

# USULAN PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN ALGORITMA GENETIKA

(Studi Kasus di PT.Agronesia, Bandung)

## THE PROPOSED OF PRODUCTION SCHEDULLING USING GENETIC ALGORITHM APPROACH

(The Case Study in PT.Agronesia, Bandung)

Ariyani<sup>1</sup>, Kartika Suhada<sup>2</sup>, Santoso<sup>3</sup>

<sup>1</sup>arie\_rainblue@yahoo.com, <sup>2</sup>kartika.suhada@eng.maranatha.edu,

<sup>3</sup>santoso\_ajiank@yahoo.com

### Abstrak

*PT Agronesia adalah perusahaan manufaktur yang memproduksi produk teknik berbahan baku karet. Masalah yang dihadapi perusahaan adalah keterlambatan pemenuhan pesanan yang diterima. Dari penelitian, diketahui penyebabnya adalah metode penjadwalan yang tidak tepat. Jika hal ini terus terjadi, maka kredibilitas perusahaan di mata konsumen akan turun dan dapat beralih ke perusahaan pesaing.*

*Peneliti mengusulkan dua alternatif metode penjadwalan, yaitu metode GA dan CDS, dengan kriteria minimasi makespan. Untuk mempercepat waktu perhitungan, peneliti mengembangkan software Delphi untuk metode GA kasus flowshop. Dari 10 studi kasus yang dibuat, ternyata GA memberikan nilai makespan yang lebih baik daripada CDS untuk 7 kasus, sedangkan 3 kasus lainnya hasilnya sama. Oleh karena itu peneliti mengusulkan penerapan metode GA.*

*Manfaat penerapan metode GA bagi perusahaan adalah semua job yang diterima (5 jobs) dapat diselesaikan tanpa mengalami keterlambatan, sedangkan metode perusahaan menghasilkan 2 job terlambat. Selain itu, makespan berkurang sebesar 519.5 menit. Dengan demikian, sebaiknya perusahaan mengimplementasikan metode GA.*

*Kata kunci : Penjadwalan, Flowshop, Keterlambatan, Makespan, Genetika*

### Abstract

*PT Agronesia is a manufacture company that produce the technical product which use rubber as raw material. The problem which faced the company was the tardiness of jobs. From the research, the cause of tardiness was the appropriateness scheduling method. If this happens continually, then the credibility of the company will be decrease in the consumer's viewpoint and they can turn to the competitors.*

*The researcher proposed two alternatives scheduling method, that is the GA and CDS methods, with the minimizing makespan criterion. To speed up calculation time, the researcher developed software Delphi for the GA method for flowshop case. From 10 cases study that was made, GA result makespan better than CDS for 7 cases, whereas 3 other cases give same results. Because of that the researcher proposed the application of GA method.*

---

<sup>1</sup>Ariyani, mahasiswa jurusan Teknik Industri Universitas Kristen Maranaha, Bandung

<sup>2</sup>Kartika Suhada, dosen jurusan Teknik Industri Universitas Kristen Maranatha, Bandung

<sup>3</sup>Santoso, dosen jurusan Teknik Industri Universitas Kristen Maranatha, Bandung

*The advantage of applying the GA method for the company is the overall of job that was received (5 jobs) could be completed without tardy, whereas the company's method produced 2 tardy jobs . Moreover, the makespan decreased of 519,5 minutes. Therefore, it will be better if the company apply the GA methods*

*Key words: Scheduling, Flowshop, Tardiness, Makespan, Genetika*

## 1. Pendahuluan

Penjadwalan bagi perusahaan manufaktur adalah aspek yang sangat penting, karena penjadwalan merupakan salah satu elemen perencanaan dan pengendalian produksi. PT Agronesia adalah perusahaan manufaktur yang memproduksi barang teknik berbahan baku karet.

Dari hasil wawancara dengan bagian produksi dan pengamatan yang dilakukan oleh peneliti, masalah yang dihadapi perusahaan pada saat ini adalah keterlambatan dalam pemenuhan pesanan. Dari pengamatan awal yang dilakukan, diketahui bahwa kemungkinan penyebab keterlambatan pemenuhan *job* tersebut dikarenakan metode penjadwalan yang diterapkan saat ini kurang tepat. Oleh karena itu peneliti bermaksud mengusulkan metode penjadwalan yang sebaiknya diterapkan oleh perusahaan.

Berhubung permasalahan yang terjadi di perusahaan dapat mencakup ruang lingkup penelitian yang cukup luas, maka peneliti melakukan pembatasan sebagai berikut :

1. Pengamatan dilakukan pada produk *job order*.
2. Penjadwalan dilakukan untuk data pesanan jenis *sheet* pada bulan Oktober 2007.

Sedangkan asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Proses penakaran dan pemeriksaan bahan baku dianggap sudah dilakukan dan dalam kondisi siap pakai.
2. Pembatalan suatu *job* tidak boleh terjadi.
3. Tidak ada *job* sisipan.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi kelemahan dari metode penjadwalan yang perusahaan terapkan saat ini.
2. Memberikan usulan metode penjadwalan apa yang sebaiknya diterapkan untuk mengatasi kendala dari perusahaan.
3. Menganalisis manfaat yang diperoleh perusahaan dengan menerapkan metode penjadwalan usulan.

