzy *completion time* untuk C_T gen 9 pada kromosom 1 populasi awal

t	96	97	98	99	100	101	102	103
μ_{dj}	1	.87	.74	.61	.48	.35	.22	.09
μ_{pj}	.66	.70	.73	.76	.79	.82	.85	.88

Kemudian, cari *supremum* dari nilai minimum fuzzy yang ada dalam *range* untuk mendapatkan titik perpotongan antara kedua himpunan fuzzy tersebut yang akan digunakan sebagai SG

$$\text{MAX} [.09, .22, .35, .48, .61, .73, .70, .66] = .73$$

Nilai SG selengkapnya pada kromosom 1 dapat dilihat pada tabel 4.28.

Tabel 4.28 Nilai SG pada kromosom 1 populasi awal

Material	C_{Tj} (p_j^2)	p_j^1	p_j^3	d_j^1	d_j^2	SG	Tardy
	Jam						
1	22,54	20,5114	24,794	16	18,4	0	1
2	96,64	79,2448	115,968	112	120,96	1	0
3	48,74	31,1936	68,236	120	134,4	1	0
4	44,34	24,387	66,51	96	103,68	1	0
5	102,36	94,1712	112,596	24	25,2	0	1
6	111,16	104,4904	116,718	16	18,4	0	1
7	77,09	67,8392	84,799	112	120,96	1	0
8	110,28	83,8128	132,336	120	134,4	1	0
9	106,76	74,732	133,45	96	103,68	0,73	0
10	97,22	89,4424	105,9698	24	25,2	0	1
11	101,44	86,224	116,656	56	61,6	0	1

Nilai SG pada setiap material diperoleh berdasarkan dari kondisi waktu selesai produk (C_{Tj}), jika $C_{Tj} < d_j^1$, maka nilai SG adalah 1, karena pekerjaan selesai sebelum *due date* awal, sehingga pekerjaan sama sekali tidak terlambat. Jika $d_j^1 \leq p_j^1 < d_j^2$, atau ($p_j^1 \leq d_j^1$ dan $p_j^2 > d_j^2$), atau ($p_j^1 \leq d_j^1$ dan $d_j^1 \leq p_j^2 < d_j^2$), maka SG dicari dengan menggunakan *possibility measure*, karena pekerjaan selesai setelah *due date* awal dan sebelum *due date* toleransi, atau fungsi segitiga *completion time* bersinggungan dengan fungsi trapesium *due date*, sehingga pekerjaan terlambat dengan nilai keanggotaan fuzzy sesuai dengan hasil dari *possibility measure* yang telah diperoleh. Jika $p_j^1 > d_j^2$, berarti pekerjaan terlambat, *completion time* toleransi bawah berada di luar *due date* toleransi, sehingga pekerjaan total terlambat.

Nilai keanggotaan fuzzy untuk *gen* nomor 9 adalah 0,73, sehingga apabila pekerjaan selesai dalam waktu antara $t = 74,73$ hingga $t = 133,45$ dan *due date*

dari pekerjaan tersebut terjadi antara $t = 96$ hingga $t = 103,68$, maka tingkat kepuasan dari keterlambatan yang terjadi pada pekerjaan tersebut adalah 0,73.

Langkah 4 : Menentukan S_{AT} pada setiap kromosom

S_{AT} adalah tingkat kepuasan untuk rata-rata pekerjaan yang terlambat, pencarian dilakukan dengan mencari rata-rata dari SG yang ada pada setiap material, berikut ini adalah S_{AT} pada kromosom 1 populasi awal :

$$S_{AT} = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^{11} SG_n = \frac{0+1+1+1+0+0+1+1+0,73+0+0}{11} = 0,52$$

Nilai S_{AT} dari populasi generasi pertama diperoleh dari nilai rata-rata tingkat kepuasan dari C_t pada setiap kromosom dari populasi. Nilai yang S_{AT} yang dihasilkan pada generasi pertama adalah 0,52.

Langkah 5 : Menentukan S_{NT} pada setiap kromosom

S_{NT} adalah jumlah pekerjaan yang terlambat. Jumlah pekerjaan yang terlambat diukur berdasarkan variabel batasan untuk toleransi keterlambatan (λ) yang telah ditentukan, yaitu sebesar 0,3, terdapat lima pekerjaan yang terlambat karena $SG < 0,3$. Nilai λ dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai dengan keinginan pengambil keputusan. Semakin tinggi nilai λ yang ditetapkan, maka akan semakin banyak jumlah pekerjaan yang terlambat.

Jumlah keterlambatan dari pekerjaan dengan menggunakan $\lambda = 0,3$ dan $\lambda = 0,8$ dapat dibandingkan pada tabel di bawah ini

Tabel 4.29 Perbandingan jumlah pekerjaan yang terlambat dengan menggunakan nilai $\lambda = 0,3$ dan $\lambda = 0,8$

Material	$\lambda = 0,3$		$\lambda = 0,8$	
	SG	Tardy	SG	Tardy
1	0	1	0	1
2	1	0	1	0
3	1	0	1	0
4	1	0	1	0
5	0	1	0	1
6	0	1	0	1
7	1	0	1	0
8	1	0	1	0
9	0,73	0	0,73	1
10	0	1	0	1
11	0	1	0	1

Selain nilai λ , ditentukan pula jumlah maksimal pekerjaan yang terlambat yang dapat ditoleransi oleh pengambil keputusan (n''), dengan menggunakan asumsi nilai n'' sebesar 15 % dari jumlah pekerjaan ($11 \times 0,15 = 1,65$), maka fungsi keanggotaan tingkat kepuasan atas keterlambatan yang terjadi bernilai 0, karena jumlah pekerjaan yang terlambat $> n''$ ($5 > 1,65$).

Langkah 6 : Mencari nilai *fitness* untuk kromosom 1 populasi awal

$$Fitness = \frac{S_{AT} + S_{NT}}{2} = \frac{0,52 + 0}{2} = 0,26$$

Langkah 7 : Lakukan pengulangan langkah 1 sampai 6 untuk mendapatkan nilai *fitness* pada masing-masing kromosom.

Tabel 4.30 Nilai *fitness* pada kromosom 1 populasi awal

CHROM NUM	FITNESS	CHROM NUM	FITNESS	CHROM NUM	FITNESS
1	0,26	11	0,25	21	0,15
2	0,27	12	0,19	22	0,23
3	0,20	13	0,23	23	0,16
4	0,24	14	0,18	24	0,23
5	0,21	15	0,26	25	0,24
6	0,11	16	0,21	26	0,17
7	0,20	17	0,26	27	0,27
8	0,23	18	0,18	28	0,27
9	0,16	19	0,25	29	0,18
10	0,24	20	0,18	30	0,17

Nilai *fitness* tertinggi yang dihasilkan pada generasi pertama adalah 0,27 pada kromosom nomor 2.

4.2.2.e Seleksi

Berikut ini akan dijelaskan langkah-langkah untuk melakukan seleksi dengan metode *roulette wheel selection*.

Langkah 1 Hitung total *fitness* pada setiap kromosom pada populasi

$$\begin{aligned}
 F_{TOT} &= \sum_{n=1}^{30} F_n \\
 &= 0,26 + 0,27 + 0,20 + \dots + 0,18 + 0,17
 \end{aligned}$$

$$F_{TOT} = 6,42$$

Langkah 2 Hitung probabilitas seleksi (p_k) untuk setiap kromosom pada populasi, dan nilai kumulatif dari p_k tersebut (q_k)

Berikut ini contoh penghitungan p_k pada kromosom pertama :

$$p_k = \frac{F_k}{F_{TOT}}$$

$$= \frac{0,26}{6,42}$$

$$p_k = 0,0406$$

Tabel 4.31 Nilai p_k pada setiap kromosom pada populasi awal

CHROM NUM	FITNESS	p_k	q_k	CHROM NUM	FITNESS	p_k	q_k
1	0,26	0,0406	0,0000	16	0,21	0,0322	0,5383
2	0,27	0,0425	0,0831	17	0,26	0,0408	0,5791
3	0,20	0,0314	0,1144	18	0,18	0,0288	0,6079
4	0,24	0,0381	0,1526	19	0,25	0,0392	0,6471
5	0,21	0,0331	0,1857	20	0,18	0,0283	0,6754
6	0,11	0,0168	0,2025	21	0,15	0,0241	0,6995
7	0,20	0,0310	0,2335	22	0,23	0,0362	0,7358
8	0,23	0,0355	0,2690	23	0,16	0,0256	0,7614
9	0,16	0,0253	0,2942	24	0,23	0,0365	0,7978
10	0,24	0,0382	0,3324	25	0,24	0,0375	0,8353
11	0,25	0,0397	0,3721	26	0,17	0,0265	0,8618
12	0,19	0,0296	0,4018	27	0,27	0,0414	0,9032
13	0,23	0,0360	0,4378	28	0,27	0,0425	0,9458
14	0,18	0,0274	0,4652	29	0,18	0,0278	0,9736
15	0,26	0,0409	0,5061	30	0,17	0,0264	1,0000

Langkah 3 Pilih kromosom dengan *fitness* tertinggi, pada kasus ini kromosom nomor 2 untuk bisa langsung masuk ke populasi pada generasi selanjutnya, karena seleksi ini menggunakan strategi elit

Langkah 4 Putar *roulette wheel* dengan cara membangkitkan bilangan random sebanyak 29 kali, karena jumlah populasi yang tersisa setelah dilakukan strategi elit hanya 29, kemudian tentukan kromosom yang

bertahan pada generasi berikutnya berdasarkan nilai yang dihasilkan dari *roulette wheel* tersebut.

Tabel 4.32 Bilangan random *roulette wheel*

<i>CHROM NUM</i>	<i>FITNESS</i>	<i>RANDOM NUM</i>	<i>CHROM NUM</i>	<i>FITNESS</i>	<i>RANDOM NUM</i>
1	0,26	0,00823	16	0,21	0,35562
2	0,27	0,32305	17	0,26	0,89048
3	0,20	0,59554	18	0,18	0,14941
4	0,24	0,75476	19	0,25	0,37879
5	0,21	0,49986	20	0,18	0,47498
6	0,11	0,57954	21	0,15	0,33615
7	0,20	0,15166	22	0,23	0,68245
8	0,23	0,89679	23	0,16	0,32287
9	0,16	0,58550	24	0,23	0,30682
10	0,24	0,80649	25	0,24	0,87025
11	0,25	0,30608	26	0,17	0,88388
12	0,19	0,54414	27	0,27	0,91290
13	0,23	0,49678	28	0,27	0,75419
14	0,18	0,08974	29	0,18	0,46353
15	0,26	0,51638	30	0,17	0,20847

Dari tabel 4.32 diketahui bahwa bilangan random pada kromosom 2 bernilai 0,32305. Ini berarti nilai tersebut berada pada range $q_9 < 0,32305 < q_{10}$ pada tabel 4.30, sehingga kromosom 9 ikut pada generasi selanjutnya. Pada tabel 4.33, dapat dilihat kromosom-kromosom yang bertahan untuk generasi selanjutnya.

Setelah dilakukan pemilihan kromosom, proses pencarian diulangi dari tahap *crossover* dan selesai pada tahap seleksi. Iterasi ini dilakukan sesuai dengan jumlah generasi yang telah ditentukan di awal.

Tabel 4.33 Kromosom yang bertahan untuk generasi selanjutnya

CHROM NUM (G0)	CHROM NUM (G1)	CHROM NUM (G0)	CHROM NUM (G1)
1	2	16	10
2	9	17	26
3	17	18	3
4	22	19	11
5	14	20	14
6	17	21	10
7	3	22	20
8	26	23	9
9	17	24	9
10	24	25	26
11	9	26	26
12	16	27	27
13	14	28	22
14	2	29	13
15	15	30	6

4.2.2.f Nilai Maksimum Hasil Iterasi

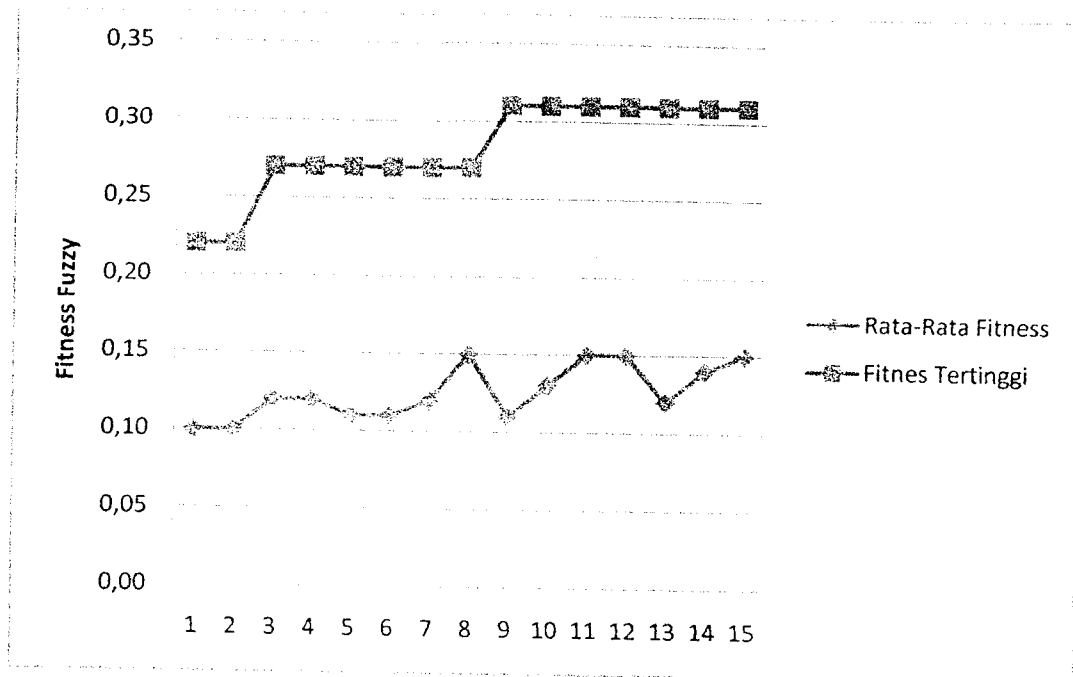
Setelah dilakukan iterasi sebanyak 10 kali dengan menggunakan langkah-langkah yang telah dijelaskan di atas, diperoleh hasil seperti pada tabel 4.35.

Tabel ini berisi nilai *fitness* maksimum untuk setiap generasi dan rata-rata *fitness* yang dihasilkan pada setiap generasinya.

