

# APLIKASI PENJADWALAN DINAMIS MENGGUNAKAN KOMBINASI METODE ROLLING TIME WINDOW DAN ALGORITMA GENETIKA DI PT. LOGAM BIMA

Oleh :

Cucu Wahyudin \* dan Agus Purwanto \*\*

Dalam situasi persaingan pasar global yang sangat ketat sekarang ini, dimana pasar menetapkan harga serta konsumen hanya membeli produk pada saat dibutuhkan, sehingga perusahaan harus membuat produk mengikuti keinginan konsumen, oleh karena itu perusahaan harus memperhatikan hal-hal yang akan terjadi. Misalnya pemborosan yang timbul karena adanya keterlambatan.

PT. Logam Bima merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri logam. Perusahaan mempunyai komitmen untuk memperhatikan ketepatan waktu dalam penyerahan produk kepada konsumen, sehingga dapat menjaga kepercayaan dan mengantisipasi persaingan usaha yang semakin ketat. Jadwal produksi ideal menurut PT. Logam Bima adalah semua pekerjaan selesai tepat pada batas akhir waktu penyerahan (*due-date*). Penyelesaian pekerjaan yang terlalu cepat atau terlalu lambat akan mengakibatkan biaya tambahan bagi perusahaan. Selain itu tidak terkendalinya proses yang terjadi dilantai pabrik menyebabkan penyelesaian pekerjaan menjadi tidak tepat waktu, sehingga akan berakibat pada menurunnya tingkat kepercayaan konsumen kepada perusahaan. Oleh karena itu perusahaan berusaha merencanakan dan menjadwalkan produksi dengan baik untuk meminimasi total biaya produksi.

Berdasarkan masalah yang dihadapi, diusulkan metode penjadwalan Rolling Time Window sebagai penyelesaian masalah. Rolling Time Window merupakan salah satu metode untuk sistem manufaktur yang bersifat dinamis (job yang datang ke perusahaan tidak tentu). Rolling time window adalah suatu penjadwalan yang terdiri dari serangkaian penjadwalan statik yang terbagi kedalam dua rentang waktu, rentang waktu pertama bersifat statik dan rentang waktu kedua bersifat dinamis sebagai jadwal sementara. Rentang waktu Rolling Time Window relatif kecil sehingga kompleksitas dari perhitungan dapat dihindari. Kekurangannya adalah jadwal yang dihasilkan masih bersifat global (tidak memperhatikan keadaan lantai pabrik).

Untuk mengatasi masalah tersebut maka Rolling time Window digabungkan dengan Algoritma Genetik yang akan mempertimbangkan penjadwalan mesin sesuai dengan kenyataan dilantai pabrik. Algoritma Genetik dalam penjadwalan mesin merupakan metode yang bersifat heuristik untuk mencari routing proses dan makespan.

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

P.T. Logam Bima merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam industri logam. Perusahaan ini memproduksi panci dan wajan berbagai bentuk dengan tingkat permintaan variasi produk tinggi, serta mempunyai *strategi respon* terhadap permintaan konsumen *make to order*.

Dengan adanya variasi produk yang tinggi, waktu pemesanan konsumen yang tidak tentu (dinamis), serta *due date* job yang berbeda-beda sering menyebabkan proses penjadwalan harus selalu diubah sesuai dengan datangnya job, sehingga *due date* pesanan dapat dipenuhi. Oleh

karenanya penjadwalan produksi memiliki peranan yang sangat besar.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan untuk kedatangan job pada bulan Agustus 2003 sebanyak 7800 Pcs, yang terdiri dari 7 buah jenis job, ternyata 30% produk terlambat produksi (2340 pcs), 50% produk tepat waktu (3900 Pcs) dan 20 % mengalami kelebihan produksi (1560 Pcs).

Pada saat ini penjadwalan yang dilakukan oleh *Logam Bima* didasarkan pada intuisi dan aturan prioritas *First Come First Serve (FCFS)*, yaitu pesanan yang diterima paling awal akan diproduksi lebih dulu, dengan teknik penjadwalan ini perusahaan sering mengalami keterlambatan

dalam pengiriman produk seperti ditunjukkan pada hasil penelitian diatas. Ketidaktepatan terhadap *due date* ini disebabkan oleh belum terakomodasinya kedatangan job yang bersifat dinamis kedalam jadwal. Karena job bersifat dinamis, maka jadwal yang dibuat harus mampu mengikuti perubahan job sesuai dengan kedatangannya dalam horison waktu yang dijadwalkan.

Untuk mengakomodasi kedinamisan kedatangan job, Ramdhani (2003) menerapkan metode *Rolling Time Window* (Sun & Lin, 1994, Suharyanti, 2000) di industri karet Inkaba. Pada metode tersebut Ramdhani membagi penjadwalan di PT. Inkaba dalam dua horison waktu, yaitu *time window 1* yang bersifat statis dan *time window 2* yang bersifat dinamis. *Time window* ini bertujuan meminimasi total biaya *tardiness*, *earliness* dan mengantisipasi kedatangan order baru melalui pendekatan maju dengan penentuan panjang *time window*.