## 2. Pendekatan Pemecahan Masalah

Dari data yang diperoleh dari perusahaan, dilakukan pengolahan data dengan menggunakan metode *Algoritma Genetika (GA)* dan Campbell, Dudek and Smith (CDS) sebagai metode usulan. Penentuan metode terbaik dapat dilihat pada performansi kedua metode di dalam memberikan *makespan* terkecil.

## 2.1. Metode Campbell, Dudek and Smith

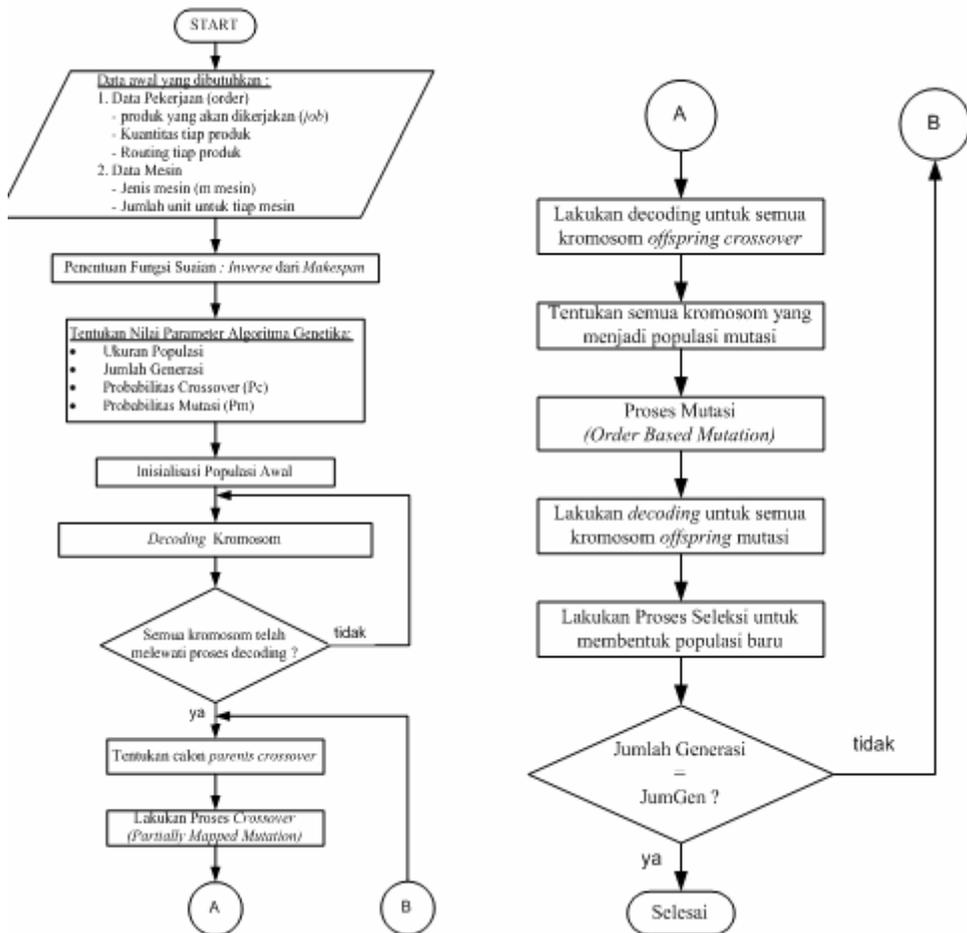
Johnson (1954) mengusulkan metode penjadwalan Batch yang digunakan untuk membuat jadwal optimal untuk mencapai makespan minimum pada *flowshop* dengan dua mesin. Algoritma ini dikenal dengan *Johnson's Rule*. Campbell, Dudek, dan Smith (1970) kemudian mengusulkan algoritma yang merupakan generalisasi *Johnson's rule* yaitu untuk kasus  $m \geq 2$ . langkah-langkah yang dilakukan oleh Campbell, Dudek, dan Smith adalah sebagai berikut :

1. Set  $R = 1$ . Hitung  $p^*_{i,1} = \sum_{r=1}^R p_{i,r}$  dan  $p^*_{i,2} = \sum_{r=1}^R p_{i,m-r+1}$  dengan :  $p_{i,r} = t_{r,h} Q_i$
2. Untuk semua batch  $i$  temukan waktu minimum dari  $p^*_{i,1}$  dan  $p^*_{i,2}$
3. Jika waktu minimum adalah  $p^*_{i,1}$ , jadwalkan batch tersebut pada posisi yang telah tersedia dimulai dari awal urutan. Jika waktu minimum adalah  $p^*_{i,2}$ , jadwalkan batch tersebut pada posisi yang telah tersedia dimulai dari akhir urutan
4. Jika masih ada batch yang tersisa maka kembali ke langkah ke-2, sebaliknya teruskan ke langkah 5.
5. Jika  $R = (m-1)$ , hentikan; hitung makespan untuk setiap jadwal yang telah terbentuk dan tetapkan jadwal yang menghasilkan makespan yang paling minimum sebagai solusi. Jika  $R \neq (m-1)$ , set  $R = R+1$  dan kembali ke langkah 1.