Tabel 4.34 Hasil nilai *fitness* pada 15 generasi yang dilakukan untuk mendapatkan jadwal optimum dengan $\lambda = 0,3$

No. Iterasi	Rata-Rata <i>Fitness</i>	<i>Fitness</i> Tertinggi	No. Iterasi	Rata-Rata <i>Fitness</i>	<i>Fitness</i> Tertinggi
1	0,10	0,22	9	0,11	0,31
2	0,10	0,22	10	0,13	0,31
3	0,12	0,27	11	0,15	0,31
4	0,12	0,27	12	0,15	0,31
5	0,11	0,27	13	0,12	0,31
6	0,11	0,27	14	0,14	0,31

7	0,12	0,27	15	0,15	0,31
8	0,15	0,27			



Gambar 4.1 Grafik perbandingan rata-rata *fitness* dengan nilai *fitness* maksimum pada setiap generasi

Hasil dari iterasi pada tabel 4.35 menunjukkan bahwa nilai *fitness* optimum yang diperoleh bernilai 0,31. Proses pencarian berhenti pada iterasi ke 15 karena nilai *fitness* tertinggi yang dihasilkan pada 5 iterasi terakhir bernilai sama, yaitu 0,31, sehingga untuk mempersingkat waktu, proses pencarian dihentikan

Rata-rata *fitness* pada tabel tersebut dicantumkan untuk mengindikasikan bahwa kromosom-kromosom yang terdapat dalam populasi telah melalui proses seleksi pada Algoritma Genetika, karena proses pencarian pada Algoritma

Genetika menyebabkan susunan *gen* dalam kromosom berubah dan akan mempengaruhi nilai *fitness* yang dihasilkan.

Nilai *fitness* maksimum yang dihasilkan tidak berubah walaupun nilai rata-rata *fitness* berubah karena seleksi yang digunakan menggunakan strategi elit yang mempertahankan kromosom dengan nilai *fitness* maksimum untuk dapat bertahan pada generasi berikutnya tanpa melalui operator genetika.

Nilai *fitness* tertinggi terdapat pada generasi ke 15, kromosom pertama dengan nilai 0,31 dan susunan *gen* seperti di bawah ini :

Tabel 4.35 Susunan *gen* pada kromosom nomor 1 generasi ke 15 yang memiliki nilai *fitness* maksimum

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Gen	5	9	1	1	5	2	3	2	1
No	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Gen	9	8	1	5	3	9	4	2	4
No	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Gen	2	7	8	6	8	6	9	9	8
No	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Gen	11	10	5	3	11	6	11	10	5
No	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Gen	1	3	7	4	4	6	7	2	7
No	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Gen	5	11	4	8	1	3	1	9	6
No	55	56	57	58	59	60	61	62	63
Gen	8	9	7	10	8	6	9	6	9
No	64	65	66	67	68	69	70	71	72
Gen	10	4	7	4	4	7	8	11	10
No	73	74	75	76	77	78	79	80	81
Gen	3	5	11	10	6	2	5	10	3
No	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Gen	3	2	8	11	11	10	1	2	1
No	91	92	93	94	95	96	97	98	99
Gen	7	10	5	6	4	3	7	11	2

4.2.2.g Pembentukan *Gantt Chart*

Untuk diaplikasikan menjadi sebuah jadwal produksi, susunan *gen* pada kromosom yang memiliki nilai *fitness* maksimum harus di-*decode*-kan ke bentuk *gantt chart*. Proses *decoding* dilakukan dengan melakukan langkah-langkah seperti pada tahap inisialisasi proses algoritma genetik.

Proses insialisasi ini dilakukan untuk mengetahui waktu mulai dan waktu selesai sebuah *gen* pada sebuah proses produksi. Kemudian, setelah variabel waktu tersebut diketahui, dilakukan pengelompokan material berdasarkan mesin yang digunakan, sehingga solusi optimum tersebut dapat menjadi sebuah informasi yang mudah untuk dipahami. Hasil dari *decoding* dari *gen* yang berbentuk *gantt chart* dapat dilihat pada lampiran 12.

4.2.2.h Perbandingan *Completion Time* dengan *Due Date* untuk Mengetahui Pekerjaan yang Terlambat

Completion time setiap material dapat diketahui dengan mengacu pada hasil inisialisasi yang telah dilakukan sebelumnya untuk memebentuk *gantt chart*, karena dari hasil inisialisasi, dapat dilihat waktu proses sebuah *gen* pada setiap mesin yang digunakan, sehingga *completion time* dapat ditentukan.

Tabel 4.36 *Completion time* masing-masing material

No.	Gen	$C_T(p_j^2)$	p_j^1	p_j^3	d_j^1	d_j^2	SG	Tardy
1	5	12,91	11,8772	14,201	13	14,95	1	0
2	1	14,01	12,7491	15,411	16	18,4	1	0
3	2	16,21	13,2922	19,452	43	46,44	1	0
4	4	38,71	21,2905	58,065	75	82,5	1	0

5	3	43,11	27,5904	60,354	80	84	1	0
6	9	75,1	52,57	93,875	75	82,5	0,99	0
7	8	81,78	62,1528	98,136	80	84	0,90	0
8	6	82,66	77,7004	86,793	16	18,4	0	1
9	7	85,69	75,4072	94,259	43	46,44	0	1
10	10	90,63	83,3796	98,7867	13	14,95	0	1
11	11	92,88	78,948	106,812	37	38,85	0	1

4.2.3 PENJADWALAN ULANG UNTUK KEJADIAN DINAMIS

Berikut ini proses penjadwalan ulang yang akan dilakukan pada hasil jadwal optimal yang telah terbentuk sebelumnya. Produk baru yang masuk, seperti yang telah diasumsikan pada sub-bab pengumpulan data adalah terdapat pada tabel 4.2.

4.2.3.a Penyusunan Komponen Baru yang akan di Produksi

Produk baru tersebut kemudian disesuaikan dengan komponen material yang sudah ada, namun sebelumnya, produk dipecah menjadi komponen rangka dan komponen sambung, kemudian disusun sesuai dengan urutan material yang telah terbentuk sebelumnya :

- Material 12 : Komponen sambung pada produk dengan kode MT.40.B
- Material 13 : Komponen rangka pada produk dengan kode MT.40.B
- Material 14 : Komponen rangka pada produk dengan kode MC.40.A.1

4.2.3.b Penentuan *Due Date* Fuzzy Untuk Komponen Baru

Setelah ditentukan komponennya, kemudian dihitung *due date* fuzzy yang pada produk baru tersebut, dengan menggunakan asumsi toleransi keterlambatan yang diberikan untuk masing-masing produk adalah 15% dari *due date* awal.

Karena *order* baru tersebut masuk pada tanggal 14 Februari atau $t = 90$, maka, nilai *due date* harus dimodifikasi, karena waktu mulai produk bukan pada saat $t = 0$.

Penghitungan nilai *due date* dan *due date* toleransi dicontohkan dengan melakukan penghitungan pada material 12 dan 13, dan dengan cara yang sama dapat ditemukan *due date* dan *due date* toleransi. Hasil dari penghitungan dapat dilihat pada tabel 4.37.

Material 12 dan 13

$$\begin{aligned} \text{Due Date aktual} &= \text{Due date saat order diterima} + \text{waktu mulai dijadwalkan} \\ &= 90 + 20 \end{aligned}$$

$$\text{Due Date aktual} = \mathbf{110 \text{ Jam}}$$

$$\begin{aligned} \text{Due date toleransi} &= \text{Due date aktual} + (\text{Due date aktual} \times \% \text{ toleransi}) \\ &= 110 + (110 \times 0,15) \end{aligned}$$

$$\text{Due date toleransi} = \mathbf{126,5 \text{ Jam}}$$

Tabel 4.37 *Due date* fuzzy untuk produk baru yang dihasilkan

No	Tanggal Terima (2006)	Kode	Nama Barang	Qty (unit)	d_j^1	d_j^2
1	Feb 14	MT.40.B	Wand Table 142.5x30x105	3	110	126,5
2	Feb 14	MC.40.A.1	Arm Chair Back x10 Cushion	2	118	135,7

4.2.3.c Penentuan Waktu Proses dan Mesin yang Digunakan

Setelah *due date* dari produk baru diketahui, kemudian menentukan mesin yang akan digunakan untuk memproses material baru dan waktu proses yang dibutuhkan untuk setiap material baru pada mesin yang digunakannya.

Penghitungan waktu proses yang dibutuhkan dilakukan sesuai dengan penentuan waktu pada saat membentuk jadwal awal, yaitu dengan mengalikan waktu proses rata-rata, yang diperoleh dari mengambil rata-rata data pengamatan waktu proses pada setiap mesin yang digunakan, kemudian menyesuaikannya dengan jumlah produk yang akan diproduksi dengan cara mengalikan waktu proses rata-rata dengan jumlah produk yang akan diproduksi. Mesin yang digunakan dan waktu proses yang dibutuhkan dapat dilihat pada tabel 4.38 di bawah ini :

Tabel 4.38 Rata-rata waktu proses dan mesin yang digunakan untuk memproses produk baru

No	Material	Waktu Proses (Jam)								
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
1	Material 12	0,00	0,00	0,00	1,65	4,41	0,00	1,26	0,96	2,76
2	Material 13	3,09	5,82	2,70	0,00	3,69	2,40	3,27	0,00	1,74
3	Material 14	2,76	6,38	3,10	0,00	3,28	2,76	3,04	0,00	1,50

4.2.3.d Penyesuaian Waktu Proses dan Mesin dari Material Baru ke Waktu Proses dan Mesin yang Sudah Terbentuk

Dari Gantt Chart pada lampiran 12, diketahui bahwa pada tanggal 15 Februari, atau $t = 90$ terdapat material yang masih berada dalam proses dan yang

belum diproses. Produk dimasukkan pada jadwal mulai tanggal 15 Februari agar waktu untuk mempersiapkan *raw material* dan pembentukan jadwal baru.

Material yang sedang dalam proses menyebabkan waktu tersedianya mesin harus menunggu proses pengolahan material tersebut selesai. Tabel 4.39 menunjukkan waktu tersedianya mesin dan material yang belum diproses yang akan digunakan sebagai parameter untuk membentuk jadwal baru.

Tabel 4.39 Material yang belum dan sedang diproses pada saat masuknya pekerjaan baru

Mesin	T Idle	Material (Operasi)				
1	90	13(1)	14(1)			
2	90	13(2)	14(2)			
3	90	13(3)	14(3)			
4	90	12(1)				
5	90	12(2)	13(4)	14(4)		
6	90	13(5)	14(5)			
7	90,05	12(3)	13(6)	14(6)		
8	90	12(4)				
9	90	10(7)	11(7)	12(5)	13(7)	14(7)

Dari tabel di atas, diketahui bahwa mesin 7 tersedia saat $t = 90,05$. Berarti mesin tersebut sedang menyelesaikan sebuah produk. Terlihat pada *gant chart* lampiran 12, bahwa mesin sedang digunakan untuk memproses material 10 operasi 7. Agar produk yang sedang diproses tidak berhenti di tengah jalan, maka dilakukan penyesuaian waktu tersedia dari material untuk dimasukkan ke jadwal baru.

Berikut ini pengitungan untuk menyesuaikan waktu tersedianya material 10. Untuk penghitungan waktu tersedianya material untuk dimasukkan pada jadwal baru dapat dilihat pada tabel 4.40 :

Material 10 :

Material ini masih berada dalam mesin 7 dengan waktu proses selama 1,09 jam yang mulai diproses pada $t = 88,96$ dan akan selesai diproses pada mesin 7 pada $t = 90 + 0,05 = 90,05$. Sehingga material tersebut bisa dijadwalkan kembali setelah $t = 90,05$.

Tabel 4.40 Tersedianya material yang akan dijadwalkan pada jadwal baru

Nama Material	<i>Job Release</i>
Material 10	90,05
Material 11	90
Material 12	90
Material 13	90
Material 14	90

4.2.3.e Pencarian Jadwal Optimum

Untuk mendapatkan jadwal setelah masuknya *job* baru, dilakukan pencarian urutan mesin optimum dengan menggunakan algoritma genetik seperti pada pembentukan jadwal awal. Hanya saja, jumlah kromosom, waktu tersedianya material, material yang akan diproses dan *starting time* yang dilakukan berbeda. Untuk penjadwalan ulang, dilakukan perubahan variabel penjadwalan dengan cara memodifikasi variabel awal dengan menghilangkan material yang telah diproses, dan menambahkan material baru ke dalam variabel tersebut. Hasil dari modifikasi variabel dapat dilihat pada tabel 4.41.

Tabel 4.41 Variabel waktu proses yang digunakan untuk membentuk jadwal baru

Nama Material	Waktu Proses (Jam)								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,25
12	0,00	0,00	0,00	1,65	4,41	0,00	1,26	0,96	2,76
13	3,09	5,82	2,70	0,00	3,69	2,40	3,27	0,00	1,74
14	2,76	6,38	3,10	0,00	3,28	2,76	3,04	0,00	1,50

Dari data waktu proses baru pada tabel 4.41 dan data tersedianya material pada tabel 4.40, dilakukan pencarian solusi optimum dengan menggunakan algoritma genetik dengan langkah yang sama persis dengan cara pembentukan jadwal awal, karena kedua produk baru yang masuk memiliki spesifikasi yang sama dengan produk yang pernah dijadwalkan, sehingga pembuatan model fuzzy *completion time* untuk material 12 dan 13 (produk MT.40.B) sama dengan model yang digunakan pada material 5 dan 10, sedangkan material 14 (produk MC.40.A.1) sama dengan material 11. Proses pencarian algoritma genetik dilakukan dengan menggunakan parameter sebagai berikut, dan hasil dari solusi optimum terdapat pada tabel 4.42 :

Ukuran populasi = 30

Probabilitas *crossover* = 0.25

Probabilitas Mutasi = 0.01

Panjang kromosom = $m \times n = 5 \times 9 = 45$

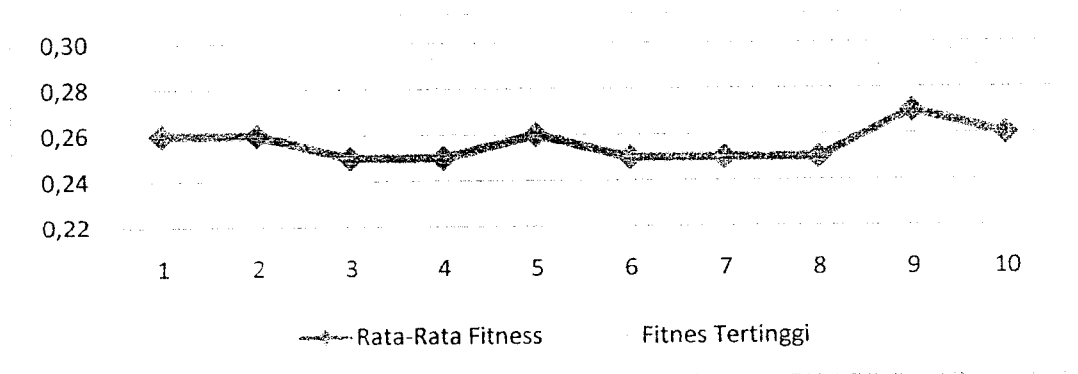
Jumlah Iterasi = Minimal 10 iterasi dan maksimal 50 Iterasi, atau iterasi akan berhenti jika nilai *fitness* 5 kali berturut turut memiliki nilai sama

$$\lambda = 0,3$$

$$n'' = 15\%$$

Tabel 4.42 Hasil pencarian urutan pekerjaan optimum pada jadwal baru dengan variabel $\lambda = 0,3$

No. Iterasi	Rata-Rata <i>Fitness</i>	<i>Fitness</i> Tertinggi
1	0,26	0,29
2	0,26	0,29
3	0,25	0,29
4	0,25	0,29
5	0,26	0,29
6	0,25	0,29
7	0,25	0,29
8	0,25	0,29
9	0,27	0,29
10	0,26	0,29



Gambar 4.2 Grafik perbandingan rata-rata *fitness* dan nilai *fitness* pada setiap generasi untuk membentuk jadwal baru

Kromosom dengan nilai *fitness* tertinggi terdapat pada kromosom nomor 1 pada generasi ke 10 dengan nilai *fitness* sebesar 0,29. Susunan *gen* dari kromosom optimum tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4.43 Susunan *gen* pada kromosom optimum (kromosom nomor 1, generasi ke 10)

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Gen	2	4	2	2	3	5	2	4	2
No	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Gen	3	4	3	5	1	4	1	3	4
No	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Gen	3	1	2	2	5	1	1	1	1
No	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Gen	1	3	2	1	5	4	3	4	5
No	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Gen	3	4	5	4	3	2	5	5	5

Jadwal produksi setelah masuknya produk baru pada tanggal 14 Februari dapat diperoleh dengan cara melakukan *decoding* dari kromosom optimum yang diperoleh, kemudian menggabungkan hasil *decoding* dengan *gant chart* yang sudah terbentuk pada lampiran 12.