Pada penjadwalan tersebut, Ramdhani belum menghubungkan *Rolling Time Window* dengan penjadwalan mesin, yang aplikasi dilapangan mempunyai peranan yang penting. Oleh karenanya pada penelitian ini aplikasi *Rolling Time Window* (Ramdhani, 2003) dikombinasikan dengan *Algoritma Genetika* untuk penjadwalan mesin.

*Algoritma Genetika (GA)* merupakan metode pencarian (*searching*) yang memanfaatkan analogi mekanisme seleksi alam dan informasi genetika. Saat ini *algoritma genetika* telah banyak digunakan secara meluas untuk memecahkan berbagai masalah. *Algoritma Genetika (GA)* akan digunakan untuk penjadwalan. Penjadwalan dilakukan untuk jenis produksi job shop dan urutan proses setiap pekerjaan dimungkinkan lebih dari satu. Dalam penjadwalan mesin *Algoritma Genetika* digunakan untuk mencari solusi yang optimal dari *maskepan* dengan Urutan (*squencing*) job tertentu.

## 1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang dihadapi perusahaan adalah cara mengantisipasi kedatangan job yang bersifat dinamis serta meminimasi biaya *tardiness* dan *earliness*, melakukan penjadwalan mesin sesuai dengan order yang telah diterima dan mengalokasi pekerjaan kedalam mesin-mesin yang dimiliki perusahaan

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Menjadwalkan semua order yang datang pada perusahaan dengan menggunakan *Rolling Time Window* sehingga dapat meminimasi total ongkos keterlambatan produksi (*tardiness*) dan ongkos penyimpanan digudang akibat kelebihandian produksi (*earliness*).
2. Menentukan panjang *time window* untuk melakukan penjadwalan pada suatu horison penjadwalan.
3. Menentukan Urutan pekerjaan menggunakan penjadwalan mesin dengan *Algoritma Genetika (GA)*.
4. Menghasilkan *Makespan* terkecil dari penjadwalan mesin.

## 2. Metodologi Penelitian

Pengembangan metode penjadwalan produksi job shop dilakukan dengan mengkombinasikan *Rolling Time Window* yang merupakan iterasi nilai D untuk mendapatkan D\* (D yang memiliki nilai *tardiness* dan *earliness* terkecil) dengan *Algoritma Genetika* (gambar 1) untuk mengakomodasi jadwal mesin, sehingga tujuan dapat tercapai. Penyelesaian masalah dilakukan dengan *Algoritma Penentuan Panjang Time Window* yang selanjutnya hasil dari penjadwalan dengan *Algoritma Penentuan Panjang Time Window* akan dijadwalkan dengan *Algoritma Genetika*.

*Algoritma penentuan panjang time window* memiliki 2 sub algoritma, yaitu:

- (1) Sub-algoritma A, dan
- (2) Sub-algoritma B, yang ada dalam Sub-algoritma A

### 2.1 Algoritma penentuan panjang *time window* Langkah 1

Tentukan nilai  $D = D_a$  ( $D$  awal),  $\Delta D$  (panjang Langkah),  $\Delta^*$  (stopping rule).

#### Langkah 2

Lakukan penjadwalan pada seluruh horison penjadwalan dengan sub algoritma A

#### Langkah 3

Untuk  $D = D_a$  lakukan langkah berikut :

- © Simpan data total *tardiness* dan *earliness*



☺ Tentukan  $D = D_a + \Delta D$

☺ Kembali ke langkah 2

untuk  $D \neq D_a$  simpan data total tardiness dan earliness lanjutkan ke langkah 4

#### Langkah 4.

Jika total tardiness dan earliness meningkat, lanjutkan ke langkah 5. Jika total tardiness dan earliness menurun, lanjutkan ke langkah 6.

#### Langkah 5

Tentukan  $D = D - \Delta D$ , lanjutkan ke langkah 7

#### Langkah 6

Tentukan  $D = D + \Delta D$ , lanjutkan ke langkah 8

#### Langkah 7

Lakukan penjadwalan pada seluruh horison penjadwalan dengan sub algoritma A, lanjutkan ke langkah 9.

#### Langkah 8

Lakukan penjadwalan pada seluruh horison penjadwalan dengan sub algoritma A, lanjutkan ke langkah 10.

#### Langkah 9

Jika telah terjadi peningkatan total tardiness dan earliness, lanjutkan ke langkah 11, jika belum kembali ke langkah 5

#### Langkah 10

Jika telah terjadi peningkatan total tardiness dan earliness, lanjutkan ke langkah 12, jika belum kembali ke langkah 5