## 2.2. Metode Algoritma Genetika

Algoritma genetika yang pertama kali diperkenalkan secara terpisah oleh Holland dan De Jong pada tahun 1975 merupakan teknik pencarian nilai optimum secara *stochastic* berdasarkan prinsip dasar dari teori evolusi. Algoritma Genetika dapat mengacu pada semua metode pencarian solusi tetangga dengan mensimulasikan proses evolusi alam. Pada tiap generasi, solusi terbaik (individu) diperbolehkan menghasilkan solusi baru (anak) dengan mengambil fitur terbaik dari *parent* dan mencampurkan dengan fitur lainnya (atau dengan mutasi).

Berikut adalah langkah – langkah di dalam pengolahan data dari metode GA yang digambarkan pada gambar 1 :



Gambar 1  
Bagan Alir Pengolahan Data Algoritma Genetika

### 3. Pengumpulan Data

#### 3.1. Metode Penjadwalan Perusahaan

Penjadwalan yang dilakukan perusahaan pada saat ini adalah bahwa *job* yang memiliki batas waktu penyelesaian yang lebih awal maka akan dikerjakan lebih dahulu. Jika terdapat lebih dari satu *job* yang memiliki batas waktu penyelesaian yang sama, maka *job* yang memiliki kuantitas yang lebih besar akan dikerjakan terlebih dahulu. Jika *job* memiliki kuantitas yang sama, maka *job* yang dipesan terlebih dahulu yang akan dikerjakan lebih awal.

#### 3.2. Data Pesanan Yang Diterima Oleh Perusahaan.

Pesanan jenis *sheet* pada bulan Oktober 2007 ditunjukkan dalam tabel 1.

Tabel 1 Data Pesanan

Job	Item	Jumlah	Tanggal Terima	Tanggal Siap Produksi	Due Date
1	Linolium Merah 5 x 1000 x 18500 mm <sup>3</sup>	40 roll	8 Oktober 2007	15 Oktober 2007	27 Oktober 2007
2	Linoleum Hitam 5 x 1000 x 20000 mm <sup>3</sup>	3 roll	8 Oktober 2007	15 Oktober 2007	
3	Rubber Tile 2.5 x 1000 x 18.500 mm <sup>3</sup>	2 roll	8 Oktober 2007	15 Oktober 2007	
4	Rb. Sheet Liner Hitam	2 roll	8 Oktober 2007	15 Oktober 2007	
5	Linning buck truck	1 buah	8 Oktober 2007	15 Oktober 2007	

### 3.3. Matriks Routing dan Matriks Waktu Proses

Berikut adalah matriks *routing* dan matriks waktu proses untuk masing-masing *job* dengan mempertimbangkan kuantitas tiap *job*.

Tabel 2 Matriks Routing Tiap Job

Job		Operation					
		1	2	3	4	5	6
1	1a	1	2	3	4	5	6
	1b	1	2	3			
2	2a	1	2	3	4	5	6
	2b	1	2	3			
3	3a	1	2	3	4	5	6
	3b	1	2	3			
4		1	2	3	4	5	6
5		1	2	3	4	5	6

Tabel 3 Matriks Waktu Proses Tiap Job

Job		Operation					
		1	2	3	4	5	6
1	1a	240	400	520	800	600	3798.4
	1b	200	440	600			
2	2a	19.5	33	42	64.5	48	314.88
	2b	16.5	36	48			
3	3a	11	18	24	37	28	179.92
	3b	9	20	28			
4		8	21	26	18	26	159.92
5		6.5	13	16	14	17	84.96

## 4. Pengolahan Data

### 4.1. Penjadwalan Dengan Metode Perusahaan

Pengolahan dengan menggunakan metode perusahaan menghasilkan *makespan* sebesar 7704.20 menit. Perpindahan *job* dari mesin yang satu ke mesin yang lain dilakukan tiap satu unit sehingga terjadi perbedaan *makespan*. Perbedaan *makespan* terjadi karena waktu proses tiap *job* adalah waktu proses yang sudah memperhitungkan ukuran *job*. Oleh karena itu selisih waktu *makespan* dihitung kembali untuk mencari *makespan* yang sesungguhnya.

$$\begin{aligned}
 \text{Selisih Waktu Makespan} &= (n-1) \cdot t_{1a,msn1} + (n-1) \cdot t_{1a,msn2} + (n-1) \cdot (t_{msn4} + t_{1b,msn3} + t_{proses5}) \\
 &= (39 \cdot 6) + (39 \cdot 10) + (39 \cdot (20 + 15 + 15)) \\
 &= 2574 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$C_i$  = waktu selesai akhir + waktu transport total - selisih makespan

$$= 7702.2 + 9 - 2574 = 5137.2 \text{ menit}$$

Jadi *Makespan* dengan menerapkan metode penjadwalan perusahaan adalah sebesar 5137.20 menit

## 4.2. Penjadwalan Dengan Metode Algoritma Genetika

Langkah-langkah penjadwalan dengan menggunakan algoritma genetika adalah :

### 4.2.1. Penentuan Fungsi Suaian

Fungsi suaian yang digunakan adalah *inverse* dari *makespan* (minimasi *makespan*).