Susunan *gant chart* untuk jadwal baru ini dapat dilihat pada lampiran 13, dengan waktu proses yang memiliki *background* biru sebagai jadwal sebelum produk baru masuk, dan *background* hijau merupakan jadwal baru yang terbentuk. Material yang ditandai dengan *background* kuning adalah material yang dijadwalkan ulang dalam pembentukan jadwal baru.

Dari *gant chart* baru, dilakukan penghitungan *completion time* pada pekerjaan baru atau pekerjaan lama yang dimodifikasi setelah dilakukan penjadwalan ulang yang akan diuraikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.44 *Completon time* setelah dilakukan penjadwalan ulang

No.	Gen	$C_T(p_j^2)$	p_j^1	p_j^3	d_j^1	d_j^2	SG	Tardy
1	2	92,25	78,4125	106,0875	37	38,85	0	-1

2	1	92,83	85,4036	101,1847	13	14,95	0	1
3	3	101,04	76,7904	131,352	110	126,5	1	0
4	4	112,71	85,6596	143,1417	110	126,5	0,93	0
5	5	118,97	107,073	130,867	118	135,7	0,91	0

Dari *gantt chart* tersebut juga dapat diketahui bahwan susunan produk yang akan diproses pada waktu sebelum masuknya produk baru tidak mengalami perubahan. Perubahan hanya terjadi untuk produk yang belum diproduksi pada saat masuknya produk baru ($t = 90$).

4.2.4 SOFTWARE

Dalam tahap pengolahan data, telah diuraikan langkah-langkah pembentukan jadwal dengan menggunakan algoritma genetik dan logika fuzzy. Dalam uraian tersebut, untuk membentuk sebuah generasi yang menghasilkan solusi, diperlukan banyak sekali penghitungan yang membutuhkan waktu lama apabila dilakukan secara manual oleh manusia. Oleh karena itu, untuk mempermudah proses pembentukan jadwal, dilakukan pembuatan *software* dengan menggunakan *Visual Basic for Application* (VBA) pada Ms. Excel 2007. Ms. Excel 2007 dipilih karena pada program ini, telah terdapat baris dan kolom, sehingga akan lebih memudahkan pembuatan *software* ini.

Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa Basic. Bahasa pemrograman dalam Ms. Excel 2007 berfungsi untuk melakukan otomatisasi dan pengurutan fungsi dasar yang ada pada Ms.Excel seperti `sum[range:range]` untuk melakukan penjumlahan dan `hlookup[lookup value, table.array,`

row index, range lookup], sehingga, hanya dengan meng-klik sebuah tombol, semua fungsi dalam Ms.Excel 2007 yang akan digunakan dapat di eksekusi semuanya secara berurutan.

Selain beberapa hal yang telah dijelaskan, *software* ini juga memanfaatkan beberapa *attitude* pada Ms.Excel 2007, *attitude* tersebut antara lain adalah :

1. Nilai bilangan random selalu berubah, apabila kita melakukan input pada kolom atau baris di Ms.Excel
2. *Pointer* akan bergerak ke kolom atau baris terakhir yang berisi nilai apabila kita memindahkan *pointer* dengan menekan tombol *ctrl* pada *keyboard*.
3. Apabila terdapat barisan angka antara kolom 1 sampai 10, dan beberapa kolom dalam *range* tersebut kosong, maka dengan menggunakan perintah GoTo, pemilihan dapat dilakukan hanya pada kolom yang berisi nilai (tidak kosong)

4.2.4.a Pembuatan *Software*

Berikut ini akan diuraikan langkah-langkah dalam membuat *software* yang sesuai dengan langkah-langkah penghitungan manual.

Langkah 1 : Diagram Aliran Data

Gambar diagram aliran data dapat dilihat pada lampiran 14.

Langkah 2 : Membentuk Tabel Sebagai Referensi Penjadwalan

Untuk dapat melakukan proses inisialisasi, diperlukan variabel waktu proses aktual, toleransi *completion time*, mesin yang digunakan, *due date* aktual dan *due date* toleransi, jumlah produk yang diproduksi. Sehingga, perlu dibentuk tabel yang berisi data-data tersebut yang nantinya akan digunakan sebagai referensi untuk melakukan inisialisasi. Berikut ini tabel yang digunakan :

1. Tabel input berjumlah dua buah, yaitu untuk komponen rangka dan komponen sambung. Apabila sebuah produk hanya terdiri dari komponen rangka, maka tabel komponen sambung tidak perlu diisi. Tabel ini berfungsi untuk menentukan toleransi *completion time* dari produk yang belum terdapat dalam tabel produk.
2. Tabel data produk berisi data produk yang sudah tersimpan, sehingga data-data seperti toleransi *completion time*, waktu proses pada mesin, dan mesin yang digunakan sudah tersedia. Apabila produk yang berada dalam tabel ini akan dijadwalkan, variabel yang perlu ditambahkan hanya variabel *due date* aktual, toleransi *due date*, dan jumlah produk yang akan diproduksi
3. Tabel waktu proses berisi data produk yang akan diproduksi. Data tersebut sudah dikelompokkan menjadi material yang berisi komponen sambung dan komponen rangka.
4. Tabel mesin berisi urutan mesin yang digunakan untuk memproduksi material yang ada pada tabel waktu proses. Tabel ini dibentuk karena setiap material tidak memiliki urutan proses yang sama.

5. Variabel fuzzy yang digunakan dalam tahap inisialisasi untuk menentukan *completion time* untuk setiap produk disimpan pada tabel data variabel fuzzy.

Langkah 3 : Pembangkitan Bilangan *Random*

```
Dim A As Integer
A = 1
For A = 1 To [pjtg_krom]
    Nilai cell = A
    Pindah cell 1 baris ke bawah
Next A
```

Langkah 4 : Pembentukan populasi awal

```
Dim A, B As Integer
A = 1
B = 1
For A = 1 To [jml_msn]
    For B = 1 To [jml_mat]
        Nilai cell = A
        Pindah cell 1 baris ke bawah
    Next B
Next A
```

Langkah 5 : *Crossover*

Ambil bilangan random yang sudah terbentuk sebanyak jumlah populasi yang ada dikurangi satu, karena menggunakan strategi elit, sehingga populasi nomor 1 nantinya akan ditempati oleh kromosom dengan nilai *fitness* tertinggi, kemudian pilih populasi mana yang memiliki bilangan *random* kurang dari probabilitas *crossover*.

```

Dim A As Integer
A = 1
Range(Bilangan random urutan 1, Bilangan random urutan ke
[pop_size]).Copy
For A = 1 To [pop_size] - 1
    If Bilangan Random < [pc] Then
        Nilai Cell = 0
    ElseIf Bilangan Random > [pc] Then
        Nilai Cell = 0
    End If
Next A

```

Langkah 6 : Mutasi

```

Dim A As Integer
A = RoundUp([pjpg_krom] / 2, 0)
Do Until [pjpg_krom]
    If Nilai Cell bilangan random < [pm] And Nilai Cell A ke bawah
        <> "" then
        Tukar nilai Cell A baris ke bawah
    ElseIf Nilai Cell bilangan random < [pm] And Nilai Cell A ke
        atas <> "" then
        Tukar nilai Cell A baris ke atas
    Else: Turunkan cell satu baris ke bawah
Loop

```

Langkah 7 : Generasi

Apabila generasi yang dilakukan sudah sesuai dengan jumlah generasi yang ditetapkan sebelumnya, atau nilai *fitness* tertinggi 5 generasi berturut turut

memiliki nilai yang sama, maka generasi berhenti. Kemudian, dilakukan inisialisasi ulang pada kromosom untuk membuat *gantt chart*

Langkah 8 : *Gantt Chart*

Pembentukan *gantt chart* menggunakan nilai waktu mulai, waktu selesai, waktu proses, dan mesin yang dihasilkan dari inisialisasi

4.2.4.b Verifikasi *Software*

Berikut ini akan dilakukan verifikasi *software* untuk membuktikan bahwa *software* yang terbentuk memiliki *attitude* yang sama dengan penghitungan manual.

Tabel 4.45 Tabel waktu proses dari produk yang akan diproduksi

No.	Material	Waktu Proses (jam)				
		Mesin 1	Mesin 2	Mesin 3	Mesin 4	Mesin 5
1	1	0	0	0,45	1,20	0
2	2	1,2	0,3	0,12	0	1,23
3	3	2,1	4,23	0	0	1,09
4	4	0	0	0	1,44	1,45
5	5	0,25	1,22	3,01	2,13	0,55

Tabel 4.46 Tabel mesin yang digunakan

No.	Material	Waktu Proses (jam)				
		Opr 1	Opr 2	Opr 3	Opr 4	Opr 5
1	1	3	4	0	0	0
2	2	1	2	3	5	0
3	3	1	2	5	0	0
4	4	4	5	0	0	0
5	5	1	2	3	4	5

Tabel 4.47 Tabel data variabel fuzzy

No	Material	Qty	% Toleransi Bawah	% Toleransi Atas	Due Date aktual	Due Date toleransi
1	1	2	0,02	0,13	6	0,10
2	2	4	0,07	0,05	15	0,08
3	3	1	0,03	0,12	13	0,05
4	4	2	0,10	0,10	15	0,15
5	5	3	0,12	0,07	18	0,11

Tahap 1 : Pembentukan Populasi Awal

Tabel 4.48 Populasi awal dari *software* untuk kromosom no.1 sampai 10

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4	2	3	2	5	5	5	3	2	1
2	4	4	1	5	3	3	4	1	4	2
3	2	2	4	4	4	2	3	5	5	2
4	5	3	2	1	1	4	3	4	3	5
5	2	5	4	5	2	1	1	4	3	3
6	2	2	1	1	4	1	2	3	4	1
7	5	5	5	2	1	1	3	2	2	4
8	5	1	3	5	1	2	3	5	4	1
9	3	5	5	3	3	3	1	5	1	5
10	1	5	3	2	5	5	1	1	3	5
11	3	4	1	1	4	3	1	3	2	2
12	1	2	2	3	2	5	3	4	5	4
13	5	5	4	3	4	1	5	1	5	3
14	1	3	5	5	3	2	5	1	5	2
15	4	3	4	2	1	2	4	4	1	4
16	3	1	1	4	5	3	1	2	2	5
17	5	1	1	1	2	4	4	2	5	3
18	1	3	3	3	2	5	5	1	1	2
19	1	2	5	4	3	5	2	3	1	4
20	2	1	2	4	3	1	2	2	4	1
21	3	4	3	1	1	2	2	3	1	4
22	3	4	4	3	5	4	4	4	3	1
23	4	4	2	4	4	4	4	5	2	3
24	4	1	2	5	5	3	5	5	3	3
25	2	3	5	2	2	4	2	2	4	5

Tahap 2 : Persilangan

Persilangan dilakukan dengan menyilangkan *partial schedule* dari kromosom 2 yang memiliki *background* biru dan *partial schedule* dari kromosom 6 yang

memiliki *background* merah muda. Berikut ini hasil dari persilangan dengan menggunakan *software*

Tabel 4.49 Persilangan antara kromosom 2 dan 6 yang dilakukan oleh *software*

No	2 Induk	2 Anak	6 Induk	6 Anak
1	2	2	5	2
2	4	2	3	3
3	2	4	2	5
4	3	1	4	2
5	5	1	1	1
6	2	1	1	1
7	5	2	1	1
8	1	3	2	4
9	5	5	3	3
10	5	5	5	5
11	4	5	3	3
12	2	5	5	5
13	5	4	1	1
14	3	2	2	2
15	3	5	2	2
16	1	3	3	3
17	1	3	4	4
18	3	3	5	5
19	2	2	5	5
20	1	1	1	1
21	4	4	2	2
22	4	4	4	4
23	4	4	4	4
24	1	1	3	3
25	3	3	4	4

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa persilangan dilakukan seperti pada saat penghitungan manual. dimana *partial schedule* 2 berada pada induk 1 dan *partial schedule* 1 berada pada induk 2. Panjang kromosom juga sesuai dengan panjang kromosom awal, yaitu 25 *gen*.

Tahap 3 : Mutasi

Tabel 4.50 Populasi setelah mutasi yang dilakukan oleh *software*

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4	2	3	2	5	5	5	3	2	1
2	4	4	1	5	3	3	4	1	4	2
3	2	2	4	4	4	2	3	5	5	2
4	5	3	2	1	1	4	3	4	3	5
5	2	5	4	5	2	1	1	4	3	3
6	2	2	1	1	4	1	2	3	4	1
7	5	5	5	2	1	1	3	2	2	4
8	5	1	3	5	1	2	3	5	4	1
9	3	5	5	3	3	3	1	5	1	5
10	1	5	3	2	5	5	1	1	3	5
11	3	4	1	1	4	3	1	3	2	2
12	1	2	2	3	2	5	3	4	5	4
13	5	5	4	3	4	1	5	1	5	3
14	1	3	5	5	5	2	5	1	5	2
15	4	3	4	2	1	2	4	2	1	4
16	3	1	1	4	5	3	1	2	2	5
17	5	1	1	1	2	4	4	2	5	3
18	1	3	3	3	2	5	5	1	1	2
19	1	2	5	4	3	5	2	3	1	4
20	2	1	2	4	3	1	2	2	4	1
21	3	4	3	1	1	2	2	3	1	4
22	3	4	4	3	5	4	4	4	3	1
23	4	4	2	4	4	4	4	5	2	3
24	4	1	2	5	3	3	5	5	3	3
25	2	3	5	2	2	4	2	4	4	5

Dari tabel, diketahui bahwa mutasi terjadi pada kromosom 5, *gen* nomor 14 dan kromosom 8, *gen* nomor 25. *Software* melakukan penukaran kromosom tersebut dengan 10 *gen* di atas atau di bawahnya untuk melakukan mutasi.

