

PENJADWALAN PRODUKSI PRODUK RS2 DAN RSXP UNTUK MENINGKATKAN KETEPATAN WAKTU PENYERAHAN PRODUK

Vera Methalina Afma

Dosen Tetap Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan
Batam

ABSTRAK

Penjadwalan produksi merupakan hal yang sangat penting dalam suatu perusahaan, karena dengan penjadwalan produksi yang optimal diharapkan dapat memperlancar proses produksi, antara lain dapat meminimalkan waktu total produksi atau menjaga ketepatan *due date* dari sebuah produksi. Perusahaan XYZ merupakan salah satu perusahaan elektronika yang memproduksi PCBA (*Printed Circuit Board Asssembly*). Salah satu jenis produk yang dibuat oleh perusahaan ini adalah produk RS2 dan RSXP yang mempunyai karakteristik produk *high mixed high volume*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode yang terbaik yang dapat diterapkan oleh perusahaan untuk proses penjadwalan produksi. Penelitian ini membandingkan ketiga metode yang ada yaitu metode heuristik (metode NEH dan CDS) serta programa dinamis sehingga produk sampai tepat waktu di tangan konsumen (*On Time Delivery / OTD = 100%*). Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui berapa besar peningkatan OTD (*On Time Delivery*) dan biaya yang dapat dihemat dalam penjadwalan produk RS2 dan RSXP menggunakan metode heuristik dan programa dinamis dibandingkan dengan metode penjadwalan produksi sebelumnya.

Kata kunci : *penjadwalan produksi, produk high mixed high volume, On Time Delivery (OTD)*

1. PENDAHULUAN

Penjadwalan produksi merupakan komponen yang sangat penting dalam sebuah proses produksi, karena dengan penjadwalan produksi yang optimal diharapkan dapat memperlancar proses produksi, antara lain dapat meminimalkan waktu total produksi atau menjaga ketepatan *due date* dari sebuah produksi, dengan waktu produksi seminimal mungkin, maka diharapkan adanya keuntungan yang ditimbulkan (Luddy, 2000). Penjadwalan juga merupakan suatu masalah yang bersifat dinamik yang bisa terjadi dimana saja, seperti di bidang manufaktur, jasa dan informasi. (Gupta, 2002) termasuk perusahaan elektronika. Menurut Kobza, et al (2002), perusahaan elektronika termasuk salah satu jenis perusahaan yang cukup vital seperti perusahaan telekomunikasi dan komputer.

Perusahaan XYZ merupakan salah satu perusahaan elektronika yang memproduksi PCBA (*Printed Circuit Board Asssembly*). Salah satu jenis produk yang dibuat oleh perusahaan ini adalah produk RS2 dan RSXP yang mempunyai karakteristik produk *high mixed high volume*. Untuk proses penjadwalan produksi, perusahaan hanya menerapkan metode *trial dan error* serta berdasarkan pengalaman saja. Hal ini seringkali mengakibatkan keterlambatan produk sampai ke tangan konsumen. Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian untuk menentukan metode penjadwalan yang tepat dari metode yang ada yaitu metode heuristik (metode NEH dan CDS) serta programa dinamis sehingga produk sampai tepat waktu di tangan konsumen (*On Time Delivery / OTD = 100%*). Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui berapa besar peningkatan OTD (*On Time Delivery*) dan biaya yang dapat dihemat dalam penjadwalan produk RS2 dan RSXP menggunakan metode heuristik dan programa dinamis dibandingkan dengan metode penjadwalan produksi sebelumnya.

2. GAMBARAN UMUM PRODUK RS2 DAN RSXP

Produk RS2 dan RSXP termasuk salah satu produk PCBA (*Printed Circuit Board Assembly*) yang ada di perusahaan elektronika XYZ. Kedua produk ini termasuk produk yang memiliki karakteristik *high mixed high volume*. Untuk RS2, terdiri dari beberapa famili yaitu famili 42, 43, 46, 48, 50 dan 53 yang merupakan *assembly drive*. Famili 44, 47, 49, 51, dan 52 yang termasuk *single drive* dengan total produk RS2 sebanyak 366 *project number*. Sedangkan RSXP terdiri dari 2 famili yaitu famili 54 dan 55 dengan 119 *project number* yang masing-masingnya terdiri dari *assembly drive*.

