

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 1.

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 :

$$p_j^1 = \sum_{p=1}^7 x_p ; p \in \text{Min (Mesin } p; \text{ MB.17.7.A)}_N, \text{ dimana } N = 1, 2, 3, \dots, 15$$

$$= 109 + 219 + 108 + 139 + 114 + 107 + 47$$

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

$$p_j^2 = \sum_{p=1}^7 x_p ; p \in \text{Average (Mesin } p; \text{ MB.17.7.A)}_N, \text{ dimana } N = 1, \dots, 15$$

$$= 116,93 + 225,53 + 121,73 + 147 + 123,53 + 112,93 + 52,67$$

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

$$p_j^3 = \sum_{p=1}^7 x_p ; p \in \text{Max (Mesin } p; \text{ MB.17.7.A)}_N, \text{ dimana } N = 1, 2, 3, \dots, 15$$

$$= 124 + 233 + 131 + 152 + 130 + 118 + 57$$

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

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 $p_j^2 \times n)$, 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 $p_j^2 \times n)$, 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	0,850	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 :

$$\begin{aligned}\bar{x}_{\text{ukur}} &= \frac{\sum_1^n \text{ukur}_n}{n} \\ &= \frac{120+118+116+119+124+110+116+115+112+120+122+109+111+123+109}{15} \\ &= \frac{1754}{15} \\ \bar{x}_{\text{ukur}} &= 116,93 \text{ menit/unit} = 1,95 \text{ jam/unit}\end{aligned}$$

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) :

$$M4 : 0,90$$

$$M8 : 0,66$$

$$M5 : 1,87$$

$$M9 : 1,10$$

$$M7 : 0,91$$

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

$$p_j^1 = C_{Tj} - (0,06 \times C_{Tj} \times n)$$

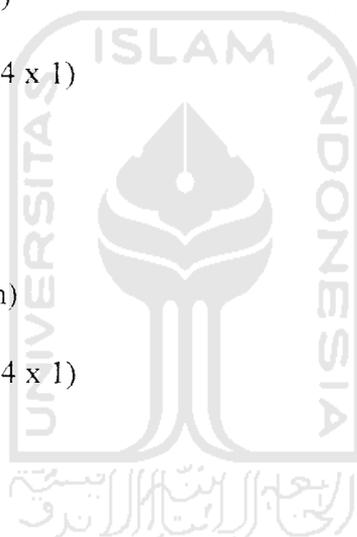
$$= 22,54 - (0,06 \times 22,54 \times 1)$$

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

$$p_j^2 = C_{Tj} + (0,05 \times C_{Tj} \times n)$$

$$= 22,54 + (0,05 \times 22,54 \times 1)$$

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



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*

CHROM NUM	FITNESS	RANDOM NUM	CHROM NUM	FITNESS	RANDOM NUM
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

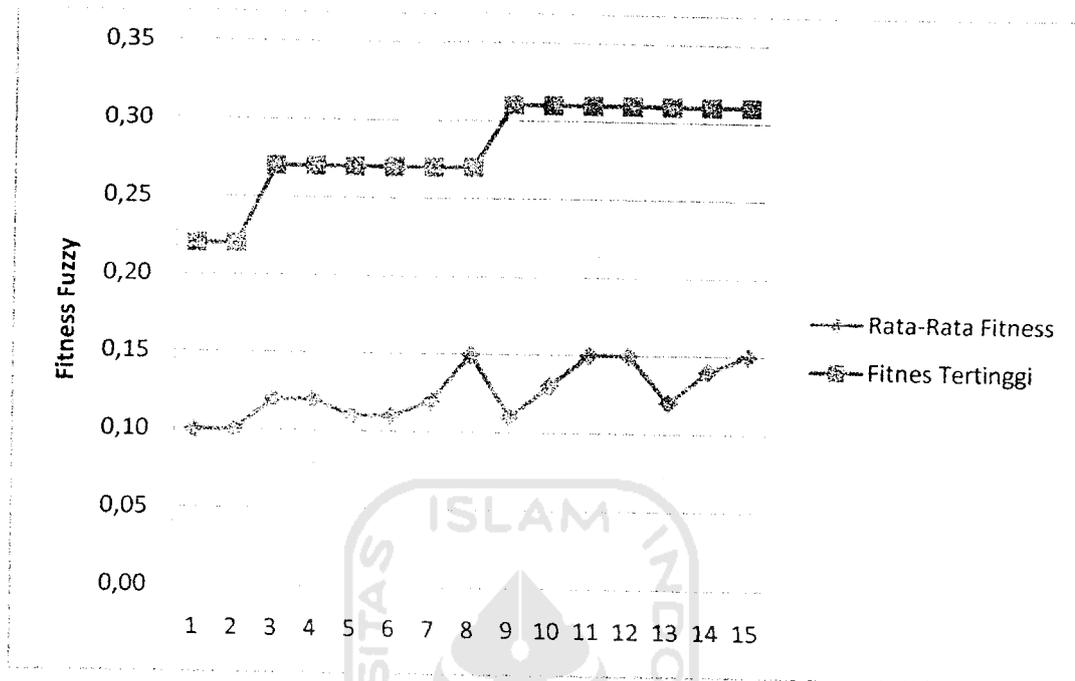
Setelah dilakukan iterasi sebanyak 10 kali dengan menggunakan langkah-langkah yang telah dijelaskan di atas, diperoleh hasil seperti pada tabel 4.35.

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.	<i>Gen</i>	$C_T (p_j^2)$	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	Job Release
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 = $m \times n = 5 \times 9 = 45$

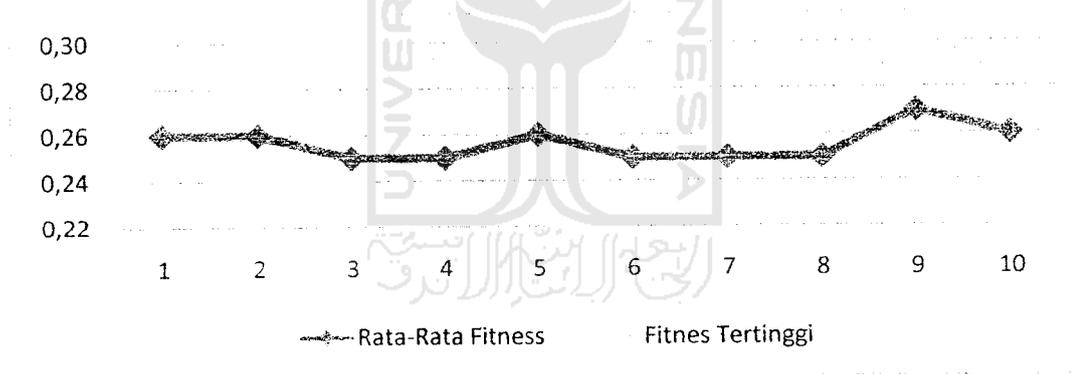
Jumlah Iterasi = Minimal 10 iterasi dan maksimal 50 Iterasi, atau iterasi akan berhenti jika nilai *fitness* 5 kali berturut turut memiliki nilai sama

$$\lambda = 0,3$$

$$n'' = 15\%$$

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 *gant chart* tersebut juga dapat diketahui bahwa 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 [pjt_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 inialisasi 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 inialisasi 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 inialisasi. 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 :

(Waktu Proses x Jumlah Produk) + Max [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.