#### Langkah 11

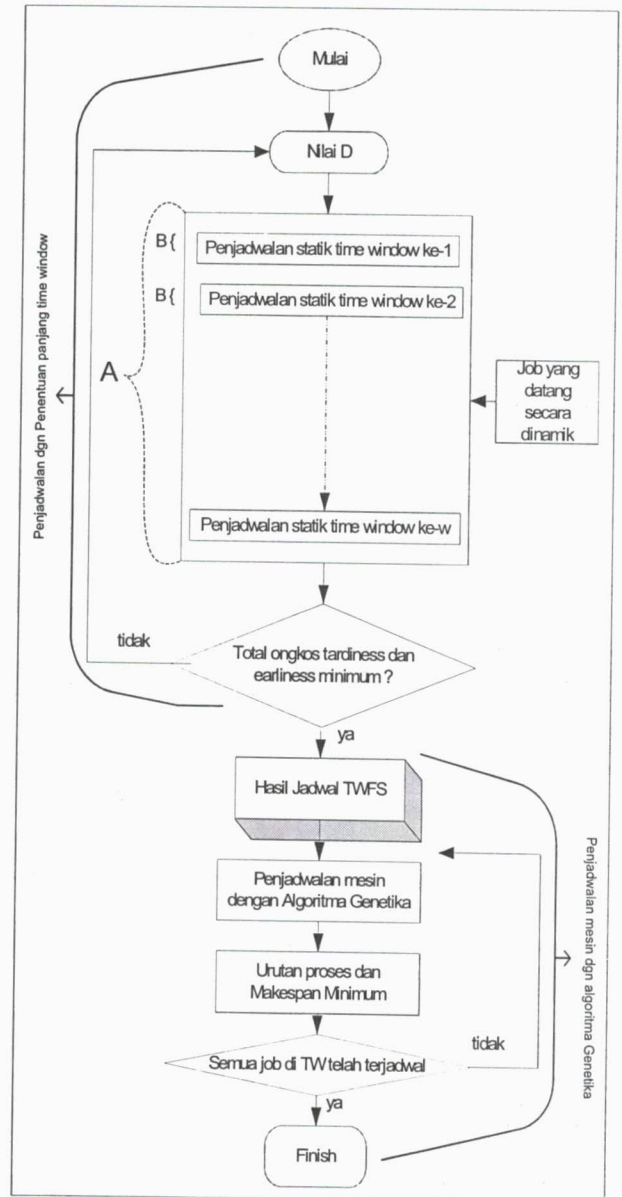
Jika  $\Delta D < \Delta^*$ , lanjutkan ke langkah 13. jika  $\Delta D > \Delta^*$  tentukan  $\Delta D = D/2$ , kembali ke langkah 6

#### Langkah 12

Jika  $\Delta D < \Delta^*$ , lanjutkan ke langkah 13. jika  $\Delta D > \Delta^*$  tentukan  $\Delta D = D/2$ , kembali ke langkah 5

#### Langkah 13

$D^* = D$ , iterasi selesai.



Gambar 1 Diagram Kombinasi Algoritma penentuan panjang time window dengan Algoritma Genetik

## 2.2 Sub algoritma A : alokasi Job Pada time Window

### Langkah A1

Mulai  $t = 0$

### Langkah A2

Lanjutkan ke  $t$  terdekat berikutnya

### Langkah A3

Bila  $t$  terdekat berikutnya adalah saat datang job. Simpan job yang datang, kembali ke langkah A2. bila  $t$  berikutnya adalah saat penjadwalan ulang dikurangi waktu stabilisasi, lanjutkan ke langkah A4

#### Langkah A4

Jadwalkan job yang sudah datang dan belum terjadwal yang memiliki due date dalam atau sebelum time window yang akan datang, serta job yang sudah terjadwal dibagian akhir time window yang sedang berjalan. Pada time window yang akan datang dengan sub algoritma.

#### Langkah A5

Hitung tardiness dan earliness untuk masing-masing job yang telah selesai pada bagian awal time window yang telah berjalan, tambahkan secara kumulatif pada earliness dan tardiness sebelumnya.

#### Langkah A6

Bila job sudah terjadwalkan semuanya, lanjutkan ke langkah A7 bila belum kembali ke langkah A2

#### Langkah A7

Hitung tardiness dan earliness job yang belum dihitung, tambahkan secara kumulatif pada nilai tardiness dan earliness sebelumnya.

#### Langkah A8

Selesai, kembali ke penentuan panjang time window.

### 2.3 Sub-algoritma B : Penjadwalan Operasi

#### Langkah B1

Dimulai pada  $t = 1$  definisikan kelompok operasi  $S_t$  yang tidak memiliki predesesor

#### Langkah B2

Tentukan operasi yang mempunyai saat paling awal dari kelompok operasi  $S_t$  beserta mesin yang digunakan untuk operasi tersebut

#### Langkah B3

Jadwalkan operasi yang ditentukan pada langkah B2

#### Langkah B4

Berdasarkan jadwal yang telah tersusun pada langkah B3, lakukan update data sebagai berikut :

- ⊗ Keluarkan operasi yang telah terjadwal dari  $S_t$
- ⊗ Bentuk  $S_{t-1}$  dari  $S_t$  dengan menambahkan operasi operasi yang merupakan sukresor langsung dari operasi yang baru dijadwalkan,
- ⊗ Gantikan  $t$  dengan  $t + 1$

#### langkah B5

Kembali ke langkah B2 sampai seluruh operasi terjadwalkan kembali ke sub algoritma A.