Tahap 4 : Inisialisasi

Inisialisasi dilakukan ke semua kromosom dalam populasi untuk mencari *completion time* dan nilai *fitness* masing-masing kromosom. Hasil inisialisasi dengan menggunakan *software* dapat dilihat setelah diketahui nilai *fitness*

Tabel 4.52 Hasil inisialisasi tahap 1 kromosom nomor 2 dengan menggunakan *software*

No.	Gen	Opr.	Msn.	Waktu Proses	Waktu Mulai	Waktu Selesai
1	2	1	1	1,20	0,00	1,20
2	2	2	2	0,30	1,20	1,50
3	4	1	4	1,44	0,00	1,44
4	1	1	3	0,45	0,00	0,45
5	1	2	4	1,20	1,44	2,64
6	2	3	3	0,12	1,50	1,62
7	3	1	1	2,10	1,20	3,30
8	5	1	1	0,25	3,30	3,55
9	5	2	2	1,22	3,55	4,77
10	5	3	3	3,01	4,77	7,78
11	5	4	4	2,13	7,78	9,91
12	4	2	5	1,45	1,44	2,89
13	2	4	5	1,23	2,89	4,12
14	5	5	5	0,55	9,91	10,46
15	3	2	2	4,23	4,77	9,00
16	3	3	5	1,09	10,46	11,55

Tabel 4.53 Hasil inisialisasi tahap 2 kromosom nomor 2 dengan menggunakan *software*

No.	Gen	C_T	Batas Bawah C_T	Batas Atas C_T	Due Date	Due Date Toleransi
1	1	2,64	2,53	3,32	6	6,6
2	4	2,89	2,31	3,46	15	17,25
3	2	4,12	2,96	4,94	15	16,2
4	5	10,46	6,69	12,65	18	19,98
5	3	11,55	11,20	12,93	13	13,65

Tahap 6 : Gantt Chart

Gantt chart pada *software* terbentuk dengan menggunakan data dari hasil inisialisasi. Contoh bentuk *gantt chart* dengan menggunakan *software* dapat dilihat pada lampiran 12 dan lampiran 13.

4.2.5 PENJADWALAN PRODUKSI PADA PT.HART.CO

Pembentukan jadwal produksi di PT.Hart.Co menggunakan metode *first in, first serve*, karena *order* dijadwalkan untuk diproses berdasarkan tanggal masuk *order* tersebut. Misalnya, *Order* yang masuk pada tanggal 7 pada bulan Januari akan dijadwalkan terlebih dahulu dari produk yang masuk pada tanggal 8 bulan Januari.

Berikut ini akan dilakukan pembentukan jadwal produksi pada departemen komponen dasar PT.Hart.Co, sesuai dengan metode yang digunakan perusahaan dengan menggunakan data rata-rata waktu proses yang diambil dari data pengamatan. Data dari hasil pengamatan digunakan karena pada data jadwal produksi perusahaan yang terbentuk tidak terdapat waktu proses secara spesifik, seperti terlihat pada lampiran 9.

Penjadwalan Awal

Data rata-rata waktu proses hasil pengukuran untuk setiap komponen pada masing-masing mesin pada tabel 4.21 dan 4.22 dan data masuknya *order* dan *due date* pada tabel 4.1, dibentuk sebuah jadwal produksi dengan menggunakan metode *first in, first serve* dengan satuan waktu adalah jam/unit yang akan diuraikan sebagai berikut :

MB.17.7.A Tanggal 5 Februari 2006

Penghitungan waktu proses untuk produk MB.17.7.A, *order* masuk pada tanggal 5 Februari 2006 dan jumlah produk 1 unit. Karena ini adalah *order* pertama yang

masuk, berarti *order* ini akan dijadwalkan pertama kali sehingga semua mesin tersedia.

Komponen Sambung :

Mesin yang digunakan untuk memproduksi komponen sambung produk adalah mesin 4, 5, 7, 8, dan 9. Karena ini adalah produk pertama, pekerjaan dapat dimulai pada saat $t = 0$. Berikut ini penghitungan *completion time* komponen sambung produk MB.17.7.A (1) :

C_T produk pada mesin 4 :

(Waktu Proses x Jumlah Produk) + Max [Waktu Mesin Tersedia; Waktu Material tersedia]

$$(0,90 \times 1) + \text{Max} [0; 0]$$

$$0,90 + 0 = \mathbf{0,90 \text{ Jam}}$$

C_T produk pada mesin 5 :

(Waktu Proses x Jumlah Produk) + Max [Waktu Mesin Tersedia; Waktu Material tersedia]

$$(1,87 \times 1) + \text{Max} [0; 0,90]$$

$$1,87 + 0,90 = \mathbf{2,77 \text{ Jam}}$$

Dengan menggunakan cara yang sama, dapat dihitung *completion time* pada mesin 7, 8 dan 9.

Komponen Rangka Produk :

Mesin yang digunakan untuk memproduksi komponen rangka produk adalah mesin 1, 2, 3, 5, 6, 7 dan 9. Karena ini adalah produk pertama, pekerjaan dapat dimulai pada saat $t = 0$. Berikut ini penghitungan *completion time* komponen rangka produk MB.17.7.A (1) :

C_T produk pada mesin 1 :

$(\text{Waktu Proses} \times \text{Jumlah Produk}) + \text{Max} [\text{Waktu Mesin Tersedia; Waktu Material tersedia}]$

$(1,95 \times 1) + \text{Max} [0; 0]$

$1,95 + 0 = \mathbf{1,95 \text{ Jam}}$

Dengan menggunakan cara yang sama, dapat dihitung *completion time* pada mesin 2, 3, 5, 6, 7, dan 9.

Hasil dari penghitungan *processing time* dengan metode *first in first serve* untuk seluruh produk dapat dilihat pada lampiran 14.

Setelah waktu proses pengerjaan produk pada mesin pada seluruh material diketahui, kemudian, dicari *completion time* dari masing-masing material dan menentukan apakah material tersebut terlambat atau tidak. Hasil *completion time* setiap material dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.54 *Completion time* produk dengan metode penjadwalan *first in first serve*

Tanggal Order Masuk	Kode Produk	Jenis Komponen	C_r (Jam)	Due Date (Jam)	Keterangan
5 Feb	MB.17.7.A	Sambung	5,44	16	Tidak Terlambat
		Rangka	15,02	16	Tidak Terlambat
7 Feb	MT.40.B	Sambung	15,94	13	Terlambat
		Rangka	16,52	13	Terlambat
R60	MC.40.A.1	Rangka	37,74	37	Terlambat
R60	MB.17.7.A	Sambung	40,83	43	Tidak Terlambat
		Rangka	45,09	43	Terlambat
R60	MB.17.7.A	Sambung	54	80	Tidak Terlambat
		Rangka	77,02	80	Tidak Terlambat
R60	MB.17.7.A	Sambung	86,85	75	Terlambat
		Rangka	105,1	75	Terlambat

Penjadwalan Ulang (*Rescheduling*)

Penjadwalan ulang dilakukan pada produk yang terdapat pada tabel 4.2. Produk baru ini dimasukkan dalam urutan terakhir jadwal yang terbentuk, atau produk baru tersebut dijadwalkan dengan cara melanjutkan jadwal yang sudah ada dengan waktu mulai untuk produk pertama pada $t = 90$, karena produk direncanakan akan diproduksi mulai tanggal 15 Februari atau $t = 90$. Hasil dari penjadwalan produk baru dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.55 Waktu proses material dengan metode penjadwalan *first in first serve*

Material	Mesin	Operasi	Waktu Proses	Waktu Mulai	Waktu Selesai
12	4	1	1,65	90	91,65
12	5	2	4,41	91,65	96,06
12	7	3	1,26	96,06	97,32

12	8	4	0,96	97,32	98,28
12	9	5	2,76	98,28	101,04
13	1	1	3,09	90	93,09
13	2	2	5,82	93,09	98,91
13	3	3	2,7	98,91	101,61
13	5	4	3,69	101,61	105,3
13	6	5	2,4	105,3	107,7
13	7	6	3,27	107,7	110,97
14	1	1	2,76	93,09	95,85
14	2	2	6,38	95,85	102,23
14	3	3	3,1	102,23	105,33
14	5	4	3,28	105,33	108,61
14	6	5	2,76	108,61	111,37
14	7	6	3,04	111,37	114,41
14	9	7	1,5	114,41	115,91

Tabel 4.56 *Completion time* produk dengan metode penjadwalan *first in first serve*

Tanggal Order Masuk	Kode Produk	Jenis Komponen	C _T (Jam)	Due Date (Jam)	Keterangan
14 Feb	MT.40.B	Sambung	101,4	110	Tidak Terlambat
		Rangka	112,71	110	Terlambat
14 Feb	MC.40.A.1	Rangka	115,91	118	Terlambat

Dari penggabungan tabel jadwal awal dan jadwal baru, dan dengan memberikan nilai 1 untuk pekerjaan yang tidak terlambat dan 0 untuk pekerjaan yang terlambat, dapat diketahui bahwa nilai rata-rata pekerjaan yang terlambat untuk jadwal produksi dengan menggunakan metode *first in first serve* adalah 0,42 dan jumlah total pekerjaan yang terlambat adalah 8 pekerjaan.

BAB V

PEMBAHASAN

Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui bagaimanakah membentuk sebuah jadwal produksi ditengah faktor ketidakpastian waktu proses, terutama pada proses yang dikerjakan dengan tenaga manusia yang terjadi pada PT.Hart.Co

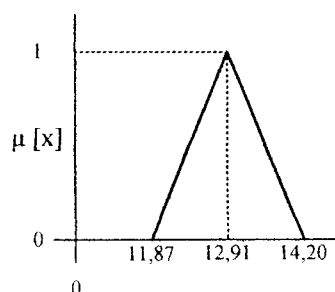
Pada pengolahan data untuk membentuk jadwal produksi dengan menggunakan *tools* dari *Artificial Intelligence*, yaitu algoritma genetik dan logika fuzzy, diperoleh hasil jadwal optimum seperti terlihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 5.1 Hasil jadwal produksi dengan menggunakan algoritma genetik dan logika fuzzy

<i>Order Masuk</i>	<i>Kode Produk</i>	<i>Komponen</i>	C_T	<i>Batas Bawah</i> C_T	<i>Batas Atas</i> C_T	<i>Due Date</i> <i>Aktual</i>	<i>Due Date</i> <i>Toleransi</i>	SG	<i>Keterangan</i>
7 Feb	MT.40.B	Sambung	12,91	11,87	14,20	13	14,95	1	0
5 Feb	MB.17.7.A	Sambung	14,01	12,74	15,41	16	18,4	1	0
R60(4)	MB.17.7.A	Sambung	16,21	13,29	19,45	43	46,44	1	0
R60(6)	MB.17.7.A	Sambung	38,71	21,29	58,06	75	82,5	1	0
R60(5)	MB.17.7.A	Sambung	43,11	27,59	60,35	80	84	1	0
R60(6)	MB.17.7.A	Rangka	75,1	52,57	93,87	75	82,5	0,99	0
R60(5)	MB.17.7.A	Rangka	81,78	62,15	98,13	80	84	0,90	0
5 Feb	MB.17.7.A	Rangka	82,66	77,70	86,79	16	18,4	0	1
R60(4)	MB.17.7.A	Rangka	85,69	75,40	94,25	43	46,44	0	1
7 Feb	MT.40.B	Rangka	90,63	83,37	98,78	13	14,95	0	1
R60	MC.40.A.1	Rangka	92,88	78,94	106,81	37	38,85	0	1

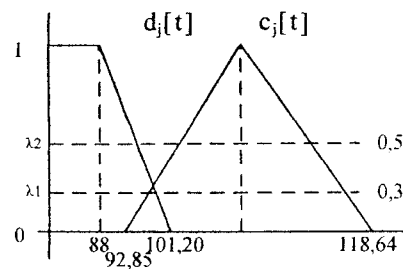
Dari tabel tersebut, dapat dianalisa bahwa *completion time* untuk setiap material tidak bersifat kaku atau hanya memiliki sebuah nilai tertentu, namun berupa *range* batas atas dan batas bawah dari *completion time* aktual. Sehingga, waktu proses yang tidak pasti apabila dikerjakan oleh manusia dapat

terakomodasi. Misalnya, pada tabel diatas, *completion time* untuk produk MT.40.B berada pada $t = 11,87$ sampai $t = 14,20$.



Gambar 5.1 *Completion time* fuzzy

Penentuan keterlambatan juga diukur menggunakan *possibility measure* dari himpunan fuzzy *completion time* dengan himpunan fuzzy *due date*, sehingga penentuan keterlambatan sebuah pekerjaan tidak ditentukan oleh *completion time* yang lebih besar dari *due date*, namun ditentukan oleh seberapa besar tingkat kepuasan yang dimiliki dari keterlambatan sebuah produk terhadap *due date* yang juga telah diberi toleransi dengan tingkat kepuasan minimum yang telah ditetapkan (λ). Semakin tinggi variabel λ yang ditetapkan, maka akan semakin banyak produk yang dinyatakan terlambat. Seperti dijelaskan pada gambar 5.2 di bawah, bahwa produk keterlambatan produk ditentukan dengan pandangan pengambil keputusan (λ). Jika besarnya $\lambda = 0,5$, produk yang selesai pada $t =$ antara 92,85 dan 118,64 dengan *due date* aktual $t = 88$ dan *due date* toleransi = $t - 101,20$ dinyatakan terlambat. Namun, jika $\lambda = 0,3$, produk tersebut dinyatakan tidak terlambat.



Gambar 5.2 *Completion time fuzzy dengan due date fuzzy*

Seperti yang biasa dikerjakan oleh manusia yang biasa menggunakan intuisi dan toleransi dalam mengambil keputusan, sehingga, seringkali produk yang hanya terlambat sedikit, dalam batasan tertentu, tetap ikut dijadwalkan pada posisi semula.

Batasan tersebut dalam model ini disimbolkan dengan variabel n'' , dimana n'' menggambarkan batasan mengenai jumlah produk yang selesai di luar *due date* yang dapat dimasukkan ke dalam jadwal. Semakin besar n'' , maka semakin besar tingkat kepuasan mengenai jumlah produk yang terlambat.

Pada hasil penjadwalan awal dengan menggunakan algoritma genetik dan logika fuzzy ini, terdapat 4 pekerjaan yang terlambat dengan tingkat kepuasan rata-rata pekerjaan yang terlambat adalah 0,62 dan tingkat kepuasan mengenai jumlah pekerjaan yang terlambat adalah 0. Nilai tingkat kepuasan dari pekerjaan yang terlambat bernilai 0 karena jumlah pekerjaan yang terlambat lebih banyak dari jumlah toleransi (n'') yang ditentukan, yaitu 15% dari total pekerjaan atau 2 pekerjaan yang diperbolehkan untuk terlambat.

Kegiatan penjadwalan ulang juga dilakukan dengan menggunakan kedua *tools* tersebut. Hanya saja metode yang digunakan untuk penjadwalan ulang tidak mengubah secara keseluruhan susunan jadwal produksi yang telah terbentuk, susunan jadwal berubah hanya pada produk yang belum diproses dalam jadwal lama dan produk baru yang masuk dengan menyesuaikan waktu mulai proses dengan waktu produk baru tersebut akan dijadwalkan.