Strategi proses manufaktur yang diterapkan di perusahaan XYZ adalah *flow shop*, dimana penyusunan mesin-mesin untuk layout produk disusun berdasarkan proses produksi dari produk. Proses pembuatan produk di perusahaan elektronika diawali dengan pembuatan *board* atau juga dikenal dengan PCB (*Printed Circuit Board*). Untuk produk RS2 dan RSXP juga mengalami proses produksi yang sama. Berikut ini proses produksi pada produk RS2 dan RSXP. Untuk *single drive* dan *motor drive*, proses yang dilalui adalah line SMT bottom side (terdiri dari mesin printing – Chip Placement Machine – IC Placement machine – oven - Automatic Optical Machine (AOI)) - Line SMT top side (terdiri dari mesin printing – Chip Placement Machine – IC Placement machine – oven - Automatic Optical Machine (AOI)) – mesin wave – manual solder – ICT – FCT - mesin coating – Final Visual Inspection. Sedangkan *assembly drive* terdiri dari *main board* dan *motor drive*. Untuk proses produksi *assembly drive* dilakukan dengan merakit *motor drive* dengan *main board*, kemudian di ICT – FCT - *Final Visual Inspection*

3. PENJADWALAN N JOBS, SERIAL MACHINES

Algoritma yang digunakan dalam penjadwalan n jobs pada *serial machine* ini adalah

1. Algoritma Jhonson

Step 1. Tentukan waktu proses yang terpendek diantara seluruh *job* dalam daftar *job* yang akan diproses.

Step 2a. Bila waktu proses terpendek berada di mesin M1, maka jadwalkan *job* dengan waktu terpendek itu pada posisi paling kiri pada urutan yang dimungkinkan, dan lanjutkan ke Step 3.

Step 2b. Bila waktu proses terpendek berada di mesin M2, maka jadwalkan *job* dengan waktu terpendek itu pada posisi paling kanan pada urutan yang dimungkinkan, dan lanjutkan ke step 3

Step 2c. Bila terdapat beberapa nilai waktu proses terpendek, maka pilih sembarang; dan jadwalkan *job* dengan waktu proses terpilih di posisi paling kiri atau kanan sesuai dengan keberadaan waktu proses terpilih tersebut.

Step 3. Keluarkan *job* yang sudah dijadwalkan dari daftar *job*. Bila masih ada *job* yang belum dijadwalkan, maka kembali ke Step 1. Bila seluruh *job* sudah dijadwalkan maka stop.

2. Algoritma CDS (Campbell, Dudek dan Smith)

Aturan CDS dikembangkan untuk menangani n pekerjaan yang dikerjakan pada m mesin secara berurutan, dan berbasis *Jhonson's Rule*. Langkah- langkah dalam algoritma CDS adalah (Dian, 2007) :

1. Set $K = \text{hitung } t_{i,1}^*$ dan $t_{i,2}^*$

i. $t_{i,1}^* = S_{t_{i,k}} t_{i,2}^* = S_{t_{i,m-k+1}}$

2. Gunakan algoritma Johnson untuk melakukan pengurutan pekerjaan, dimana $t_{i,1} = t_{i,1}^*$ dan $t_{i,2} = t_{i,2}^*$. Kemudian hitung *makespan* untuk jadwal tersebut.

3. Jika $K = (m - 1)$ berhenti; pilih jadwal dengan *makespan* terkecil. Jika $K \neq (m - 1)$, $K = K + 1$ dan kembali ke langkah 1

Algoritma CDS ini dimulai dari iterasi $j = 1$ dan berhenti jika iterasi $j = m-1$. Perhitungan algoritma CDS yang sistematis dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Algoritma CDS

Stage j	Group 1	Group 2	t'_{i1}	t'_{i2}
1	1	m	t'_{i1}	t'_{im}
2	1,2	m, m-1	$t'_{i1} + t_{i2}$	$t'_m + t_{i,m-1}$
3	1,2,3	m, m-1,m-2	$t'_{i1} + t_{i2} + t'_{i3}$	$t'_m + t_{i,m-1} + t'_{i,m-2}$
...				
m - 1	1,2,3,...,m-1	m, m-1,m-2, ...,2	$t'_{i1} + t_{i2} + \dots + t'_{i,m-1}$	$t'_m + t_{i,m-1} + \dots + t'_{i,2}$