### 4.2.2. Penentuan Nilai Parameter Genetika

Berikut ini adalah data parameter genetik yang diperlukan pada penelitian ini sebagai langkah awal dalam algoritma genetika yaitu : Jumlah generasi = 1 generasi, Ukuran Populasi = 4 kromosom, Probabilitas *Crossover* = 0.95, dan Probabilitas Mutasi = 0.05.

### 4.2.3. Inisialisasi Populasi Awal dengan *Encoding*

*Encoding* merupakan sebuah proses untuk mengubah solusi/informasi real ke dalam kromosom untuk diproses lebih lanjut. Proses *encoding* pada penelitian ini bertujuan untuk menentukan informasi apa saja yang akan dimasukkan ke dalam kromosom. Karena pada dasarnya permasalahan *Flow Shop* adalah masalah penjadwalan permutasi, maka dapat digunakan permutasi dari *job* sebagai representasi dari kromosom, dimana hal tersebut merupakan representasi natural untuk masalah penjadwalan. Pada representasi permutasi, satu kromosom terdiri dari  $m$  sub kromosom, dimana satu sub kromosom menunjukkan satu jenis mesin. Satu sub kromosom terdiri dari sekumpulan gen, dimana masing-masing gen menunjukkan operasi dari *job* yang membutuhkan pemrosesan pada sub kromosom tersebut. Panjang sub kromosom tergantung dari jumlah operasi *job* yang akan diproses di mesin tertentu. Pada *Flow Shop*, panjang dari tiap sub kromosom adalah sama dengan urutan gen yang sama pula.

### 4.2.4. *Decoding*

*Decoding* adalah sebuah proses menerjemahkan kromosom ke dalam sebuah jadwal yang mudah dibaca atau proses transfer informasi yang terkandung di dalam suatu kromosom ke dalam suatu informasi *real*. Proses *decoding* dilakukan berdasarkan pada urutan operasi pada kromosom. Pada proses *decoding* ini, setiap operasi akan dimasukkan ke dalam antrian mesin yang bersangkutan.

Dalam proses *decoding* ini setiap kromosom yang terdapat dalam populasi akan diproses sehingga menghasilkan beberapa jadwal produksi yang *feasible* sesuai dengan ukuran populasi. Kemudian jadwal produksi yang dihasilkan tersebut akan dievaluasi nilai *fitness* (nilai suaian) sesuai dengan fungsi suaian yang telah ditetapkan sebelumnya yaitu minimasi *makespan*.

### 4.2.5. *Crossover*

Proses *crossover* merupakan salah satu operator genetika yang bertujuan untuk memperoleh kromosom keturunan (*offspring*) yang lebih baik dengan cara melakukan pertukaran (persilangan) pada salah satu atau beberapa bagian kromosom yang satu dengan kromosom yang lainnya. Keturunan yang lebih baik ditandai

dengan peningkatan nilai *fitness*. Langkah awal sebelum melakukan *crossover* dalam penjadwalan produksi *flow shop* adalah :

- 1) Dapatkan nilai probabilitas *crossover* ( $P_c$ ) yang telah ditentukan sebelumnya.
- 2) Bangkitkan bilangan random antara 0 dan 1 untuk setiap kromosom dalam populasi. Bilangan random tersebut akan dibandingkan dengan nilai  $P_c$ . Jika bilangan random dari suatu kromosom ternyata lebih kecil atau sama dengan nilai probabilitas *crossover* maka kromosom tersebut terpilih menjadi *parents* dan mengalami *crossover*.
- 3) Tentukan pasangan antar *parents* secara random. Apabila jumlah kromosom yang menjadi calon *parent* ganjil, maka terdapat satu *parent* yang tidak mengalami *crossover*.
- 4) Setelah menentukan pasangan antar *parents*, maka barulah dilakukan operasi *crossover* untuk tiap pasangan. Dalam penelitian ini menggunakan metode *Partial Mapped Crossover* (PMX).

Langkah-Langkah PMX pada *flow shop* adalah:

- a) Penentuan Nilai Crossing Site  
*Crossing site* menunjukkan posisi antara gen yang satu dengan gen yang lain. Untuk *crossover* pada *flow shop* hanya diambil satu sub-kromosom dari sebuah kromosom sebagai wakil dari sub-kromosom yang lain. Penentuan nilai *crossing site* ini dilakukan dengan membangkitkan bilangan random antara 1 dan  $(m-1)$  sebanyak 2 buah, dimana nilai  $m$  merupakan panjang sub kromosom.
- b) Silangkan posisi gen-gen yang berada diantara *crossing site* suatu kromosom dengan gen-gen yang berada di antara *crossing site* kromosom pasangannya.
- c) Tentukan *mapping relationship*.
- d) Ubah gen-gen yang berada di luar *crossing site* berdasarkan *mapping relationship*.

#### 4.2.6. Mutasi

Proses mutasi merupakan proses ‘evolusi’ kromosom sehingga menghasilkan *offspring*, tanpa bantuan kromosom lain. Proses mutasi sangat jarang terjadi sehingga mutasi hanya memegang peranan yang sekunder dalam pencarian solusi yang memuaskan. Proses ini dibutuhkan untuk menghindari algoritma genetika dari kondisi *stuck*.

Dalam penelitian ini proses mutasi menggunakan *order based mutation*.