### 2.4 Algoritma Genetika

Algoritma Genetika Untuk Penjadwalan Mesin digunakan sesuai dengan kompleksnya kasus, model yang digunakan adalah model pengembangan dari Gen & Cheng (1997). Adapun pengembangan model yang digunakan :

#### 1. Representasi Kromosom

Representasi kromosom merupakan suatu proses pengkodean variable keputusan dari fungsi optimasi menjadi *kromosom*, metode yang digunakan adalah *Preference - List -Based*. Setiap *kromosom* mengandung  $m$  gen yang masing-masing mewakili satu job, yang berarti pembentukannya dilakukan dengan membentuk gen sebanyak jumlah mesin ( $m$ ), yang terdiri dari subgen-subgen yang merupakan suatu bilangan integer antara 1 sampai dengan job ( $n$ ) menggunakan aturan permutasi.

#### 2. Operasi Crossover (pindah silang)

Pengabungan *kromosom-kromosom* dari populasi yang akan menghasilkan *kromosom* baru yang tidak ada dalam generasi sebelumnya. Dua *kromosom* dipilih secara random dari populasi yang ada. *Kromosom* yang dihasilkan diharapkan mempunyai hasil yang lebih baik dari populasi awal. Teknik yang digunakan dalam operasi *crossover* adalah *position based crossover* dimana teknik ini mempunyai performansi yang lebih baik dibanding teknik lainnya (Davis, 1991).

#### 3. Operasi Mutasi (kawin silang)

Proses untuk mendapatkan varisasi gen *kromosom* pada populasi. *Mutasi* terjadi dengan menukarkan posisi beberapa buah job secara acak. Dimana dalam proses *mutasi* ini kita harus memilih gen yang akan mengalami *mutasi*. Teknik yang digunakan dalam operasi mutasi ini adalah *order based mutation*. Menurut penelitian davis , teknik ini mempunyai tingkat performansi yang lebih baik dari teknik yang lainnya (Davis, 1991).

#### 4. Operasi Evolusi

Merupakan proses untuk menguraikan *kromosom* hasil mutasi dan *crossover* sehingga akan didapat hasil *fitness (fungsi tujuan)*. Dalam prosedur operasi evolusi terbagi 2 proses, yaitu proses *decoding dan seleksi*.



- Proses Decoding

Buat  $m \times n$

	J1	J2	J3
M1	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>
M2	C <sub>21</sub>	C <sub>22</sub>	C <sub>23</sub>
M3	C <sub>31</sub>	C <sub>32</sub>	C <sub>33</sub>

$$C_{xy} = t_{xy} + \max [ C_{xi}, C_{iy} ]$$

$t_{xy}$  = Waktu proses di mesin  $x$  untuk mengerjakan job  $y$

$C_{xy}$  = Waktu penyelesaian yang dibutuhkan.

Makespan (*Fitness*) = Maks [ $C_{xy}$ ]

$x = 1, 2, 3, \dots, m$  dan  $y = 1, 2, 3, \dots, n$

- Proses Seleksi

Dalam hal seleksi ada tiga hal yang perlu diperhatikan yaitu ruang sampling, probabilitas seleksi, dan mekanisme sampling.

- a. Ruang Sampling

Ruang sampling yang diterapkan pada model merupakan ruang sampling lengkap (*enlarged sampling space*) dimana terdiri dari kromosom kromosom dari populasi awal dan *offspring* hasil operasi *crossover* dan *mutasi*. Dengan demikian seluruh individu yang ada pada generasi tersebut mempunyai kesempatan untuk bersaing dan dipilih menjadi populasi hasil.

- b. Probabilitas Seleksi

Ditentukan dengan mekanisme *scaling dan teknik normalizing* untuk masalah minimasi. Dimana mempunyai tujuan :

- Mengubah nilai *fitness* untuk setiap kromosom, yang didapat dari prosedur *decoding* kepada suatu nilai real positif skala *fitness* ( $f^k$ ). dengan rumus :

$$f^k = \frac{f_{\max} - f^k + \gamma}{f_{\max} - f_{\min} + \gamma}$$

$f_{\max}$  dan  $f_{\min}$  = Nilai fitness terbaik dan terburuk dari populasi

$\gamma$  = Angka real interval [ 0-1 ] yang dibangkitkan secara random untuk setiap generasi.

- Menghitung nilai probabilitas seleksi ( $p_k$ ) untuk kromosom  $k$  dengan rumus :

$$p_k = \frac{f^k}{\sum_{j=1}^{jum-pop} f^k}$$

(Gen & Cheng, 1997)

- c. Mekanisme Sampling

Mekanisme sampling dimodel menggunakan teknik *stochastic universal sampling* dalam mencari kromosom baru yang dapat bergabung dan bertahan untuk menjadi generasi baru pada  $n + 1$  sebagai kumpulan kromosom yang baru.

Prosedur yang dilakukan :

- Menghitung nilai harapan untuk setiap kromosom dengan mengalikan probabilitas seleksi ( $P_k$ ) terhadap jumlah populasi diharapkan.

- Menghitung nilai harapan kumulatif (ek kum)

- Bangkitkan suatu bilangan random (R) 0-1

- Memilih kromosom sebagai populasi hasil dengan membandingkan bilangan random tersebut dengan nilai harapan (ek kum), Jika  $ek\ kum > R$  maka  $R + 1$ , sedangkan jika  $ek\ kum < R$  maka tetap R.