Sumber : Dian, dkk (2007)

Keterangan :

i : 1,2,...,n

j : 1,2,...,m

m : jumlah mesin

n : jumlah job

3. Algoritma NEH (Nawaz, Ensore dan Ham)

Nawaz, Ensore dan Ham mengusulkan sebuah algoritma untuk permasalahan *flow shop* yang diberi nama NEH. Langkah-langkah dalam algoritma NEH adalah sebagai berikut (Nedy, 2010) :

- Menetapkan serta memprioritaskan dua job dengan total waktu proses terbesar
- Mencari urutan terbaik (*minimum makespan*) dari dua job dengan total waktu proses paling besar yang telah dipilih
- Setelah itu, dipilih job dengan total waktu proses terbesar ketiga dan dicoba kemungkinannya. Job ketiga ini dapat diletakkan dalam berbagai variasi yang mungkin digunakan, baik diletakkan di depan, di tengah atau di belakang urutan yang didapat sebelumnya. Dari kemungkinan yang ada dipilih yang menghasilkan urutan terbaik dan urutan tersebut digunakan untuk menjadwalkan job yang belum terjadwal
- Proses ketiga berulang hingga semua job dijadwalkan

4. PROGRAM DYNAMIS

Programa dinamis menggunakan pendekatan matematis untuk membuat urutan keputusan yang saling berhubungan. Termasuk prosedur yang sistematis untuk menentukan kombinasi optimal dari sebuah keputusan. Berbeda halnya dengan *linier programming*, programa dinamis tidak memiliki standard baku dalam menyelesaikan suatu permasalahan tergantung kepada situasi dari permasalahan yang ada. Programa dinamis pada umumnya menjawab masalah dalam tahap-tahap, dengan setiap tahap meliputi tepat satu variabel optimasi.

Programa dinamis dibedakan atas dua yaitu programa dinamis deterministik dan programa dinamis probabilistik. Pada programa dinamis deterministik, *state* pada *stage* selanjutnya sepenuhnya ditentukan oleh *state* dan kebijaksanaan pada *stage* saat ini. Sedangkan pada programa dinamis probabilistik, *state* pada *stage* selanjutnya tidak sepenuhnya ditentukan oleh *state* dan kebijaksanaan pada *stage* saat ini. Selain itu juga terdapat distribusi probabilitas untuk *state* selanjutnya.

5. OTD (*On Time Delivery*)

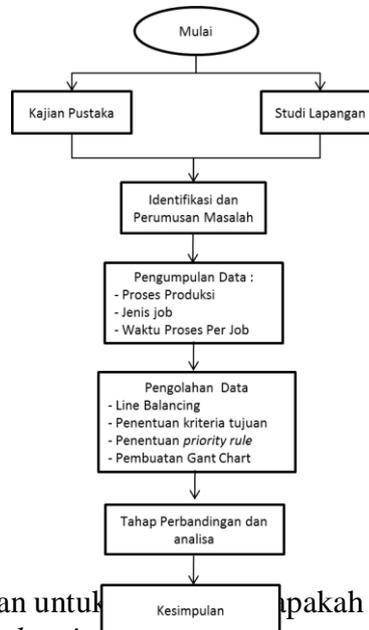
OTD (*On Time Delivery*) merupakan salah satu alat ukur untuk mengetahui performansi dari suatu perusahaan. OTD (*On Time Delivery*) artinya adalah pengiriman produk ke tangan pelanggan bisa memenuhi jadwal yang telah disepakati antara perusahaan dengan pelanggan. Performansi dari OTD (*On Time Delivery*) dapat diperoleh dengan cara membandingkan antara output yang diperoleh pada bulan yang ditetapkan dibandingkan dengan output komitmen yang

telah disepakati pada bulan tersebut. Nilai OTD (*On Time Delivery*) yang diharapkan adalah 100%.