Langkah-langkah mutasi dengan *Order Based Mutation* pada *flow shop* adalah :

Probabilitas mutasi ( $P_m$ ): 0.05

- 1) Bangkitkan bilangan random di setiap gen-gen pada sub-kromosom.
- 2) Jika bilangan random yang dibangkitkan dari suatu sub-kromosom dalam proses mutasi ini ternyata lebih kecil atau sama dengan nilai  $P_m$  maka kromosom tersebut akan mengalami mutasi dan sebaliknya.

Tabel 4 Pembangkitan Bilangan Random Pada Sub Kromosom

Kromosom					
kromosom 1	1a+1b 0.702	2a+2b 0.796	3a+3b 0.269	4 0.936	5 0.671
kromosom 2	5 0.742	<b>4</b> <b>0.047</b>	2a+2b 0.688	3a+3b 0.281	1 0.304
kromosom 3	1a+1b 0.769	5 0.667	4 0.421	2a+2b 0.317	3a+3b 0.463
kromosom 4	2a+2b 0.806	5 0.933	1a+1b 0.623	4 0.250	3a+3b 0.773
kromosom <i>offspring crossover</i> 1	1a+1b 0.182	4 0.119	2a+2b 0.539	3a+3b 0.300	5 0.316
kromosom <i>offspring crossover</i> 2	<b>5</b> <b>0.002</b>	2a+2b 0.827	3a+3b 0.857	4 0.491	1a+1b 0.852

- 3) Tukarkan setiap gen yang mengalami mutasi dengan gen yang berada di sebelah kanan gen tersebut. Jika gen yang mengalami mutasi lebih dari satu maka proses pertukaran dimulai dari gen yang mengalami mutasi yang berada di paling kanan.

Tabel 5 Proses Mutasi dengan *Order Based Mutation*

Kromosom	Pertukaran Posisi				
kromosom 2	5	<b>4</b>	2a+2b	3a+3b	1
	5	2a+2b	<b>4</b>	3a+3b	1
kromosom <i>offspring crossover</i> 2	<b>5</b>	2a+2b	3a+3b	4	1a+1b
	2a+2b	<b>5</b>	3a+3b	4	1a+1b

#### 4.2.7. Seleksi

Proses seleksi merupakan prosedur yang dilakukan untuk menghasilkan populasi baru untuk generasi selanjutnya. Prosedur seleksi yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Jenis ruang sampling yang digunakan yaitu *enlarged sampling space*, yang terdiri dari :
  - Kromosom-kromosom yang berasal dari populasi awal (*parents*).
  - Kromosom-kromosom *offspring* yang berasal dari proses *crossover* dan mutasi.
- Dalam suatu generasi akan dipilih kromosom-kromosom yang akan membentuk populasi baru sejumlah ukuran populasi awal. Kriteria pemilihan kromosom tersebut adalah sebagai berikut :
  - Urutkan seluruh kromosom yang berada pada ruang sampling berdasarkan nilai *fitness* mulai dari yang terbesar sampai terkecil.
  - Pilih sejumlah kromosom dengan nilai *fitness* terbesar sampai terbentuk populasi baru yang sesuai dengan ukuran populasi awal.

3. Setelah populasi baru terbentuk (selesai satu generasi) maka seluruh kromosom yang terdapat dalam populasi baru ini akan melewati proses *crossover* dan mutasi kembali.
4. Ulangi langkah tersebut sampai diperoleh jumlah generasi yang diinginkan.

Hasil dari pengolahan data perusahaan Agronesia dengan menggunakan software genetika yang telah dibuat dapat dilihat pada tabel 6.

$$\begin{aligned}
 \text{Selisih Waktu Makespan} &= n_{\text{job 1}} * (t_{\text{Job 1a;msn 1}} + t_{\text{Job 1a;msn 2}} + t_{\text{Job 1a;msn 3}} + t_{\text{Job 1;msn 4}}) + ((2n_{\text{job 1}} - 1) * t_{\text{Job 1b;msn 3}}) \\
 &\quad + t_{\text{Job 1;proses 5}} + n_{\text{job 2}} * (t_{\text{Job 2a;msn 1}} + t_{\text{Job 2b;msn 1}} - t_{\text{Job 2;msn 6}}) + n_{\text{job 3}} * (t_{\text{Job 3a;msn 1}} + t_{\text{Job 3b;msn 1}} - t_{\text{Job 3;msn 6}}) \\
 &\quad + n_{\text{job 4}} * (t_{\text{Job 4;msn 1}} - t_{\text{Job 4;msn 6}}) - n_{\text{job 5}} * (t_{\text{Job 5;msn 2}} + t_{\text{Job 5;msn 3}} + t_{\text{Job 5;msn 4}} + t_{\text{Job 5;msn 5}} + t_{\text{Job 5;msn 6}}) \\
 &= (40 * (6 + 10 + 13 + 20)) + ((80 - 1) * 15) + 15 + (3 * (6.5 + 5.5 - 104.96)) + (2 * (4.5 + 5.5 - 89.96)) \\
 &\quad + (2 * (4 - 79.96)) - (1 * (13 + 16 + 14 + 17 + 84.96)) = 1960 + 1185 + 15 - 278.88 - 159.92 - 151.92 \\
 &\quad - 144.96 = 2424.32
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_t &= (\text{waktu proses} + \text{waktu setup}_{\text{msn 1}} + \text{waktu transport}_{12}) - \text{selisih waktu makespan} \\
 &= (7028.90 + 4.12 + 2) - 2424.32 = 4610.70
 \end{aligned}$$