Hal ini dilakukan karena apabila seluruh jadwal dirombak untuk mencari solusi optimum setelah masuknya produk baru, dikhawatirkan produk yang sudah selesai akan dijadwalkan kembali dan produk yang belum diproses akan dijadwalkan di waktu yang telah lewat. Berikut ini adalah hasil penjadwalan ulang dengan menggunakan *tools artificial intelligence* :

Tabel 5.2 Hasil penjadwalan ulang dengan menggunakan algoritma genetik dan logika fuzzy setelah masuknya produk baru

<i>Order</i> Masuk	Kode Produk	Komponen	C_T	Batas Bawah C_T	Batas Atas C_T	<i>Due</i> <i>Date</i> Aktual	<i>Due Date</i> Toleransi	SG	Keterangan
7 Feb	MT.40.B	Sambung	12,91	11,87	14.20	13	14,95	1	0
5 Feb	MB.17.7.A	Sambung	14,01	12,74	15,41	16	18,4	1	0
R60(4)	MB.17.7.A	Sambung	16,21	13,29	19,45	43	46,44	1	0
R60(6)	MB.17.7.A	Sambung	38,71	21,29	58.06	75	82,5	1	0
R60(5)	MB.17.7.A	Sambung	43,11	27,59	60.35	80	84	1	0
R60(6)	MB.17.7.A	Rangka	75,1	52,57	93.87	75	82,5	0,99	0
R60(5)	MB.17.7.A	Rangka	81,78	62,15	98.13	80	84	0,90	0
5 Feb	MB.17.7.A	Rangka	82,66	77,70	86.79	16	18,4	0	1
R60(4)	MB.17.7.A	Rangka	85,69	75,40	94.25	43	46,44	0	1
R60	MC.40.A.1	Rangka	92,25	78,41	106,08	37	38,85	0	1
7 Feb	MT.40.B	Rangka	92,83	85,4036	101.1847	13	14,95	0	1
14 Feb	MT.40.B	Sambung	101,04	76,7904	131,352	110	126,5	1	0
14 Feb	MT.40.B	Rangka	112,71	85,6596	143,1417	110	126,5	0,93	0
14 Feb	MC.40.A.1	Rangka	118,97	107,073	130.867	118	135,7	0,91	0

Setelah dilakukan perubahan jadwal, hanya terdapat 2 buah material dari jadwal lama yang berubah, dan 3 buah material baru yang masuk dalam jadwal. Dari *completion time* jadwal baru tersebut, terdapat 4 pekerjaan yang terlambat secara keseluruhan dan tingkat kepuasan untuk rata-rata pekerjaan yang terlambat adalah 0,69.

Untuk memudahkan penghitungan, dibangun sebuah *software* dengan menggunakan *Visual Basic for Application* pada Ms. Excel 2007. Dari *software* yang terbentuk, dapat dianalisa bahwa perubahan susunan mesin dan perubahan material dapat dilakukan tanpa mengubah kode program yang telah terbentuk. Hal ini terjadi karena penghitungan dalam *software* menggunakan referensi dari tabel-tabel yang berisi waktu proses, parameter fuzzy, dan mesin yang digunakan, dengan memanfaatkan *attitude* dari Ms.Excel. Perubahan spesifikasi jadwal dapat dilakukan dengan mengubah data yang ada pada tabel-tabel tersebut. Dengan demikian, *software* ini dapat dijalankan baik oleh seluruh departemen produksi di PT.Hart.Co (tidak hanya departemen komponen dasar, namun dapat menghubungkan semua departemen), maupun untuk perusahaan-perusahaan manufaktur lain dengan berbagai tipe proses produksi.

Jadwal produksi pada PT.Hart.Co seperti terlihat pada lampiran 9, tidak berbentuk Gantt Chart. Hanya berbentuk tabel dengan perkiraan waktu selesai produk di tiap departemen sebagai alat kontrol jadwal. Tidak terlihat dengan jelas berapa waktu yang dibutuhkan setiap material untuk melakukan proses produksi sebuah produk. Masukan untuk membuat jadwal produksi diperoleh dari waktu

order yang masuk. *Order* pertama yang diterima akan dijadwalkan pertama kali, dan diikuti dengan *order-order* lain yang masuk selanjutnya.

Dengan menggunakan waktu proses dari data pengamatan yang dilakukan, dibentuk sebuah jadwal produksi dengan menggunakan metode *first in first serve* dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 5.3 *Completion time* produk dengan metode penjadwalan *first in first serve*

Tanggal Order Masuk	Kode Produk	Jenis Komponen	C_T (Jam)	Due Date (Jam)	Keterangan
5 Feb	MB.17.7.A	Sambung	5,44	16	Tidak Terlambat
		Rangka	15,02	16	Tidak Terlambat
7 Feb	MT.40.B	Sambung	15,94	13	Terlambat
		Rangka	16,52	13	Terlambat
R60	MC.40.A.1	Rangka	37,74	37	Terlambat
R60	MB.17.7.A	Sambung	40,83	43	Tidak Terlambat
		Rangka	45,09	43	Terlambat
R60	MB.17.7.A	Sambung	54	80	Tidak Terlambat
		Rangka	77,02	80	Tidak Terlambat
R60	MB.17.7.A	Sambung	86,85	75	Terlambat
		Rangka	105,1	75	Terlambat

Jadwal produksi yang terbentuk dengan menggunakan metode *first in first serve* menghasilkan jadwal dengan 6 pekerjaan yang terlambat dan *completion time* yang bersifat kaku (*crisp*). Jadwal ini kurang cocok apabila ditetapkan pada perusahaan yang banyak menggunakan tenaga manusia pada proses produksinya seperti pada PT.Hart.Co.

Penjadwalan ulang untuk menjadwalkan produk baru juga dilakukan dengan melanjutkan jadwal yang sudah terbentuk dengan memodifikasi waktu mulai dari jadwal baru tersebut, hasil jadwal baru dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.4 *Completion time* produk pada jadwal baru dengan metode penjadwalan *first in first serve*

Tanggal Order Masuk	Kode Produk	Jenis Komponen	C_T (Jam)	Due Date (Jam)	Keterangan
14 Feb	MT.40.B	Sambung	101,4	110	Tidak Terlambat
		Rangka	112,71	110	Terlambat
14 Feb	MC.40.A.1	Rangka	115,91	118	Terlambat

Dengan menggabungkan jadwal baru dan jadwal lama, terdapat 8 pekerjaan yang terlambat dan nilai rata-rata pekerjaan yang terlambat secara keseluruhan adalah 0,42 apabila jadwal dibentuk dengan metode *first in first serve*. Hal ini terjadi karena faktor susunan jadwal yang kurang optimal.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan analisa mengenai jadwal produksi pada PT.Hart.Co dan pembahasan mengenai penjadwalan produksi dengan menggunakan *tools* dari *artificial Intelligence*, dapat diambil sebuah kesimpulan dan beberapa saran untuk perusahaan dan bagi penelitian selanjutnya.

6.1 KESIMPULAN

Jadwal produksi yang terbentuk disusun dengan menggunakan *tools* dari *artificial intelligence*, yaitu logika fuzzy untuk memodelkan ketidaktepatan dan ketidakpastian waktu proses dengan menghasilkan sebuah *completion time* yang fleksibel atau berada dalam *range* tertentu dan untuk mengukur tingkat kepuasan atas keterlambatan pekerjaan yang terjadi, dan algoritma genetik untuk mencari solusi optimum dari urutan pekerjaan yang memiliki *due date* dan *completion time* fuzzy.

Dengan menggunakan kedua *tool* di atas, diperoleh jadwal optimum pada generasi ke 15 algoritma genetik dengan nilai *fitness* 0,31. Dari solusi optimum tersebut, terdapat 4 pekerjaan yang terlambat baik dalam jadwal awal, maupun jadwal baru dengan jumlah total pekerjaan adalah 14 pekerjaan dengan *ganttt chart* pada lampiran 12 dan 13.

Tingkat kepuasan dari rata-rata pekerjaan yang terlambat adalah 0,69 dalam fungsi keanggotaan fuzzy, dimana 1,00 adalah nilai sempurna dan tingkat kepuasan pekerjaan yang terlambat adalah 0, karena jumlah pekerjaan yang terlambat, yaitu 4 pekerjaan, melebihi toleransi yang diberikan, yaitu 2 pekerjaan.

Pada penjadwalan dengan menggunakan metode yang digunakan oleh PT.Hart.Co, yaitu metode *first in first serve*, diperoleh nilai rata-rata pekerjaan yang terlambat adalah 0,42 dengan 1,00 adalah nilai sempurna untuk jadwal awal dan jadwal baru, dan terdapat 8 pekerjaan yang terlambat pada keseluruhan jadwal.

Dari penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa penjadwalan produksi dengan menggunakan logika fuzzy dan algoritma genetik, selain dapat mengakomodasi ketidaktepatan waktu proses, juga dapat menurunkan rata-rata keterlambatan material dan menurunkan jumlah pekerjaan yang terlambat.

6.2 SARAN

Berikut ini, akan diberikan saran untuk perusahaan dan untuk penelitian selanjutnya :

1. Untuk memperbaiki kualitas jadwal produksinya, dengan tujuan untuk meminimumkan jumlah pekerjaan yang terlambat untuk diserahkan kepada konsumen, PT.Hart.Co harus mengetahui lamanya waktu proses setiap produk untuk diproses dalam setiap mesinnya dan mengetahui mesin mana saja yang menganggur dan dapat digunakan untuk memproses

sebuah produk yang belum terproses, sehingga tingkat utilisasi mesin menjadi tinggi. Selain itu, memaksimalkan penggunaan mesin atau fasilitas produksi dalam perusahaan dapat menurunkan tingkat keterlambatan produk

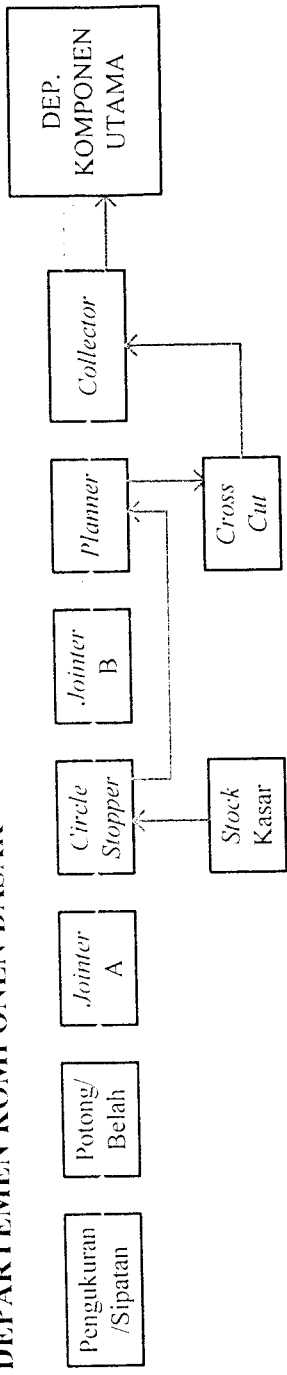
2. Perkiraan waktu proses dalam pembuatan jadwal produksi, mengingat proses produksi pada PT.Hart.Co banyak yang menggunakan tenaga manusia yang tidak dapat dipastikan, berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk memproses sebuah produk, sebaiknya dimodelkan dengan menggunakan logika fuzzy. Dengan demikian, jadwal produksi yang terbentuk sudah meliputi faktor kelemahan manusia di dalamnya.
3. Konsep dari *intelligent system* yang sempurna adalah, dimana system tersebut dapat belajar sendiri berdasarkan dari data-data masa lalu yang di *input* kan dalam system. Sehingga untuk penelitian selanjutnya, sistem penjadwalan ini dapat dikembangkan sengan menambahkan *tool* lainnya dari *artificial intelligence* seperti *Probabilistic Reasoning* dan *Artificial Neural Network*.

DAFTAR PUSTAKA

- Fayad, Carole., Petrovic, Sanja. 2005. *A Genetic Algorithm for the Real-World Fuzzy Job Shop Scheduling*. Nottingham. Automated Scheduling, Optimization, and Planning Group (ASAP), School of Computer Science and IT, University Of Nottingham, Great Britain.
- Available at : <http://www.asap.cs.nott.ac.uk/projects/fms>
- Galindo, Jose., Urrutia, Angelica., Piattini, Mario. 2006. *Fuzzy Databases : Modelling, Design, and Implentation*. Idea Group Publishing. United States of America.
- Available at : <http://www.blueportal.org>
- Gen, Mitsuo., Cheng, Runwei. 1997. *Genetic Algorithm and Engineering Design*. Canada : John Wiley & Sons, Inc.
- Kusuma Dewi, Sri. 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Nasution, Arman Hakim. 1999. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Guna Widya, Jakarta.
- Trisnawati, Elus. 2004. *Minimasi Makespan Penjadwalan Job Shop dengan Pendekatan Algoritma Genetik*. Skripsi, tidak diterbitkan. Yogyakarta : Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

PROSES PRODUKSI PADA DEPARTEMEN KOMPONEN DASAR PT.HART.CO

DEPARTEMEN KOMPONEN DASAR



Keterangan :


→ Aliran material komponen sambung

→ Aliran material komponen rangka

DATA RENCANA PRODUKSI FEBRUARI 2006

Raw 6/06
6/2

Formulir Mutu

 FURNITURE & INTERCRAFT PRODUKSI & EKSPORER		No. Revisi: 0 Nama Barang		Icti Berkaitu: 8 Ssect03 Posisi Barang Dalam Proses		Halaman: /	
No. Order	Retransi	Code	Qty	KU	AVG	RANGE	Akhir
1							

No	Order	Retransi	Code	Qty	KU	AVG	RANGE	Akhir
1	Jan 14	3	MD12A	12MB, 12M	17 02 06	15 02 06	27 02 06	20 05 06 25 03 06 07 04 06
2	2	2	MD21D	5, 271	12 02 06	15 02 06	27 02 06	27 03 06 29 03 06 06 04 06
3	Jan 12	3	MD21D	1, 111	14 02 06	17 02 06	04 03 06 20 03 06	05 04 06 17 04 06
4	Jan 11	7	MD11C	1, 111	24 02 06	27 02 06	04 03 06 20 03 06	05 04 06 17 04 06
5	Jan 1	1	MD11C	1, 111	24 02 06	27 02 06	04 03 06 20 03 06	05 04 06 17 04 06
6	Jan 4	1	MD11C	1, 111	23 02 06	27 02 06	04 03 06 20 03 06	05 04 06 17 04 06
7	Jan 6	1	MD11C	1, 111	23 02 06	27 02 06	04 03 06 20 03 06	05 04 06 17 04 06
8	Jan 13	1	MD13-3	1, 111	28 02 06	10 03 06	04 03 06 20 03 06	05 04 06 17 04 06
9	Jan 2	1	MD13-3	1, 111	28 02 06	10 03 06	04 03 06 20 03 06	05 04 06 17 04 06
10	Jan 5	1	MD13-3	1, 111	28 02 06	10 03 06	04 03 06 20 03 06	05 04 06 17 04 06
11	Jan 7	1	MD13-3	1, 111	28 02 06	10 03 06	04 03 06 20 03 06	05 04 06 17 04 06
12	Jan 10	1	MD13-3	1, 111	28 02 06	10 03 06	04 03 06 20 03 06	05 04 06 17 04 06
13	Jan 10	1	MD13-3	1, 111	28 02 06	10 03 06	04 03 06 20 03 06	05 04 06 17 04 06
14	Jan 10	1	MD13-3	1, 111	28 02 06	10 03 06	04 03 06 20 03 06	05 04 06 17 04 06
15	Jan 10	1	MD13-3	1, 111	28 02 06	10 03 06	04 03 06 20 03 06	05 04 06 17 04 06
16	Jan 10	1	MD13-3	1, 111	28 02 06	10 03 06	04 03 06 20 03 06	05 04 06 17 04 06
17	Jan 10	1	MD13-3	1, 111	28 02 06	10 03 06	04 03 06 20 03 06	05 04 06 17 04 06
18	Jan 10	1	MD13-3	1, 111	28 02 06	10 03 06	04 03 06 20 03 06	05 04 06 17 04 06