Perhitungan nilai OTD adalah = $\frac{\text{Jumlah output yang dipenuhi}}{\text{Jumlah output } \textit{commit} \text{ ke pelanggan}} \times 100\%$

6. ALUR PENELITIAN

Adapun alur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini



Gambar 1. Alur Penelitian

7. LINE BALANCING

Line balancing digunakan untuk memeriksa apakah stasiun kerja saat ini sudah efisien atau belum. Selain itu, *line balancing* juga digunakan untuk meminimasi ketidakseimbangan antara stasiun kerja atau mesin untuk mendapatkan output yang telah ditargetkan. Stasiun kerja saat ini belum efisien dapat dilihat dari perhitungan nilai performansi stasiun kerja berikut ini.

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^K ST_i}{(K)(CT)} \times 100\%$$

LE = *Line Efficiency*

ST_i = Waktu Siklus

K = Jumlah Stasiun Kerja

CT = Waktu Siklus Stasiun Kerja *Bottleneck*

Hasil perhitungan nilai *line efficiency* masing-masing produk dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini

Tabel 2. Nilai *Line Efficiency* Per Produk Sebelum *Line Balancing*

No	Jenis produk	Nilai LE (<i>Line Efficiency</i>) aktual
1.	<i>Single Drive</i>	23%
2.	<i>Motor Drive</i>	24%

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa line saat ini belum efisien, sehingga perlu dilakukan *line balancing*. *Line balancing* dilakukan dengan menggunakan metode Helgeson-birnie. Setelah melakukan *line balancing*, jumlah stasiun kerja adalah 4,7 artinya stasiun kerja bisa menjadi 4 atau 5. Namun, setelah dihitung *line efficiency* untuk 4 stasiun kerja ternyata nilainya lebih kecil dari 5 stasiun kerja. Oleh karena itu, dipilih penggabungan 20 elemen kerja menjadi 5 stasiun kerja untuk *single drive* dan *motor drive*. Perhitungannya dapat dilihat dari Lampiran 1. Pengurangan 20 elemen kerja menjadi 5 stasiun kerja yang disimbolkan dengan stasiun kerja I, II, III, IV dan V dengan nilai menghasilkan nilai masing-

masing LE (*Line Efficiency*) adalah 93% untuk produk *single drive* dan 96% untuk produk *motor drive* untuk *single drive* dan *motor drive*. Adapun elemen kerja yang digabungkan dari 20 menjadi 5 stasiun kerja dapat dilihat dari Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Penggabungan Stasiun Kerja Setelah *Line Balancing*

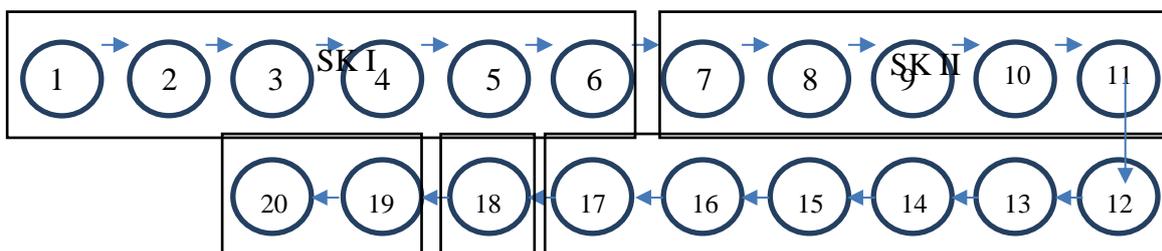
Stasiun Kerja		Elemen Kerja
I	1	Printing (bottom)
	2	CP
	3	IP
	4	oven
	5	AOI
	6	Printing (top)
II	7	CP
	8	IP
	9	oven
	10	AOI
	11	Wave
III	12	MI 1
	13	MI 2
	14	MI 3
	15	Manual solder
	16	Post wave
	17	ICT
IV	18	FCT
V	19	Coating
	20	Final Inspection

Waktu siklus untuk masing-masing produk setelah dilakukan *line balancing* dapat dilihat dari Tabel 4.