Jadi *Makespan* dengan menggunakan algoritma genetika adalah 4610.70 menit

Tabel 6 Pengolahan Algoritma Genetika Menggunakan *Software* Dengan Data Perusahaan

Generasi Terbaik = 0, *Makespan* = 7028.90

Job	Operation	On Machine	Process Time	Start Time	Finish Time
Msn 1 (Kneader)	Job 5 (linning buck truck)	1	6.50	0.00	6.50
Msn 1 (Kneader)	Job 4 (Rb_liner)	1	8.00	6.50	14.50
Msn 1 (Kneader)	Job 2 (lino_hitam)	1	36.00	14.50	50.50
Msn 1 (Kneader)	Job 3 (rb_tile)	1	20.00	50.50	70.50
Msn 1 (Kneader)	Job 1 (lino_merah)	1	440.00	70.50	510.50
Msn 2 (Open Mill 1)	Job 5 (linning buck truck)	2	13.00	6.50	19.50
Msn 2 (Open Mill 1)	Job 4 (Rb_liner)	2	21.00	19.50	40.50
Msn 2 (Open Mill 1)	Job 2 (lino_hitam)	2	52.50	50.50	103.00
Msn 2 (Open Mill 1)	Job 3 (rb_tile)	2	29.00	103.00	132.00
Msn 2 (Open Mill 1)	Job 1 (lino_merah)	2	640.00	510.50	1150.50
Msn 3 (Open Mill 2)	Job 5 (linning buck truck)	3	16.00	19.50	35.50
Msn 3 (Open Mill 2)	Job 4 (Rb_liner)	3	26.00	40.50	66.50
Msn 3 (Open Mill 2)	Job 2 (lino_hitam)	3	54.00	103.00	157.00
Msn 3 (Open Mill 2)	Job 3 (rb_tile)	3	32.00	157.00	189.00
Msn 3 (Open Mill 2)	Job 1 (lino_merah)	3	680.00	1150.50	1830.50
Msn 4 (Callander)	Job 5 (linning buck truck)	4	14.00	35.50	49.50
Msn 4 (Callander)	Job 4 (Rb_liner)	4	18.00	66.50	84.50
Msn 4 (Callander)	Job 2 (lino_hitam)	4	64.50	157.00	221.50
Msn 4 (Callander)	Job 3 (rb_tile)	4	37.00	221.50	258.50
Msn 4 (Callander)	Job 1 (lino_merah)	4	800.00	1830.50	2630.50
Proses 5 (Matting)	Job 5 (linning buck truck)	5	17.00	49.50	66.50
Proses 5 (Matting)	Job 4 (Rb_liner)	5	26.00	84.50	110.50
Proses 5 (Matting)	Job 2 (lino_hitam)	5	48.00	221.50	269.50
Proses 5 (Matting)	Job 3 (rb_tile)	5	28.00	269.50	297.50
Proses 5 (Matting)	Job 1 (lino_merah)	5	600.00	2630.50	3230.50
Msn 6 (Autoclave)	Job 5 (linning buck truck)	6	84.96	66.50	151.46
Msn 6 (Autoclave)	Job 4 (Rb_liner)	6	159.92	151.46	311.38
Msn 6 (Autoclave)	Job 2 (lino_hitam)	6	314.88	311.38	626.26
Msn 6 (Autoclave)	Job 3 (rb_tile)	6	179.92	626.26	806.18
Msn 6 (Autoclave)	Job 1 (lino_merah)	6	3798.40	3230.50	7028.90

### 4.3. Penjadwalan Dengan Metode Campbell, Dudek and Smith

Dalam penelitian ini, penjadwalan dengan menggunakan metode Campbell, Dudek dan Smith menggunakan program *Win QSB*. Pengolahan dengan menggunakan program *Win QSB* dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7 Penjadwalan Perusahaan Dengan Metode Campbell, Dudek, dan Smith