Alasan pertimbangan penggunaan teknik *stochastic universal sampling* dalam mekanisme sampling, adalah :

1. Untuk mencegah duplikasi kromosom sehingga tidak terjadi dominasi kromosom yang mempercepat terjadinya konvergensi populasi. Dominasi suatu kromosom terjadi akibat suatu kromosom punya nilai proporsi yang besar terhadap populasi (kromosom super).
2. Menjadi variasi kromosom dalam populasi sehingga populasi mengandung informasi yang cukup untuk pencarian solusi.

### 3. Pengumpulan Dan Pengolahan Data

Adapun data-data yang dikumpulkan dalam Penelitian meliputi waktu operasi untuk menyelesaikan job, routing proses (tabel 2), saat datang job, due date job, mesin yang digunakan dalam proses produksi, biaya tardiness dan biaya earliness (tabel 3).

Pengolahan data dilakukan untuk menjadwalkan 7 buah produk yang terdiri dari 26 part (tabel 1), dengan Algoritma Penentuan Panjang Time Window. Penjadwalan perusahaan pada saat ini berdasarkan ituisi tak jarang juga penjadwalan dilakukan sesuai kedatangan, job yang datang lebih awal akan dikerjakan terlebih dulu, menurut teori adalah first come first serve (FCFS).

**Tabel. 1 Saat Datang Dan Due Date Job**

Job	Part	Produk	Saat datang (jam ke :)	Due date (jam ke:)
1	1	6.5 Qt Multipot w/lid Encaps (2.6 ltr)	12	90
	2	Pegangan kiri kanan	12	90
	3	Sarang pendek	12	90
2	4	2.0 Qt Saucepan W/lid (0.8 ltr)	16	240
	5	Pegangan (gagang panjang)	16	240
	6	Tutup saucepan	16	240
	7	Dop tutup saucepan	16	240
3	8	1.5 Qt Casserole w/lid (0.6 ltr)	21	180
	9	Pegangan (gagang Panjang)	21	180
	10	Tutup casserole	21	180
	11	Dop tutup casserole	21	180
4	12	3.0 Qt Saucepan W/lid (1.2 ltr)	30	240
	13	Pegangan kiri kanan	30	240
	14	Tutup saucepan	30	240
	15	Dop tutup saucepan	30	240
5	16	Double Boiler w/glass W/lid 18 cm (0.6 ltr)	36	90
	17	Pegangan kiri kanan	36	90
	18	Sarang pendek	36	90
6	19	12 Qt Magnum Stewpot (4.8 ltr)	45	268
	20	Pegangan kiri-kanan	45	268
	21	Tutp magnum	45	268
	22	Dop tutup magnum	45	268
7	23	14 Qt Magnum Stewpot (5.6 ltr)	136	384
	24	Pegangan kiri-kanan	136	384
	25	Tutup magnum	136	384
	26	Dop tutup magnum	136	384

**Tabel 2.Data Routing Proses Job**

Part	Proses								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M11
2	M1	M4	M11	M12					
3	M1	M2	M3	M4	M5	M11			
4	M1	M2	M3	M5	M6	M7	M8	M11	
5	M1	M4	M11	M12					
6	M1	M2	M3	M5	M11				
7	M1	M9	M11	M12					
8	M1	M2	M3	M5	M6	M7	M8	M11	
9	M1	M4	M11	M12					
10	M1	M2	M3	M5	M11				
11	M1	M9	M11	M12					
12	M1	M2	M3	M5	M6	M7	M8	M11	M12
13	M1	M4	M11	M12					
14	M1	M2	M3	M5	M11				
15	M1	M9	M11	M12					
16	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M11
17	M1	M4	M11	M12					
18	M1	M2	M3	M4	M5	M11			
19	M1	M2	M3	M5	M6	M7	M10	M11	
20	M1	M4	M11	M12					
21	M1	M2	M3	M5	M11	M12			
22	M1	M9	M11	M12					
23	M1	M2	M3	M5	M6	M7	M10	M11	
24	M1	M4	M11	M12					
25	M1	M2	M3	M5	M11				
26	M1	M9	M11	M12					

**Tabel 3. Biaya Tardiness Dan Earliness**

Job	Jumlah	Harga Jual	Biaya /unit/hari	
			Earliness	Tardiness
1	600	Rp. 128.500	Rp. 12.26	Rp. 1606.25
2	1500	Rp. 50.000	Rp. 4.77	Rp. 625
3	1600	Rp. 38.000	Rp. 3.56	Rp. 475
4	1800	Rp. 57.000	Rp. 5.34	Rp. 712.5
5	900	Rp. 60.000	Rp. 5.72	Rp. 750
6	800	Rp. 116.500	Rp. 11.12	Rp. 1456.25
7	900	Rp. 116.000	Rp. 11.10	Rp. 1450