Tabel 4. Waktu Siklus Setelah dilakukan *Line Balancing*

Stasiun Kerja	Waktu Siklus Setelah Line Balancing (detik)	
	Single Drive	Motor Drive
I	172	133
II	161	139
III	178	152
IV	180	153
V	148	158

Untuk bagan aliran proses setelah dilakukan *line balancing* produk *single drive* dan *motor drive* sama dan dapat dilihat dari gambar berikut ini :



Gambar 2. Bagan Urutan Proses Setelah *Line Balancing*

7. Penentuan *Priority Rule*

Priority Rule memberikan panduan untuk mengurutkan pekerjaan yang harus dilakukan. Aturan prioritas yang digunakan diantaranya FCFS (*First Come First Serve*), SPT (*Shortest Processing Time*), LPT (*Long Processing Time*), EDD (*Earliest Due Date*). Dari hasil perhitungan dengan menggunakan keempat aturan tersebut, maka terpilih SPT (*Shortest Processing Time*) sebagai aturan yang digunakan karena memiliki nilai utilisasi paling tinggi yaitu sebesar 9,7% jika dibandingkan dengan ketiga aturan lainnya. Perbandingan keempat aturan di atas dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Priority Rules*

Aturan	Waktu Penyelesaian Rata-Rata	Utilisasi	Jumlah Pekerjaan Rata-Rata Dalam Sistem
FCFS	0,115	9,5%	10,5
SPT	0,115	9,7%	10,29
LPT	0,118	9,5%	10,55
EDD	0,120	9,4%	10,67

Penjadwalan produksi saat ini memiliki urutan jalannya produk seperti yang terlihat pada Gambar 3 berikut ini



Gambar 3. Urutan Jalan Produk Saat Ini

Dari urutan produk yang ada saat ini, didapatkan nilai *makespan* terlama adalah 4021 detik per unit produk. Sedangkan untuk metode penjadwalan usulan, dilakukan dengan metode heuristik dengan menggunakan metode CDS dan NEH serta programa dinamis. Setelah melakukan perhitungan, didapatkan beberapa alternatif dari ketiga metode yang digunakan.

Tabel 6. Perbandingan Kemungkinan Jumlah Alternatif

No	Metode Penjadwalan	Jumlah alternatif yang mungkin
1.	CDS	4
2.	NEH	176
3.	Programa Dinamis	1

Alternatif dengan *makespan* terkecil yang dari metode CDS ini memiliki nilai *makespan* yang sama untuk semua alternatif yaitu 3918 detik per unit produk. Dari metode NEH (Nawas, Ensore, Ham) didapatkan lebih banyak alternatif yaitu sebanyak 176 alternatif. Dari alternatif yang ada, juga dipilih alternatif dengan *makespan* terkecil yaitu sebesar 3922 detik per unit produk.

Sedangkan dengan menggunakan programa dinamis hanya didapatkan satu alternatif saja dengan nilai *makespan* sebesar 3918 detik per unit produk .

8. Hasil Penjadwalan

Dari ketiga metode penjadwalan yang digunakan dalam perhitungan ini, yaitu metode CDS, NEH dan programa dinamis ternyata nilai *makespan* terkecil ditemui pada metode CDS dan programa dinamis yang memiliki nilai *makespan* terkecil yaitu sebesar 3918

detik per unit produk. Untuk metode NEH nilai *makespan* adalah 3922. Sedangkan dengan metode penjadwalan saat ini, nilai *makespan* adalah 4420 detik.

Ketiga masing-masing metode yang digunakan memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Untuk lebih jelasnya, perbedaan diantara ketiga metode tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Ketiga Metode

	CDS	NEH	Programa Dinamis
Aplikasi dalam Penjadwalan	Sesuai jika digunakan untuk 5 produk saja	Sesuai jika digunakan untuk banyak produk	Sesuai digunakan untuk kasus apapun
	Merupakan contoh penerapan <i>Jhonson's rule</i>	Merupakan bentuk penyempurnaan dari metode CDS	Metode optimum
Jumlah alternatif Penjadwalan	Banyaknya alternatif ditentukan berdasarkan banyaknya stasiun kerja	Bisa ditemui banyak alternatif	Hanya ditemui satu solusi optimal saja
Karakteristik Produk	Sesuai untuk produk <i>low mixed, low volume</i>	Sesuai untuk produk <i>high mixed volume</i>	Sesuai untuk semua jenis karakteristik produk
OTD	90,3%	90,25%	90,3%
Cost Saving	USD\$ 672/bulan	USD\$ 670/bulan	USD\$ 672/bulan