No	Job	Operation	On Machine	Process Time	Start Time	Finish Time
1	Job 1	1	Machine 1	440	70,5	510,5
2	Job 1	2	Machine 2	640	510,5	1150,5
3	Job 1	3	Machine 3	680	1150,5	1830,5
4	Job 1	4	Machine 4	800	1830,5	2630,5
5	Job 1	5	Machine 5	600	2630,5	3230,5
6	Job 1	6	Machine 6	3798,4	3230,5	7028,9
7	Job 2	1	Machine 1	36	34,5	70,5
8	Job 2	2	Machine 2	52,5	70,5	123
9	Job 2	3	Machine 3	54	123	177
10	Job 2	4	Machine 4	64,5	177	241,5
11	Job 2	5	Machine 5	48	241,5	289,5
12	Job 2	6	Machine 6	314,88	491,3	806,18
13	Job 3	1	Machine 1	20	14,5	34,5
14	Job 3	2	Machine 2	29	40,5	69,5
15	Job 3	3	Machine 3	32	69,5	101,5
16	Job 3	4	Machine 4	37	101,5	138,5
17	Job 3	5	Machine 5	28	138,5	166,5
18	Job 3	6	Machine 6	179,92	311,38	491,3
19	Job 4	1	Machine 1	8	6,5	14,5
20	Job 4	2	Machine 2	21	19,5	40,5
21	Job 4	3	Machine 3	26	40,5	66,5
22	Job 4	4	Machine 4	18	66,5	84,5
23	Job 4	5	Machine 5	26	84,5	110,5
24	Job 4	6	Machine 6	159,92	151,46	311,38
25	Job 5	1	Machine 1	6,5	0	6,5
26	Job 5	2	Machine 2	13	6,5	19,5
27	Job 5	3	Machine 3	16	19,5	35,5
28	Job 5	4	Machine 4	14	35,5	49,5
29	Job 5	5	Machine 5	17	49,5	66,5
30	Job 5	6	Machine 6	84,96	66,5	151,46
	Cmax =	7028,9	MC =	1757,844	Wmax =	236,3
	MW =	104,928	Fmax =	7028,9	MF =	1757,844
	Lmax =	7028,9	ML =	1757,844	Emax =	0
	ME =	0	Tmax =	7028,9	MT =	1757,844
	NT =	5	WIP =	1,2504	MU =	0,196
	TJC =	0	TMC =	0	TC =	0
	Solved by	CDS			Criterion:	Cmax

Dari tabel diatas dapat kita simpulkan bahwa urutan *job* yang menghasilkan *makespan* terkecil (7028.9 menit) adalah *job* 5 – 4 – 3 – 2 – 1.

### 4.4. Perbandingan Algoritma Genetika Dengan Metode CDS

Untuk membandingkan antara metode Campbell, Dudek dan Smith dengan metode algoritma Genetika maka digunakan 10 kasus sebagai perbandingan.

Setelah diolah dengan menggunakan algoritma genetika dan metode Campbell, Dudek dan Smith didapatkan hasil bahwa GA memberikan nilai *makespan* yang lebih baik daripada CDS untuk 7 studi kasus dan nilai *makespan* yang sama untuk 3 studi kasus lainnya yang ditunjukkan pada tabel 8. Oleh karena itu peneliti mengusulkan penerapan metode GA sebagai metode usulan.

Tabel 8 Perbandingan *Makespan* Antara Algoritma Genetika dengan CDS

Kasus	Jlh Job	Jumlah Mesin	<i>Makespan</i> GA	<i>Makespan</i> CDS
Kasus 1	3	3	107*	109
Kasus 2	3	4	40*	40*
Kasus 3	4	3	68*	70
Kasus 4	4	4	172*	173
Kasus 5	4	5	80*	80*
Kasus 6	5	4	213*	246
Kasus 7	5	5	243*	253
Kasus 8	6	3	32*	33
Kasus 9	6	4	224*	226
Kasus 10	10	2	54*	54*

\* *Makespan* terkecil

## 5. Analisis

### 5.1. Analisis Kelemahan Metode Perusahaan

Kelemahan dari metode perusahaan saat ini hanya mempertimbangkan faktor batas waktu penyelesaian dan kuantitas dari *job* yang akan dikerjakan. Sedangkan sebenarnya banyak faktor yang mempengaruhi penjadwalan seperti waktu proses yang bervariasi dan *job* yang melibatkan banyak proses dan mesin. Dengan tidak mempertimbangkan beberapa faktor tersebut terutama waktu proses yang bervariasi maka waktu penyelesaian pesanan menjadi besar dan akibatnya beberapa *job* menjadi terlambat.

Dengan metode penjadwalan perusahaan didapatkan bahwa dari 5 *job* ada 2 *job* yang terlambat yaitu *job* 4 dan *job* 5, dengan keterlambatan 1 hari. Keterlambatan ini karena metode perusahaan yang kurang tepat. Waktu proses dan kuantitas *job* yang bervariasi dari tiap *job* menyebabkan adanya mesin yang menunggu untuk mengerjakan *job* pada awal pengerjaan terutama mesin 6 (mesin autoclave). Waktu proses pada mesin 6 cukup lama dibandingkan dengan mesin lain karena adanya proses pendinginan *job* yang dilakukan di dalam mesin tersebut setelah proses pemanasan. Karena kuantitas *job* 1 lebih besar (40 unit) maka *job* tersebut membutuhkan waktu proses yang lama dan akibatnya *job* 2, *job* 3, *job* 4 dan *job* 5 menunggu lama sebelum dikerjakan.

### 5.2. Analisis Metode Penjadwalan Usulan (Algoritma Genetika)

Pada metode penjadwalan algoritma genetika, *job-job* dijadwalkan tidak hanya mempertimbangkan batas waktu penyelesaian tetapi juga berdasarkan waktu proses tiap *job* dan ukuran *job*. Oleh karena itu keterlambatan *job* dapat diminimasi. Dengan metode Algoritma Genetika ini dapat dilihat bahwa tidak ada keterlambatan *job*. *Job* 1 selesai tepat pada *due date* yang telah ditentukan,

sedangkan *job* 2, 3, 4, dan 5 selesai jauh sebelum waktu *due date*. *Makespan* pada metode usulan yaitu Algoritma Genetika lebih awal 369.3 menit dari *due date* yang telah ditentukan.