**Tabel 4 Jenis Mesin**

Mesin	Nama mesin	Jumlah
M1	Mesin potong	6
M2	Mesin Drawing Besar	3
	Mesin drawing kecil	4
M3	Mesin Bubut	3
M4	Mesin Tekuk	4
M5	Mesin Roll	3
M6	Mesin Celup degrezing	2
	Mesin Celup Beith	2
M7	Mesin Impact besar	1
	Mesin Impact Kecil	1
M8	Heating Machine besar	3
	Heating machine kecil	2
M9	Mesin Pons	5
M10	Mesin Polles	6
M11	Mesin Las Pen	4

**3.1 Pengolahan Data dengan Algoritma Time Window**

Hasil pengolahan data dengan menggunakan algoritma time window menghasilkan nilai D = 80 jam dengan biaya Rp. 1.153,4 (tabel 6), dan mempunyai 8 buah time window , sebagai nilai yang terpilih setelah dilakukan iterasi mulai D = 60 jam dengan penjadwalan bersifat maju (forward scheduling).

**Tabel 4 Penyelesaian Tiap Job**

Job	Produk	D		
		60	80	100
1	6.5 Qt Multipot w/lid Encaps (2.6 ltr)	61.3185	81.3185	101.3185
2	2.0 Qt Saucepan W/lid (0.8 ltr)	211.2911	201.2911	201.2911
3	1.5 Qt Casserole w/lid (0.6 ltr)	151.2083	161.2083	151.2083
4	3.0 Qt Saucepan W/lid (1.2 ltr)	211.7491	201.7491	201.7491
5	Double Boiler w/glass W/lid 18 cm (0.6 ltr)	61.7175	81.7175	101.7175
6	12 Qt Magnum Stewpot (4.8 ltr)	241.53	241.53	251.53
7	14 Qt Magnum Stewpot (5.6 ltr)	361.5274	361.5274	351.5274

**Tabel 5 Tardiness Dan Earliness Tiap Job**

Job	Saat datang	Due date	D		
			60	80	100
1	12	90	28.6815	8.6815	-11.318
2	16	240	28.7089	38.7089	38.7089
3	21	180	28.7917	18.7917	28.7917
			60	80	100
4	30	240	28.2509	38.2509	38.2509
5	36	90	28.2825	8.2825	-11.717
6	45	268	26.47	26.47	16.47
7	136	384	22.4726	22.4726	32.4726
Tardiness					-23.035
Earliness			191.658	161.688	154.694
Total			191.658	161.688	177.729

**Tabel 6. Biaya Tardiness dan Earliness**

Job	D		
	60	80	100
1	Rp.351.6319	Rp. 106.4351	Rp.17.668,75
2	Rp.136.941	Rp. 184.641	Rp. 184.641
3	RP.102.498	RP.66.898	RP.102.498
4	Rp.150.859	RP.204.259	RP.204.259
5	RP.161.775	RP.47.3759	RP.8.787,75
6	Rp.294.346	Rp.294.346	Rp.183.146
7	RP.249.445	RP.249.445	RP.360.445
Tardiness	Rp.0	Rp.0	Rp.26.456,5
Earliness	Rp.1.492,49	Rp.1.153,4	Rp.1.035,303
Total	Rp.1.492,49	Rp.1.153,4	Rp.27.491,80

Hasil penjadwalan dengan algoritma time window telah didapat, maka gannt chart bisa dibuat sesuai dengan jadwal.

**3.2 Pengolahan Data Dengan Algoritma Genetika**

Hasil penjadwalan dari algoritma time window dengan nilai D terpilih (dibuat gannt chart), selanjutnya job yang berada pada tiap time window sesuai gannt chart dijadwalkan dengan algoritma genetika.

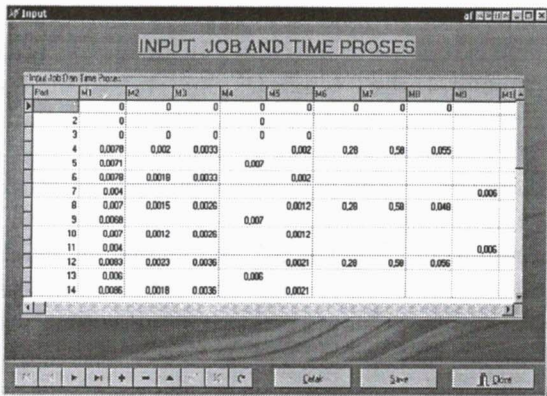
Untuk menyelesaikan kasus yang dihadapi, algoritma genetika di buat dalam sebuah program aplikasi komputer dengan Borland Delphi 6.0. Terdiri dari 3 tampilan form(gambar 2, 3 dan 4). Waktu komputasi yang dibutuhkan relatif kecil, untuk menyelesaikan masalah ini dibutuhkan waktu kurang dari 1 menit.