Ketiga metode (CDS, NEH dan programa dinamis) sesuai jika diterapkan di perusahaan mengingat nilai *makespan makespan* yang lebih kecil dibandingkan dengan metode penjadwalan saat ini. Artinya waktu penyelesaian suatu produk dapat dikerjakan sesuai dengan waktu yang telah disepakati dengan konsumen. Namun, ada beberapa faktor yang menentukan bisa atau tidaknya ketiga metode ini bisa dilaksanakan, yaitu :

- a. Adanya kesepakatan dengan konsumen bahwa produk akan dikirim dalam bentuk batch. 1 batch terdiri dari 20 jenis produk, yang dikerjakan secara berurutan. Jika hal ini diterapkan akan mempengaruhi jumlah permintaan konsumen yang nantinya juga akan mempengaruhi sistem penjadwalan produksi di pihak konsumen. Keterlambatan satu produk akan ikut mempengaruhi waktu penyelesaian produk lainnya. Namun, jika konsumen menyetujuinya, maka perusahaan akan lebih mudah untuk mengontrol jumlah produk yang akan dikirim kepada konsumen.
- b. Adanya perubahan sistem produksi yang dilakukan di lantai produksi PT. XYZ. Set up time bisa diminimasi di lantai produksi karena produksi running per 1 batch (20 produk). Bagian set up tidak perlu lagi melakukan set up yang berulang dan sering jika dibandingkan produksi running per produk.
- c. Perlunya penambahan jig dan fixture tertentu dalam menunjang proses produksi untuk 1 batch produk, misalnya pembuatan stencil printing yang baru yang dapat digunakan oleh semua model yang ada dalam 1 batch (20 produk).

Berdasarkan pertimbangan ketiga faktor di atas, maka disarankan sebaiknya perusahaan melakukan salah satu metode yang disarankan oleh penulis (CDS, NEH dan programa dinamis). Meskipun di tahap awal pelaksanaan, perusahaan akan membutuhkan negosiasi dengan pihak konsumen dan biaya set up. Namun, jika salah satu dari metode ini sudah dilaksanakan keuntungan perusahaan akan meningkat karena perusahaan tidak perlu lagi mengeluarkan biaya pinalti akibat keterlambatan produk sampai ke tangan konsumen.

Dari ketiga metode yang ada (CDS, NEH dan programa dinamis), metode yang lebih disarankan untuk produk RS2 dan RSXP adalah metode programa dinamis. Karena metode ini lebih bersifat dinamis, artinya jika sewaktu-waktu terjadi penambahan jumlah dan jenis produk dalam perusahaan, maka penjadwalan bisa dihitung dan disusun sesuai kebutuhan menggunakan metode ini. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Luddy (2000) yang menyatakan bahwa programa dinamis juga dapat memberikan solusi yang optimal untuk jenis job yang lebih dari 5 mesin sehingga metode ini dapat dilakukan pada semua jenis karakteristik produk (*low mixed low volume, medium mixed medium volume dan high mixed high volume*).

Metode kedua yang diusulkan adalah metode NEH yang sesuai jika diterapkan pada produk dengan karakteristik *high mixed high volume*, dimana karakteristik produk ini terdiri dari banyak jenis dan jumlah yang juga relatif banyak. Hal ini sesuai dengan penelitian Taillard (2007) yang menyatakan bahwa metode heuristik yang terbaik yang dapat digunakan adalah NEH yang juga dapat memberikan solusi yang optimal. Jika perusahaan menerapkan metode CDS, ditemui keterbatasan jumlah produk yang bisa dijadwalkan yaitu sebanyak 5 produk saja. Sehingga metode CDS ini sesuai untuk produk berkarakteristik *low mixed low volume*. Artinya metode ini sesuai untuk produk dengan jenis dan jumlah yang juga sedikit. Untuk pembagian ketiga karakteristik produk ini berdasarkan kebijaksanaan perusahaan yang bersangkutan.