### 5.3. Analisis Manfaat Metode Penjadwalan Usulan (Algoritma Genetika)

Dengan menggunakan metode usulan GA maka jumlah *job* yang terlambat menjadi berkurang. Dengan menggunakan metode penjadwalan perusahaan saat ini maka dapat dilihat jumlah *job* yang terlambat dari 5 *job* ada 2 *job* yaitu *job* 4 dan *job* 5. Sedangkan dengan metode usulan maka dapat dilihat pada tabel 5.34 bahwa tidak ada keterlambatan *job* dari *due date* yang telah ditentukan sebelumnya. Dengan menggunakan metode GA, *makespan* dapat diminimasi sehingga tidak terjadi keterlambatan penyelesaian *job*. Dengan adanya pengurangan jumlah *job* yang terlambat, maka perusahaan dapat meniadakan *pinalty* atas keterlambatan *job* yang terjadi. Dengan pengurangan *pinalty* maka kepercayaan konsumen terhadap perusahaan tidak akan hilang dan beralih pada perusahaan pesaing.

## 6. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, ditarik beberapa kesimpulan berikut :

1. Kelemahan dari metode penjadwalan perusahaan yang diterapkan saat ini adalah hanya mempertimbangkan faktor batas waktu penyelesaian dan kuantitas dari *job* yang akan dikerjakan. Hal ini menyebabkan terjadinya keterlambatan pemenuhan *job* yang dipesan oleh konsumen.
2. Metode penjadwalan yang sebaiknya diterapkan oleh perusahaan adalah metode penjadwalan GA. Hal ini dikarenakan GA memulai prosesnya dengan sekumpulan *initial solutions* lalu melakukan pencarian multi-directional dalam *solution space*, yang memperkecil kemungkinan berhentinya pencarian pada kondisi lokal optimum. GA merupakan algoritma yang ‘buta’, karena GA tidak mengetahui kapan dirinya telah mencapai solusi optimal. Dari pengolahan data yang dilakukan dengan dengan 10 studi kasus yang dibuat, ternyata GA memberikan nilai *makespan* yang lebih baik daripada CDS untuk 7 studi kasus dan nilai *makespan* yang sama untuk 3 studi kasus lainnya. Oleh karena itu peneliti mengusulkan penerapan metode GA sebagai metode usulan.
3. Manfaat dari diterapkan metode GA antara lain :
  - Dari 5 *job* jenis *sheet* yang diterima perusahaan pada bulan Oktober 2007 ternyata tidak terjadi keterlambatan penyelesaian *job*.
  - Waktu penyelesaian keseluruhan *job* (*makespan*) berkurang sebesar 519.5 menit ( $\approx 8.67$  jam).

## 7. Saran

Saran yang dapat peneliti berikan sebagai bahan pertimbangan pada perusahaan, antara lain :

1. Dalam memudahkan perusahaan sebaiknya penggunaan metode GA dilakukan dengan *software* sehingga perhitungan dapat lebih cepat.

2. Sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan untuk Algoritma Genetika bila ada *job* sisipan.

### 8. Daftar Pustaka

- [1] Baker, Kenneth R. (1974), *Introduction To Sequencing and Scheduling*, New York : John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Bedword, David D. and Bailey, E James. (1987), *Integrated Production Control System, 2<sup>nd</sup> ed*, NewYork : John Wiley & Sons.
- [3] Campbell, H.G., Dudek, R.A., and Smith, M.L., (1970). "A Heuristic Algorithm for the n job, m-machine Sequencing Problem", *Management Science*, No. 16, B630-B637.
- [4] Conway, R.W., Maxwell, W.L, and Miller, L.W. (1967) *Theory of Scheduling*, (Addison-Wesley; Reading, MA)
- [5] C.R. Reeves. (1995), *A Genetic Algorithm for Flowshop Sequencing. Computers & Operations Research*, 22(1):5-13,.
- [6] Fogarty, Donald W., John H. Blackstone, Thomas R. Hoffmann. (1991), *Production and Inventory Management*, Cincinnati, Ohio : South Western Publishing, Second Edition.
- [7] Gen, Mitsuo and Runwei Cheng. (1997), *Genetic Algorithm and Engineering Design*, New York : John Wiley & Sons, Inc.
- [8] Goldberg, David E. (1989), *Genetic Algorithm in Search, Optimization & Machine Learning*, Massachusetts : Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- [9] Kie, See. (2004), *Penerapan Algoritma Genetika Dalam Penjadwalan Job Shop Dinamis Mesin Majemuk Untuk Produk Berstruktur Multilevel Dengan Kriteria Minimasi Makespan*, Bandung : Universitas Katolik Parahyangan, Fakultas teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri.
- [10] Morton, Thomas E. and David W. Pentico. (1993), *Heuristic Scheduling Systems with Applications to Production System and Project Management*, New York : John Wiley & Sons, Inc.
- [11] Obitko, M. Czech Technical University (CTU). *IV. Genetic Algorithm*. Retrieved October 10, 2003 from the World Wide Web: (<http://cs.felk.cvut.cz/~xobitko/ga/gaintro.html>)