13. ASB 27/06

DATA BEDAH KOMPONEN PRODUK MB-17.7A

Formulari Mutu 4 MA, 3 MR
Lampiran 3

19

URE & HAKSI/CRAFT
SER - EXPORTER

Bedah Komponen

No. 7 nbn: F/DSCG/04/023 No Re KIR: Tol Beraku: 6 Sept 03 Hal: 1/2

Code : MB 17.7A		Masa : 75		Masa : 1.1.11 x 221		Masa : 7		Masa : 200	
Code : REGULER		Masa : 200		Masa : 200		Masa : 200		Masa : 200	
No	Uraian	QTY	Vol	Wt	Wt	Wt	Wt	Wt	Wt
1	Mahkota - bng. blok top	107	39.5	1.5	1	0.00624			
6	Blok Top	107	37.5	1.5	1	0.00624			
15	Slak 11 - bng. blok	97	37	2	1	0.0071			
21	Pintu - bng. (bng. blok)	67.5	37.5	2	2	0.0115			
27	Panel samping	52.5	31	2	6	0.0225			
28	DKR ASD / Panel	103	37	2	5	0.0217			
31	Dish Port in	105	30.5	1.5	1	0.00675			
38	Blok balok - bng. blok atas	115.5	45	1.5	2	0.0132			
39	Blok balok - bng. blok bawah	65.5	45	1.5	2	0.0075			
2	Mahkota - bng. blok top	110	40	2.5	1	0.0075			
3	Mahkota - bng. blok samping	41	40	2.5	2	0.0075			
4	Mahkota - bng. blok belakang	107	38.5	2	1	0.00624			
9	Tiang depan	122	6.5	2.5	2	0.0035			
10	Angkang depan	113	8	2.5	1	0.0075			
11	Pintu - bng. blok (depan)	11.5	6.5	2.5	4	0.0075			
12	Pintu - bng. blok (depan)	11.5	6.5	2.5	4	0.0075			
13	Angkang depan	103	5	2.5	2	0.0075			
14	Slak 11 - bng. blok	97	3.5	2.5	1	0.0075			
16	Slak 11 - bng. blok	70	5	2	2	0.0075			
19	Pintu - bng. blok (depan)	67.5	6.5	2.5	4	0.0075			
20	Pintu - bng. blok (depan)	41.5	6.5	2.5	4	0.0075			
22	Angkang depan	103	3	2.5	1	0.0075			
23	Panel samping	138	3.5	2.5	2	0.0075			
24	Tiang depan	122	3	2.5	1	0.0075			
25	Angkang depan	103	7	2.5	4	0.0075			
26	Angkang depan	103	6	2.5	4	0.0075			
34	Angkang depan	115	3	2.5	2	0.0075			
35	DKR balok - bng. blok	121	7	2	2	0.0075			
36	Blok balok - bng. blok	121	7	2	1	0.0075			
37	Blok balok - bng. blok	121	7	2	2	0.0075			
38	Angkang depan	110	3	2.5	1	0.0075			

PT. ...
 ...
 ...

...
 ...

...
 ...

...
 ...

... 272

No	...	...	...	...	...	...	...
41	...	41	9	2.5	2	0.00195	
42	...	17	9	2	2	0.00195	
43	...	13	10	2	4	0.00164	
44	...	10	8	2	4	0.00164	
5	...	110	2	2	2	0.00195	
6	...	15	10	2	4	0.00195	
7	...	10	10	2	4	0.00195	
17	...	41	2	2	4	0.00195	
18	...	41	6	2	2	0.00195	
29	...	195	3	1	4	0.00235	
30	...	22.5	3	2.5	8	0.00261	
32	...	105	2	2	2	0.00195	
33	...	22.5	2	2	2	0.00195	
45	...	112	1	1	2	0.00195	
46	...	42	1	1	6	0.00195	
47	...	15	10	2	4	0.00195	
48	...	11.5	7.5	2	2	0.00195	
49	...	7.5	5.5	2	2	0.00195	

... = ...

...
 ...
 ...

...
 ...
 ...

FURNITURE & HANDICRAFT
 PRODUCER - EXPORTER


Bedah Komponen

No. Dokumen : F/DSG/01/02A No Revisi : 0 Tgl Berlaku : 8 Sept'03 Hal : 1

Code : MT 62.2A
 Nama Barang : Coffee Table Square 2-Loose Drawers 65 x 65 x 50 w/Bevel glass on Top
 Order : REGULER
 Digandakan : 12 kali

No	Keterangan	Nama Komponen	UKURAN [cm]			Qty	VOLUME [m3]
			Panjang	Lebar	Tebal		
Komponen sambung/pasir							
6	Rak fixed		47	47	2	1	0.00442
13	Laci - bag. bawah		44	51	1	1	0.00224
Komponen frame							
1	Frame top		65	10	2.5	4	0.00350
2	Tiang		44	5	5	4	0.00440
3	Ambang atas		51	4	2.5	4	0.00204
4	Ambang atas bawah laci		51	4	2.5	8	0.00408
5	List tempel ambang atas laci		49	5	1	4	0.00098
9	Blok samping		45	13	2	2	0.00234
10	List blok samping		45	1.5	1.2	6	0.00040
11	Laci - bag. depan		43	11	2	2	0.00189
12	Laci - bag. samping		55	13	2	2	0.00286
15	Sepatu kaki		13	13	2	8	0.00270
Komponen lepas							
7	Rel laci A		45	2	2	2	0.00036
8	Rel laci B		45	4	2	2	0.00072
14	Laci - bag. list		45	3	1.2	6	0.00097
Total =							0.03700

Mengetahui,
 Ashep Rosperidi
 Drafter

Patean, 6 Sept'05

 Teguh Sugiherso
 Ast. Drafter

14 A. ASB 26/06

Formulir Mutu

6 MI
Lampiran 5
10

DATA BEDAH KOMPONEN PRODUK MC 40.A.1

PT. MATECO

FURNITURE & HANDICRAFT
PRODUCER - EXPORTER

Bedah Komponen

No. Urutan : FIDSG/01/02A No Revisi : 0 Tgl Berlaku : 8 Sept'63 Hal : 1/1

Code : L20.03
Nama barang : Georgian Milk Chair
Order : Sp. Jan'65/No.6 (GR001/573)

Digandakan : 6 Kali

No	Keterangan	Nama Komponen	URUKAN (mm)			Qty	VOLUME (cm ³)
			Panjang	Lebar	Tebal		
1		Kaki depan	44	4.2	4.5	2	0.00166
2		Kaki belakang (mali)	53	9	5	2	0.00332
3		Ambang depan	51	7	3	1	0.00107
4		Ambang samping	41	7	3	2	0.00172
5		Ambang belakang	41	7	3	1	0.00086
6		Sandaran atas (mali)	51	6	6.5	1	0.00199
7		Sandaran (mali)	54	22	2	1	0.00238
8		Ambang bawah sandaran	21	3.5	3	1	0.00022
9		Frame depan	46.5	6.5	2	1	0.00060
10		Frame samping	38	6.5	2	2	0.00092
11		Frame belakang	38.5	6.5	2	1	0.00051
12		Spine	15	10	2.5	1	0.00150
13		Silinder	6.5	6.5	3	1	0.00011
14		Ambang bawah II	43	3	2	3	0.00080
						Total =	0.00872

Mengetahui,

[Signature]

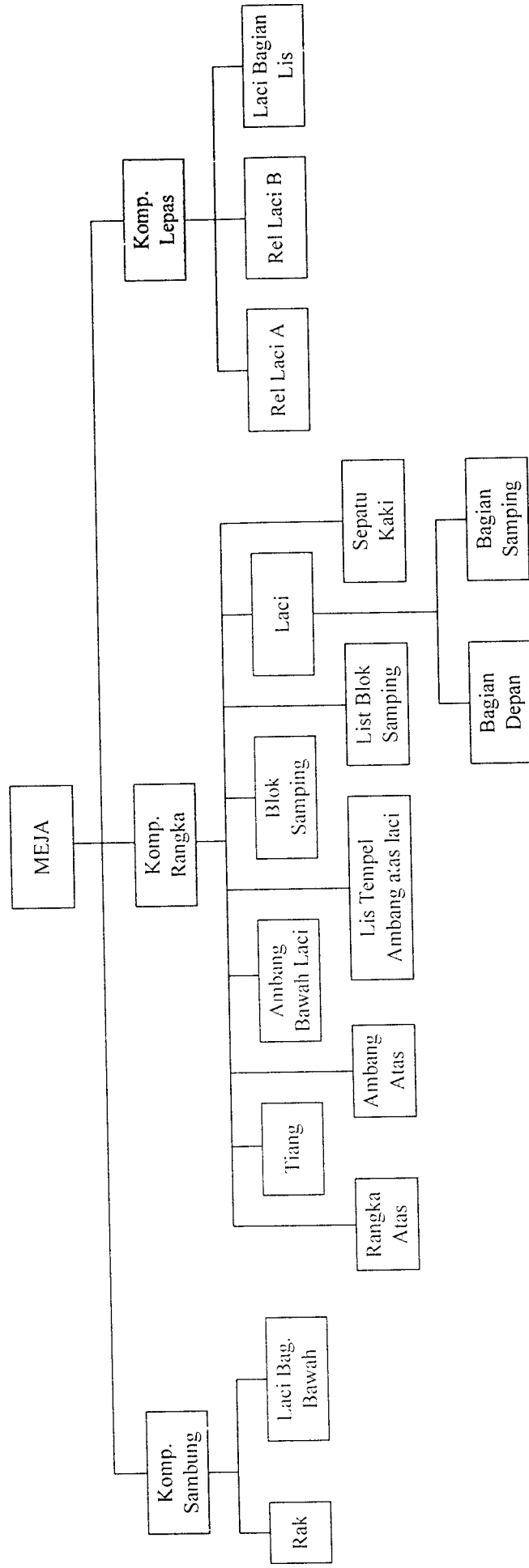
Shop Incharge
Drafter

Revisi

[Signature]

Teguh Suprianto
Asst. Drafter

BILL OF MATERIAL PRODUK MT.40.B



KETERANGAN :

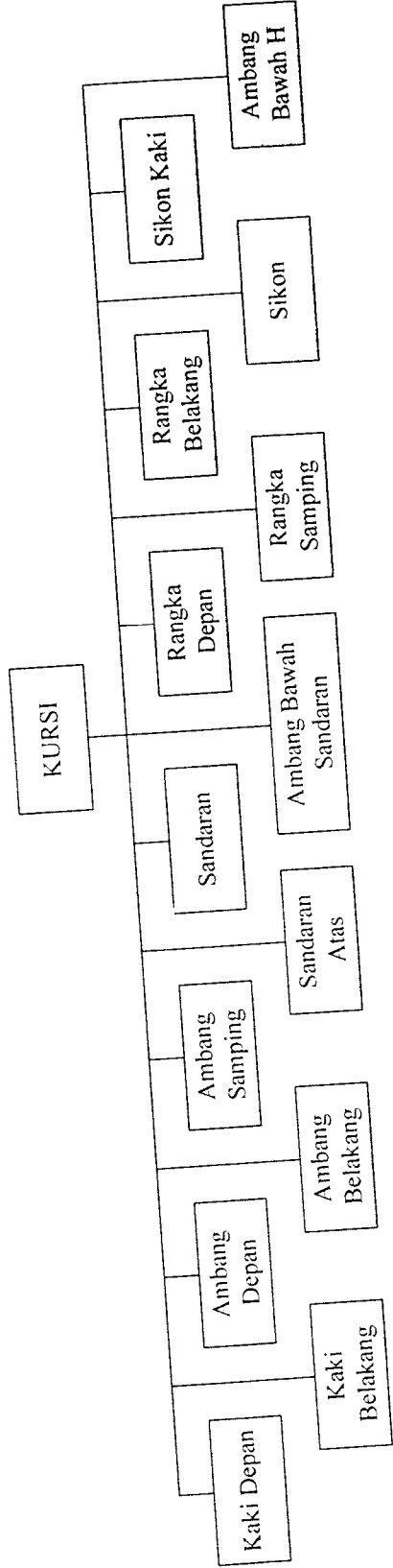
: Produk

: Komponen

: Part

: Sub-Part

BILL OF MATERIAL PRODUK MC.40.A.1



KETERANGAN :

: Produk

: Komponen

: Part

: Sub-Part

JADWAL PRODUKSI PERUSAHAAN

Lampiran 9

Formulir Mutu

PT. LUBAHI 2006

Surat Perintah Kerja

Tgl Berlaku: 16 Jan 06

Tgl Revisi: 01

Halaman 2006

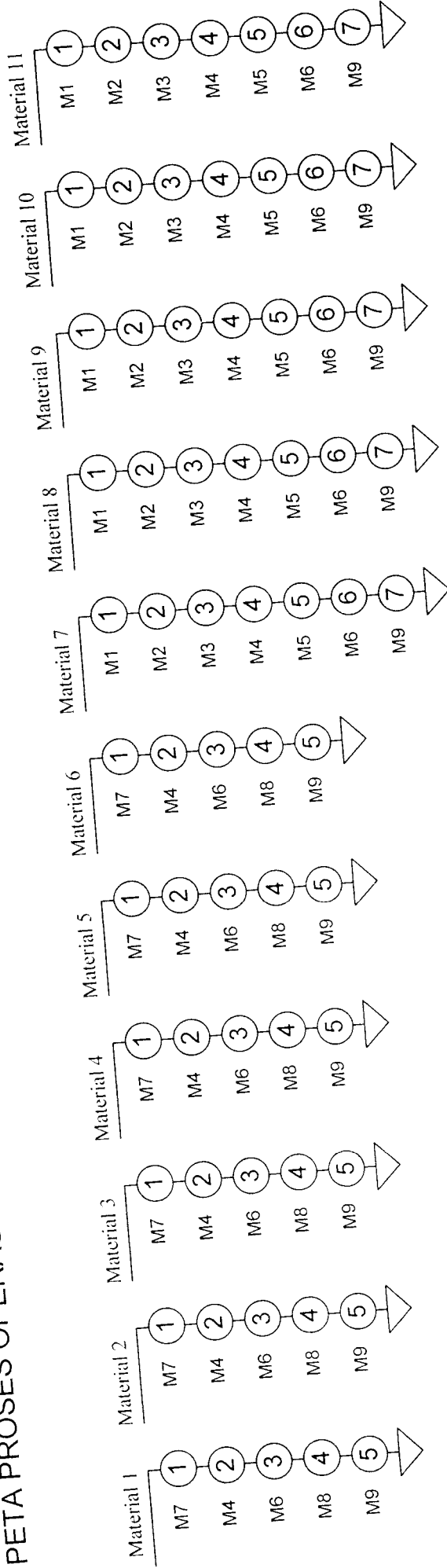
Hal Tgl

Nama : Raw P. SUWARDI

Bersama ini disampaikan Surat Perintah Kerja untuk menyelesaikan barang sbb:

No	Order	Referensi	Code	Nama Barang	Qty	target penyelesaian			
						Pembaheian	Assambing	Finishing	Order
1	100-1	Water	A	Water Bookcase Set 4m1 w/ Stainer Glass	10000	8-3-06	29-3-06	11-4-06	C-20
2	100-1	Water	B	Water Bes 490 w/ Door 90ml 22.82.221	10000	8-3-06	29-3-06	11-4-06	C-20
3	100-1	Water	C	Water Bes 490 x 41 x 10, self 8 piece of wood	10000	8-3-06	29-3-06	11-4-06	C-20
4	100-1	Water	D	Water Presses w/3 Press 165.40.90	10000	8-3-06	29-3-06	11-4-06	C-20
5	100-1	Water	E	Water Presses w/3 Press 165.40.90	10000	8-3-06	29-3-06	11-4-06	C-20

PETA PROSES OPERASI UNTUK TIAP MATERIAL PADA DEPARTEMEN KOMPONEN DASAR



Lampiran 11

PENGHITUNGAN WAKTU MULAI DAN WAKTU SELESAI PADA KROMOSOM 1

No	Gen	Operasi	Urutan Operasi	Mesin	Urutan Mesin	Urutan Operasi Mesin	Waktu Proses	Waktu Mulai	Waktu Selesai
1	5	1	5/1	4	1	4/1	0,55	0,00	0,55
2	9	1	9/1	1	1	1/1	9,75	0,00	9,75
3	10	1	10/1	1	2	1/2	1,03	9,75	10,78
4	11	1	11/1	1	3	1/3	4,14	10,78	14,92
5	3	1	3/1	4	2	4/2	3,60	0,55	4,15
6	4	1	4/1	4	3	4/3	4,50	4,15	8,65
7	4	2	4/2	5	1	5/1	9,35	8,65	18,00
8	2	1	2/1	4	4	4/4	1,80	8,65	10,45
9	7	1	7/1	1	4	1/4	3,90	14,92	18,82
10	9	2	9/2	2	1	2/1	18,80	9,75	28,55
11	7	2	7/2	2	2	2/2	7,52	28,55	36,07
12	6	1	6/1	1	5	1/5	1,95	18,82	20,77
13	1	1	1/1	4	5	4/5	0,90	10,45	11,35
14	7	3	7/3	3	1	3/1	4,06	36,07	40,13
15	10	2	10/2	2	3	2/3	1,94	36,07	38,01
16	6	2	6/2	2	4	2/4	3,76	38,01	41,77
17	9	3	9/3	3	2	3/2	10,15	40,13	50,28
18	1	2	1/2	5	2	5/2	1,87	18,00	19,87
19	3	2	3/2	5	3	5/3	7,48	19,87	27,35
20	5	2	5/2	5	4	5/4	1,47	27,35	28,82
21	11	2	11/2	2	5	2/5	9,57	41,77	51,34
22	8	1	8/1	1	6	1/6	7,80	20,77	28,57
23	9	4	9/4	5	5	5/5	12,25	50,28	62,53
24	7	4	7/4	5	6	5/6	4,90	62,53	67,43
25	10	3	10/3	3	3	3/3	0,90	50,28	51,18
26	11	3	11/3	3	4	3/4	4,65	51,34	55,99
27	1	3	1/3	7	1	7/1	0,91	19,87	20,78
28	3	3	3/3	7	2	7/2	3,64	27,35	30,99
29	4	3	4/3	7	3	7/3	4,55	30,99	35,54
30	8	2	8/2	2	6	2/6	15,04	51,34	66,38
31	10	4	10/4	5	7	5/7	1,23	67,43	68,66
32	1	4	1/4	8	1	8/1	0,66	20,78	21,44
33	11	4	11/4	5	8	5/8	4,92	68,66	73,58
34	2	2	2/2	5	9	5/9	3,74	73,58	77,32
35	3	4	3/4	8	2	8/2	2,64	30,99	33,63
36	6	3	6/3	3	5	3/5	2,03	55,99	58,02
37	8	3	8/3	3	6	3/6	8,12	66,38	74,50
38	6	4	6/4	5	10	5/10	2,45	77,32	79,77
39	7	5	7/5	6	1	6/1	4,12	67,43	71,55

40	1	5	1/5	9	1	9/1	1,10	21,44	22,54
41	7	6	7/6	7	4	7/4	3,78	71,55	75,33
42	9	5	9/5	6	2	6/2	10,30	71,55	81,85
43	10	5	10/5	6	3	6/3	0,80	81,85	82,65
44	9	6	9/6	7	5	7/5	9,45	81,85	91,30
45	2	3	2/3	7	6	7/6	1,82	91,30	93,12
46	4	4	4/4	8	3	8/3	3,30	35,54	38,84
49	4	5	4/5	9	2	9/2	5,50	38,84	44,34
50	3	5	3/5	9	3	9/3	4,40	44,34	48,74
51	7	7	7/7	9	4	9/4	1,76	75,33	77,09
52	11	5	11/5	6	4	6/4	4,14	82,65	86,79
53	2	4	2/4	8	4	8/4	1,32	93,12	94,44
54	5	3	5/3	7	7	7/7	0,42	93,12	93,54
56	2	5	2/5	9	5	9/5	2,20	94,44	96,64
57	10	6	10/6	7	8	7/8	1,09	93,54	94,63
58	11	6	11/6	7	9	7/9	4,56	94,63	99,19
59	8	4	8/4	5	11	5/11	9,80	79,77	89,57
60	6	5	6/5	6	5	6/5	2,06	86,79	88,85
61	10	7	10/7	9	6	9/6	0,58	96,64	97,22
62	11	7	11/7	9	7	9/7	2,25	99,19	101,44
66	8	5	8/5	6	6	6/6	8,24	89,57	97,81
69	5	4	5/4	8	5	8/5	0,32	94,44	94,76
74	5	5	5/5	9	8	9/8	0,92	101,44	102,36
75	8	6	8/6	7	10	7/10	7,56	99,19	106,75
77	9	7	9/7	9	9	9/9	4,40	102,36	106,76
79	8	7	8/7	9	10	9/10	3,52	106,76	110,28
81	6	6	6/6	7	11	7/11	1,89	106,75	108,64
93	6	7	6/7	9	11	9/11	0,88	110,28	111,16

GANTT CHART 2.A

GANTT CHART AWAL UNTUK BULAN FEBRUARI 2006

Z	MINGGU KE :												MINGGU											
	1						2						3											
	S	S	R	K	J	S	S	S	R	K	J	S	S	S	R	K	J	S						
	HARI																							
	JUMLAH JAM KERJA / HARI																							
	KUMULATIF JAM KERJA																							
	MATERIAL	MACH	OPR	TIME	START	FINISH																		
31	6	5	4	1,89	78,26	80,15	MACH 5																	
32	7	5	4	3,78	80,15	83,93	MACH 6																	
33	11	5	4	4,56	84,40	88,96	MACH 7																	
34	10	5	4	1,09	88,96	90,05	MACH 8																	
35	9	6	5	10,30	50,95	61,25	MACH 9																	
36	8	6	5	8,24	61,51	69,75																		
37	6	6	5	2,06	69,75	71,81																		
38	7	6	5	4,12	75,34	79,46																		
39	11	6	5	4,14	80,26	84,40																		
40	10	6	5	0,80	84,40	85,20																		
41	1	7	3	0,91	3,32	4,23																		
42	5	7	3	0,42	4,79	5,21																		
43	2	7	3	1,82	8,53	10,35																		
44	3	7	3	3,64	16,01	19,65																		
45	4	7	3	4,55	25,36	29,91																		
46	9	7	6	9,45	61,25	70,70																		
47	8	7	6	7,56	70,70	78,26																		
48	6	7	6	1,89	78,26	80,15																		
49	7	7	6	3,78	80,15	83,93																		
50	11	7	6	4,56	84,40	88,96																		
51	10	7	6	1,09	88,96	90,05																		
52	1	8	4	0,66	4,23	4,89																		
53	2	8	4	1,32	10,35	11,67																		
54	5	8	4	0,32	11,67	11,99																		
55	3	8	4	2,64	19,65	22,29																		
56	4	8	4	3,30	29,91	33,21																		
57	1	9	5	1,10	12,91	14,01																		
58	2	9	5	2,20	14,01	16,21																		
59	4	9	5	5,50	33,21	38,71																		
60	3	9	5	4,40	38,71	43,11																		

GANTT CHART 3.B

GANTT CHART AWAL UNTUK BULAN FEBRUARI 2006																						
MINGGU KE :																						
HARI																						
Jumlah Jam Kerja / Hari																						
Kumulatif Jam Kerja																						
No	MATERIAL	MACH	OPR	TIME	START	FINISH	3			4			5									
							R	K	J	S	S	R	K	J	S	M	S	R	K			
61	9	9	7	4,40	70,70	75,10	8	8	7	6	0	127	135	143	151	158	164	164	172	180	188	196
62	8	9	7	3,52	78,26	81,78	98	106	113	119	127	135	143	151	158	164	164	172	180	188	196	
63	6	9	7	0,88	81,78	82,66																
64	7	9	7	1,76	83,93	85,69																
65	10	9	7	0,58	90,05	90,63	0,58															
66	11	9	7	2,25	90,63	92,88	2,25															

MACH 9

SCHEDULE

GANTT CHART 1. A

LAMPIRAN 13
GANTT CHART BARU UNTUK BULAN FEBRUARI 2006

		MINGGU KE :							MINGGU							MINGGU													
		HARI																											
		S	S	R	K	J	S	M	S	S	R	K	J	S	M	S	S	R	K	J	S	M	S	S	R	K	J	S	M
		Jumlah jam kerja / hari																											
		8	8	8	16	23	29	20	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
		KUMULATIF JAM KERJA							SCHEDULE							SCHEDULE													
MATERIAL	MACH	OPR	TIME	START	FINISH																								
1	9	1	9,75	0,00	9,75																								
2	8	1	7,80	9,75	17,55																								
3	7	1	3,90	17,55	21,45																								
4	6	1	1,95	21,45	23,40																								
5	11	1	4,14	23,40	27,54																								
6	10	1	1,03	27,54	28,57																								
7	13	1	3,09	90,00	93,09																								
8	14	1	2,76	93,09	95,85																								
9	9	2	18,80	9,75	28,55																								
10	8	2	15,04	28,55	43,59																								
11	6	2	3,76	43,59	47,35																								
12	11	2	9,57	47,35	56,92																								
13	10	2	1,94	56,92	58,86																								
14	7	2	7,52	58,86	66,38																								
15	13	2	5,82	93,09	98,91																								
16	14	2	6,38	98,91	105,29																								
17	9	3	10,15	28,55	38,70																								
18	8	3	8,12	43,59	51,71																								
19	6	3	2,03	51,71	53,74																								
20	11	3	4,65	56,92	61,57																								
21	7	3	4,06	66,38	70,44																								
22	10	3	0,90	70,44	71,34																								
23	13	3	2,70	98,91	101,61																								
24	14	3	3,10	105,29	108,39																								
25	5	4	0,55	0,00	0,55																								
26	1	4	0,90	0,55	1,45																								
27	2	4	1,80	1,45	3,25																								
28	3	4	3,60	3,25	6,85																								
29	4	4	4,50	6,85	11,35																								
30	12	4	1,65	90,00	91,65																								

GANTT CHART 1. B

GANTT CHART BARU UNTUK BULAN FEBRUARI 2006																					
MINGGU KE :																					
HARI																					
Jumlah Jam Kerja / Hari																					
Kumulatif Jam Kerja																					
No	MATERIAL	MACH	OPR	TIME	START	FINISH	3			4			5								
							R	K	J	S	M	S	R	K	J	S	M	S	R	K	
1	9	1	1	9,75	0,00	9,75	8	8	7	6	0	127	135	143	151	158	164	172	180	188	196
2	8	1	1	7,80	9,75	17,55	8	8	7	6	0	127	135	143	151	158	164	172	180	188	196
3	7	1	1	3,90	17,55	21,45	8	8	7	6	0	127	135	143	151	158	164	172	180	188	196
4	6	1	1	1,95	21,45	23,40	8	8	7	6	0	127	135	143	151	158	164	172	180	188	196
5	11	1	1	4,14	23,40	27,54	8	8	7	6	0	127	135	143	151	158	164	172	180	188	196
6	10	1	1	1,03	27,54	28,57	8	8	7	6	0	127	135	143	151	158	164	172	180	188	196
7	13	1	1	3,09	90,00	93,09	3,09														
8	14	1	1	2,76	93,09	95,85	2,76														
9	9	2	2	18,80	9,75	28,55															
10	8	2	2	15,04	28,55	43,59															
11	6	2	2	3,76	43,59	47,35															
12	11	2	2	9,57	47,35	56,92															
13	10	2	2	1,94	56,92	58,86															
14	7	2	2	7,52	58,86	66,38															
15	13	2	2	5,82	93,09	98,91	4,91	0,91													
16	14	2	2	6,38	98,91	105,29	6,38														
17	9	3	3	10,15	28,55	38,70															
18	8	3	3	8,12	43,59	51,71															
19	6	3	3	2,03	51,71	53,74															
20	11	3	3	4,65	56,92	61,57															
21	7	3	3	4,06	66,38	70,44															
22	10	3	3	0,90	70,44	71,34															
23	13	3	3	2,70	98,91	101,61															
24	14	3	3	3,10	105,29	108,39															
25	5	4	4	0,55	0,00	0,55															
26	1	4	4	0,90	0,55	1,45															
27	2	4	4	1,80	1,45	3,25															
28	3	4	4	3,60	3,25	6,85															
29	4	4	4	4,50	6,85	11,35															
30	12	4	4	1,65	90,00	91,65	1,65														

MINGGU

MINGGU

MACHINE 1

MACHINE 2

MACHINE 3

MACHINE 4

GANTT CHART 2.B

GANTT CHART BARU UNTUK BULAN FEBRUARI 2006

MINGGU KE :												4					5																																		
HARI												3					4					5																													
Jumlah Jam Kerja / Hari												R	K	J	S	S	S	R	K	J	S	M	S	S	R	K																									
Kumulatif Jam Kerja												8	8	7	6	8	8	8	8	7	6	0	8	8	8	8																									
												98	106	113	119	127	135	143	151	158	164	164	172	180	186	196																									
												SCHEDULE																																							
MATERIAL	MACH	OPR	TIME	START	FINISH	MACHINE 5															MACHINE 6															MACHINE 7															
31	1	5	2	1,87	1,45	3,32																																													
32	5	5	2	1,47	3,32	4,79																																													
33	2	5	2	3,74	4,79	8,53																																													
34	3	5	2	7,48	8,53	16,01																																													
35	4	5	2	9,35	16,01	25,36																																													
36	9	5	4	12,25	38,70	50,95																																													
37	8	5	4	9,80	51,71	61,51																																													
38	6	5	4	1,89	78,26	80,15																																													
39	7	5	4	3,78	80,15	83,93																																													
40	11	5	4	4,56	84,40	88,96																																													
41	10	5	4	1,09	88,96	90,05																																													
42	12	5	2	4,41	91,65	96,06																																													
43	13	5	4	3,69	101,61	105,30																																													
44	14	5	4	3,28	108,39	111,67																																													
45	9	6	5	10,30	50,95	61,25																																													
46	8	6	5	8,24	61,51	69,75																																													
47	6	6	5	2,06	69,75	71,81																																													
48	7	6	5	4,12	75,34	79,46																																													
49	11	6	5	4,14	80,26	84,40																																													
50	10	6	5	0,80	84,40	85,20																																													
51	13	6	5	2,40	105,30	107,70																																													
52	14	6	5	2,76	111,67	114,43																																													
53	1	7	3	0,91	3,32	4,23																																													
54	5	7	3	0,42	4,79	5,21																																													
55	2	7	3	1,82	8,53	10,35																																													
56	3	7	3	3,64	16,01	19,65																																													
57	4	7	3	4,55	25,36	29,91																																													
58	9	7	6	9,45	61,25	70,70																																													
59	8	7	6	7,56	70,70	78,26																																													
60	6	7	6	1,89	78,26	80,15																																													