Setting parameter algoritma genetika (gambar 4) yang digunakan dalam penelitian untuk masing-masing time window adalah :

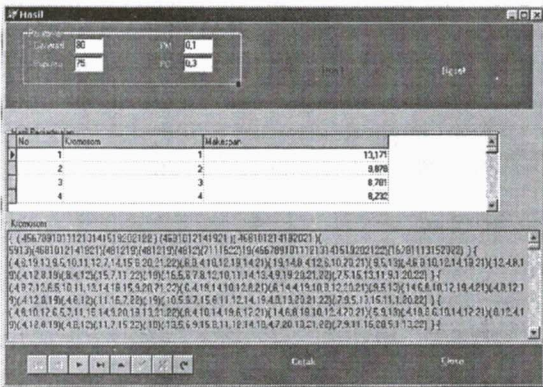
- a) Generasi = 80
- b) Ukuran Populasi (N) = 75
- c) P. Mutasi = 0.1
- d) P. Crossover = 0.3



**Gambar 2. Dialog Menu Utama Program**



Gambar 3. Dialog Masukan Waktu Proses



Gambar 4. Dialog Masukan Parameter Genetika Dan Hasil Jadwal Mesin

Hasil urutan job untuk masing- masing time window adalah :

a) Time window 1

{(2,21,7,10,12,14,17,3,8,18,15,6,13,11,9,19,4,5,16,20,1,22)(3,4,1,18,8,19,12,10,6,16,14,21)(19,8,14,12,4,6,18,20,3,16,10,1,21)(9,13,1,5,17,16,3,2,18)(3,18,14,19,16,8,4,6,1,10,12,21)(4,1,16,8,12,19)(4,8,1,16,12,19)(1,4,12,8,16)(7,15,22)(19)(21,17,8,4,14,6,7,15,2,10,11,12,9,3,13,1,5,20,16,18,19,22)(9,5,20,17,13,11,7,22)}, makespan : 6.509 jam

b) Time window 2

{(13,20,21,9,4,11,10,8,5,6,15,7,12,14,19,22)(8,12,14,10,4,6,19,21)(12,8,19,20,4,6,10,14,21)(9,5,13)(8,6,14,10,19,4,12,21)(4,12,8,19)(12,8,4,19)(4,8,12)(7,11,15,22)(19)(7,10,11,12,19,15,5,20,21,9,8,6,13,14,22)(11,13,15,5,9,20,7,22)}, makespan : 4,474 jam

c) Time window 3

{(19,5,10,7,22,9,11,14,25,23,6,8,13,20,21,12,4,24,15,26)(21,4,12,10,8,14,6,23,19,25)(12,6,8,14,23,10,21,20,4,19,25)(13,5,9,24)(8,14,6,19,21,10,4,12,23,25)(4,8,12,19,23)(8,4,12,19,23)(4,8,12)(7,15,22,26)(19,23)(14,5,9,7,12,8,25,4,20,13,21,15,19,6,11,22,24,23,10,26)(20,7,13,11,22,5,9,15,24,26)}, makespan : 3.862 jam

d) Time Window 4

{(14,6,22,12,13,7,15,25,5,24,23,19,20,21,26,4)(6,21,14,12,19,23,25,4)(6,19,12,21,14,20,23,25,4)(13,5,24)(6,14,12,23,19,21,25,4)(19,12,23,4)(19,12,23,4)(12,4)(22,15,7,26)(19,23)(6,15,22,12,7,14,13,24,19,21,20,23,5,25,26,4)(13,5,24,15,20,7,22,26)}, makespan : 3,704 jam

e) Time window 5

{(24,5,13,7,12,15,4,6,20,14,23,22,21,19,25,26)(4,6,21,14,19,12,23,25)(14,12,20,19,21,4,6,23,25)(5,13,24)(4,21,12,14,6,19,23,25)(19,12,4,23)(4,19,12,23)(4,12)(15,7,22,26)(19,23)(19,15,14,13,12,5,6,21,20,4,23,22,7,19,24,23,25,26)(20,24,13,22,5,7,15,26)}, makespan : 4.044 jam

f) Time window 6

{(20,19,24,21,23,22,25,26)(23,19,21,25)(19,21,20,23,25)(24,)(23,21,19,25)(19,23,)(19,23)(22,26)(19,23)(20,21,22,25,24)}, makespan : 2, 185 jam

g) Time window 7 dan 8

{(24,25,23)(23,25)(23,25)(24)(23,25)(23)(23)(26)(23)(24,25,24,26)(24,26)}, makespan : 1,492 jam

4. Analisis Hasil Penjadwalan

Penjadwalan yang dilakukan perusahaan (FCFS) menghasilkan nilai biaya tardiness dan earliness sebesar :

Job	Ti	Ci	Ti/Ei (jam)	Ti/Ei (hari)	Biaya Tardiness/ Earliness
1	15	60	30	4	Rp. 367,80
2	20	180	60	7.5	Rp. 286,4
3	50	210	30*	4	Rp. 14.250,00
4	100	240	0	0	0
5	60	90	0	0	0
6	150	291	23*	2.87/3	Rp. 33.493,75
7	210	410	24*	3	Rp. 34.800,00
Tardiness			77	10	Rp. 82.534,75
Earliness			90	11.5	Rp. 654,20
Total			167	21.5	Rp. 83.188,95



Dibandingkan dengan penggunaan algoritma time window dengan nilai  $D = 80$ , dapat dilihat bahwa metode algoritma time window menghasilkan biaya minimum (tabel. 7)

**Tabel 7. Perbandingan Biaya Tardiness Dan Earliness**

Biaya (Rp)	D (jam)			
	Aktual	60	80	100
Tardiness	Rp. 82.534,75	Rp.0	Rp.0	Rp.26.456,5
Earliness	Rp. 654,20	Rp.1.492,49	Rp.1.153,4	Rp.1.035,303
Total	Rp. 83.188,95	Rp.1.492,49	Rp.1.153,4	Rp.27.491,80

#### 4.1 Analisis Kepekaan Parameter Genetika

##### a) Ukuran Populasi

Menunjukkan jumlah kromosom (urutan pekerjaan) yang terbentuk pada setiap generasi. Semakin banyak kromosom maka calon solusi yang terbentuk semakin banyak, artinya probabilitas menemukan solusi optimal semakin besar.

##### b) Probabilitas Crossover

Jika nilai  $P_c$  yang diberikan kecil atau terlalu kecil maka pada saat generasi awal, populasi cenderung makin cepat konvergen. Hal ini karena makin berkurangnya variasi kromosom yang dihasilkan. Sedangkan jika nilai  $P_c$  yang diberikan terlalu besar atau besar maka pada saat generasi awal populasi cenderung makin divergen, hal ini karena makin bertambah variasi kromosom yang dihasilkan oleh operasi *crossover*.

##### c) Probabilitas Mutasi

Jika nilai probabilitas *mutasi* yang diberikan kecil atau sangat kecil maka distorsi yang terjadi semakin kecil dan sedikit, sehingga arah pencarian semakin jelas dan terarah pada suatu nilai tertentu. Hal ini disebabkan karena semakin sedikitnya variasi kromosom yang dihasilkan operasi *mutasi*. Sedangkan jika nilai  $P_m$  yang diberikan besar atau sangat besar maka distorsi yang terjadi semakin banyak dan besar, arah pencarian semakin random dan tidak terarah pada nilai tertentu hal ini dikarenakan semakin banyak variasi yang dihasilkan operasi *mutasi*

#### Kesimpulan

1. Pemanfaatan penjadwalan dengan pendekatan panjang time window ini tidak hanya memberikan manfaat perbaikan sistem pada penjadwalan dinamik, tetapi juga dapat meredakan kompleksitas dari permasalahan penjadwalan.
2. Penggunaan Algoritma time window dapat memberikan biaya optimal untuk tardiness dan earliness dengan panjang time window ( $D$ ) = 80 dan biaya Rp. 1.158,4.
3. Algoritma genetika mampu memberikan penyelesaian terhadap masalah penjadwalan job shop.
4. Algoritma genetika dikombinasikan dengan rolling time window untuk mengakomodasi penjadwalan mesin. Hasil algoritma genetika memberikan urutan job untuk tiap time window dengan makespan 6.509, 4.474, 3.862, 3.704, 4.044, 2.158 dan 1.492 jam

#### Daftar Pustaka

- Anas Ma'ruf, *Pengembangan metode Penjadwalan dengan Mempertimbangkan Alternatif Routing Proses Menggunakan Algoritma Genetika*. Thesis ITB. 1995.
- David D. Bedworth, James E Bailey *Integrated Production Control System* by John Wiley & Sons Inc. 1982, 1987.
- David.E. Golberg, *Genetic Algorithm in search, optimization and machine learning*, Reading Massachusetts, adission Wesley Publishing Company, Inc. USA. 1989.
- Davis, Lawrence. *Handbook Of Genetic Algorithms*, New York Van Nostrand Reinheld. 1991.
- D W Fogarty, et all *Production and Inventory Management* 2<sup>nd</sup> ed. (Cincinnati-South-Western, 1991).
- Jhon E. Biegel *Pengendalian Produksi Suatu Pendekatan Kuantitatif*, Akademika Pressindo Jakarta 1992.
- Mitsuo. Gen, Runwei. Cheng, *Genetic Algorithms & Engineering Design*, by John Wiley & Sons Inc. 1997.
- Puspawardhani, Gianti, Ir., MT, *Diktat Kuliah Sistem Produksi*, Jurusan Teknik Industri
- Roy. Krisyanto, *Penjadwalan dengan menggunakan Algoritma Genetika*. Tugas Akhir, ITENAS. 1999.
- Ramdhani.S, *Aplikasi Penjadwalan Job Shop Dengan Menggunakan Metode Rolling Time Window*, Tugas Akhir. UNJANI. 2003.

S L Narasimhan, Denis W Mc. Leavy P J  
*Production Planning and Inventory Control*  
Bilington 2<sup>nd</sup> end. Prentice-hall International  
Inc. 1995, 1985.

Sun D dan Lin,L., 1994, *A Dynamic Job Shop  
Scheduling Framework : A Backward  
Approach*. Int. J. Prod Res Vol 32, No 4,  
967-985

Yosephine. S, *Model Penentuan Panjang Time  
Window Pada Penjadwalan Job Shop  
Dinamik*, Tesis Magister, program studi ITB  
2000.

Madcoms, Pemrograman Borland Delphi 7 (jilid  
1), Andi Yogyakarta. 2002

\* *Staf Pengajar Jurusan Teknik Industri  
UNJANI Bandung*

\*\* *Alumni Jurusan Teknik Industri UNJANI  
Bandung*