GANTT CHART 3.A

GANTT CHART BARU UNTUK BULAN FEBRUARI 2006

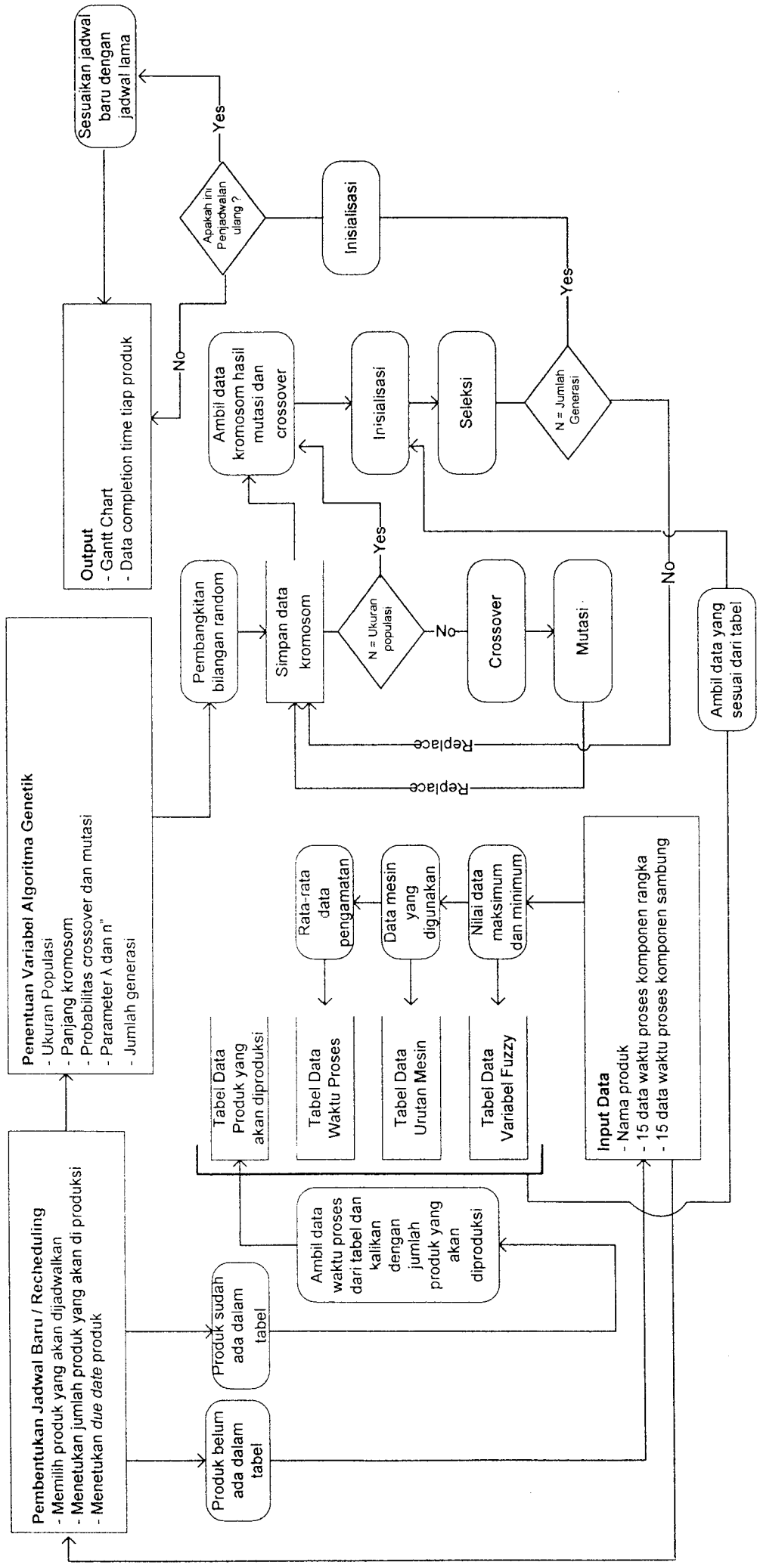
MINGGU KE :		1							2							3							
		S	S	R	K	J	S		S	S	R	K	J	S		S	S	S					
HARI																							
Jumlah jam kerja / hari																							
Kumulatif jam kerja																							
MATERIAL	MACH	OPR	TIME	START	FINISH	SCHEDULE																	
61	7	6	3,78	80,15	83,93																1,85	1,93	
62	11	7	4,56	84,40	88,96																	4,56	
63	10	7	1,09	88,96	90,05																	1,04	
64	12	7	1,26	96,06	97,32																		
65	13	7	3,27	107,70	110,97																		
66	14	7	3,04	114,43	117,47																		
67	1	8	0,66	4,23	4,89																		
68	2	8	1,32	10,35	11,67																		
69	5	8	0,32	11,67	11,99																		
70	3	8	2,64	19,65	22,29																		
71	4	8	3,30	29,91	33,21																		
72	12	8	0,96	97,32	98,28																		
73	1	9	1,10	12,91	14,01																		
74	2	9	2,20	14,01	16,21																		
75	4	9	5,50	33,21	38,71																		
76	3	9	4,40	38,71	43,11																		
77	9	9	4,40	70,70	75,10																		
78	8	9	3,52	78,26	81,78																		
79	6	9	0,88	81,78	82,66																		
80	7	9	1,76	83,93	85,69																		
81	11	9	2,25	90,00	92,25																		
82	10	9	0,58	92,25	92,83																		
83	12	9	2,76	98,28	101,04																		
84	13	9	1,74	110,97	112,71																		
85	14	9	1,50	117,47	118,97																		

GANTT CHART 3.B



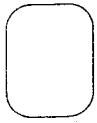

GANTT CHART BARU UNTUK BULAN FEBRUARI 2006

Z	MINGGU KE :														5									
	HARI														4									
	JUMLAH JAM KERJA / HARI														S	S	R	K	J	S	VI	S	S	R
KUMULATIF JAM KERJA														8	8	8	8	7	6	134	172	180	188	196
KUMULATIF JAM KERJA														98	106	113	119	SCHEDULE						
MATERIAL	MACH	OPR	TIME	START	FINISH																			
61	7	6	3,78	80,15	83,93																			
62	7	6	4,56	84,40	88,96																			
63	7	6	1,09	88,96	90,05																			
64	7	3	1,26	96,06	97,32																			
65	7	6	3,27	107,70	110,97																			
66	7	6	3,04	114,43	117,47																			
67	8	4	0,66	4,23	4,89																			
68	8	4	1,32	10,35	11,67																			
69	8	4	0,32	11,67	11,99																			
70	8	4	2,64	19,65	22,29																			
71	8	4	3,30	29,91	33,21																			
72	8	4	0,96	97,32	98,28																			
73	9	5	1,10	12,91	14,01																			
74	9	5	2,20	14,01	16,21																			
75	9	5	5,50	33,21	38,71																			
76	9	5	4,40	38,71	43,11																			
77	9	7	4,40	70,70	75,10																			
78	9	7	3,52	78,26	81,78																			
79	9	7	0,88	81,78	82,66																			
80	9	7	1,76	83,93	85,69																			
81	9	7	2,25	90,00	92,25																			
82	9	7	0,58	92,25	92,83																			
83	9	5	2,76	98,28	101,04																			
84	9	7	1,74	110,97	112,71																			
85	9	7	1,50	117,47	118,97																			

DIAGRAM ALIR DATA PADA SOFTWARE



Keterangan :

-  Penyimpanan data
-  Tampilan yang bisa dilihat pengguna
-  Proses
-  Aliran proses

LAMPIRAN 15

HASIL PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN METODE YANG DIGUNAKAN OLEH PT.HART.Co

Material	Mesin	Operasi	Waktu Proses	Waktu Mulai	Waktu Selesai
1	4	1	0,9	0	0,9
1	5	2	1,87	0,9	2,77
1	7	3	0,91	2,77	3,68
1	8	4	0,66	3,68	4,34
1	9	5	1,1	4,34	5,44
6	1	1	1,95	0	1,95
6	2	2	3,76	1,95	5,71
6	3	3	2,03	5,71	7,74
6	5	4	2,45	7,74	10,19
6	6	5	2,06	10,19	12,25
6	7	6	1,89	12,25	14,14
5	4	1	0,55	0,9	1,45
5	5	2	1,47	2,77	4,24
5	7	3	0,42	14,14	14,56
5	8	4	0,32	14,56	14,88
5	9	5	0,92	15,02	15,94
10	1	1	1,03	1,95	2,98
10	2	2	1,94	5,71	7,65
10	3	3	0,9	7,74	8,64
10	5	4	1,23	8,64	9,87
10	6	5	0,8	12,25	13,05
10	7	6	1,09	14,56	15,65
10	9	7	0,58	15,94	16,52
11	1	1	4,14	2,98	7,12
11	2	2	9,57	7,65	17,22
11	3	3	4,65	17,22	21,87
11	5	4	4,92	21,87	26,79
11	6	5	4,14	26,79	30,93
11	7	6	4,56	30,93	35,49
11	9	7	2,25	35,49	37,74
2	4	1	1,8	1,45	3,25
2	5	2	3,74	26,79	30,53
2	7	3	1,82	35,49	37,31
2	8	4	1,32	37,31	38,63
2	9	5	2,2	38,63	40,83
7	1	1	3,9	7,12	11,02
7	2	2	7,52	17,22	24,74
7	3	3	4,06	24,74	28,8
7	5	4	4,9	30,53	35,43
7	6	5	4,12	35,43	39,55
7	7	6	3,78	39,55	43,33
7	9	7	1,76	43,33	45,09

3	4	1	3,6	3,25	6,85
3	5	2	7,48	35,43	42,91
3	7	3	3,64	43,33	46,97
3	8	4	2,64	46,96	49,6
3	9	5	4,4	49,6	54
3	4	1	3,6	3,25	6,85
8	1	1	7,8	11,02	18,82
8	2	2	15	24,74	39,78
8	3	3	8,12	39,78	47,9
8	5	4	9,8	47,9	57,7
8	6	5	8,24	57,7	65,94
8	7	6	7,56	65,94	73,5
8	9	7	3,52	73,5	77,02
9	1	1	9,75	18,82	28,57
9	2	2	18,8	39,78	58,58
9	3	3	10,2	58,58	68,73
9	5	4	12,3	68,73	80,98
9	6	5	10,3	80,98	91,28
9	7	6	9,45	91,28	100,73
9	9	7	4,4	100,7	105,13

SURAT KETERANGAN

No : 003/HRT-UM/VIII/06

Yang Bertandatangan di Bawah Ini Menerangkan, bahwa :

Nama : Bastian Adi Nugroho

Nim : 00 522 021

Jenjang : S.I

Prog.Study : Fakultas Teknik Industri UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA.

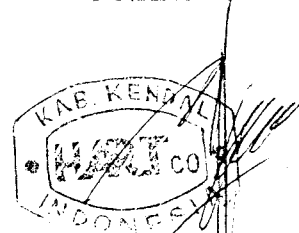
Sehubungan dengan hal tersebut, maka yang bersangkutan telah melaksanakan penelitian dengan judul “ **Intelligent Dynamic Scheduling Systems Modelling Dengan Pendekatan Logika Fuzzy dan Algoritma Genetik pada Tipe Aliran Proses Produksi Job Shop** ”

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagai mana mestinya.

Kendal, 22 Agustus 2006

Hormat Kami

PT.HARTco - Kendal

A. Hermawan Raharjo .SH

Ka Umum / SDM



KARTU KONSULTASI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama	BASTIAN ADI NUGROHO	Tandatangan :
Nomor Mahasiswa	00 522 021	
Pembimbing I	Ir. ALI PARIKHAN, MT	
Pembimbing II	26 JANUARI 2006	
Proposal disetujui tanggal		
Judul Tugas Akhir (DITULIS DENGAN HURUF BALOK)		


Tanggal Konsultasi	Keterangan pembimbingan	Tandatangan pembimbing
14 FEBRUARI 2007	BAB I : LATAR BELAKANG, TAMBAHKAN BATASAN MASALAH, PERBAIKI MANFAAT PENELITIAN	
	BAB II : KAJIAN INDUKTIF - DEDUKTIF	
	BAB III : DATA YANG DIBUTUHKAN SEDERHAKAN DENGAN PENGUMPULAN DATA	
	BAB IV : KETERSEDIAAN & KECEKUPAN DATA	
	BAB V : HASIL BANDINGKAN DENGAN JADWAL YANG ADA PADA PERUSAHAAN	
16 FEBRUARI 2007	MODELKAN KETIDAK SERAGAMAN WAKTU PROSES HASIL PENGAMATAN DALAM HIMPUNAN FUZZY	
21 FEBRUARI 2007	PERBAIKI PESTERULUHAN, JADWAL PRODUKSI PERUSAHAAN, KESIMPULAN & SARAN	


Pembimbing I :

Pembimbing II :



KARTU KONSULTASI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

nama	BASTIAN ADI NUEROHO	Tandatangan : 
nomor Mahasiswa	00 522 021	
pembimbing I	Ir. ALI PARKHAN, MT	
pembimbing II	YULI AGUSTI ROCHMAN, ST	
proposal disetujui tanggal	26 JANUARI 2006	
Judul Tugas Akhir (DITULIS DENGAN HURUF BALOK)		
" INTELLIGENT DYNAMIC SCHEDULING SYSTEMS' MODELLING PADA TIPE ALIRAN PROSES PRODUKSI JOB SHOP "		

Tanggal Konsultasi	Keterangan pembimbingan	Tandatangan pembimbing
5 SEPTEMBER 2006	BAB I → LATAR BELAKANG MELIHATI NORMATIF → RUMUSAN MASALAH → TUJUAN PENELITIAN TIDAK FOKUS PD JADWAL	
	BAB II → GAMBAR BOM & CPL → FLOW CHART PENELITIAN DI PERBAIKI	
NOVEMBER 2006	* Latar belakang diperjelas + menunjukkan tujuan keamanfaatan dari * Perumusan + Tujuan diperbaiki (to the point) * Core Bab III & IV * Perumusan + daftar pustaka	

Pembimbing I :

Pembimbing II :