9. OTD (*On Time Delivery*) dan Penghematan Biaya

Perhitungan nilai OTD juga mempertimbangkan nilai *makespan* dari urutan produk yang *running* di lantai produksi. Setelah dihitung, nilai OTD (*On Time Delivery*) saat ini hanya 68% saja. Tetapi, jika perusahaan menerapkan salah satu metode penjadwalan yang diusulkan yaitu CDS dan programa dinamis, maka nilai OTD (*On Time Delivery*) mencapai 90,3%. Artinya, OTD (*On Time Delivery*) akan meningkat sebesar 22,3%. Sedangkan jika perusahaan menerapkan metode penjadwalan NEH, maka nilai OTD 90,25%. Jadi, disarankan kepada perusahaan untuk memilih salah satu metode usulan yaitu CDS, NEH atau programa dinamis, karena ketiga metode usulan ini memiliki nilai OTD yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode penjadwalan saat ini. Dari ketiga metode usulan ini pun, nilai OTD tidak berbeda jauh antara satu dengan yang lainnya.

Perhitungan OTD juga dilakukan per produk untuk *single drive* dan *motor drive* yang dipengaruhi oleh nilai kapasitas efektif. Penjadwalan dengan metode saat ini untuk *single drive*, nilai OTD 18,8% dengan kapasitas efektif 505 unit. Sedangkan untuk *motor drive*, nilai OTD 19,7% dengan kapasitas efektif 527 unit. Jika menggunakan metode usulan yaitu metode heuristik dan programa dinamis, akan menghasilkan kapasitas efektif sebesar 2451 unit/minggu dengan nilai OTD 91,4% untuk *single drive*. Untuk *motor drive*, kapasitas efektif sebesar 2530 unit/minggu dengan nilai OTD 94,4%. Dari perhitungan OTD per produk, diusulkan agar perusahaan perlu menerapkan salah satu metode yang diusulkan agar dapat meningkatkan OTD perusahaan.

Peningkatan OTD (*On Time Delivery*) untuk produk secara keseluruhan sebesar 22,3%. Pada saat ini perusahaan sering terlambat 5 hari mengirimkan barang kepada konsumen.

Penerapan salah satu metode yang diusulkan dapat mengurangi keterlambatan menjadi 2 hari. Jika perusahaan menerapkan metode CDS dan programa dinamis, penghematan yang dihasilkan adalah sebesar USD\$ 672 per bulan. Sedangkan jika perusahaan menerapkan metode NEH dalam penjadwalan produksi, maka perusahaan akan menghemat biaya \$USD 670 perbulan dari biaya pinalti 3 hari yang tidak perlu dikeluarkan lagi oleh perusahaan. Jika dilihat dari segi penghematan yang diperoleh, maka disarankan perusahaan lebih baik menerapkan metode penjadwalan CDS dan programa dinamis.

10. Kesimpulan

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa :

1. Ketiga metode yang diusulkan yaitu metode CDS, NEH dan programa dinamis dapat meningkatkan nilai OTD (*On Time Delivery*) perusahaan, sehingga perusahaan dapat memilih salah satu diantara ketiga metode yang diusulkan.
2. Persentase OTD (*On Time Delivery*) keseluruhan dengan penerapan metode programa dinamis dan CDS dapat meningkat sebesar 22,3% dibandingkan dengan metode penjadwalan saat ini, dimana nilai OTD saat ini hanya 68%, sedangkan dengan metode CDS dan programa dinamis mencapai 90,3%. Sedangkan dengan penerapan metode NEH, dapat meningkatkan OTD menjadi 90,25%.
3. Keterlambatan perusahaan yang awalnya 5 hari berkurang menjadi 2 hari setelah penerapan salah satu metode yang diusulkan. Penghematan biayayang dapat dicapai dengan menerapkan metode penjadwalan CDS dan programa dinamis adalah sebesar \$USD 672 perbulan. Sedangkan metode NEH, penghematan mencapai \$USD 670 per bulan. Sehingga perusahaan lebih baik menerapkan metode CDS atau programa dinamis.

11. DAFTAR PUSTAKA

Dhingra, A. 2011, *Multi Objective Flow Shop Scheduling Using Metaheuristics*, Submitted in fulfillment of the requirement for the award of the degree of Doctor of Philosophy in Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology Kurukshetra. India

Fan and Winley, 2007, *A Heuristic Search Algorithm for Flow-Shop Scheduling*, Graduate School of Business University of Wollongong, NSW, Australia and Faculty of Science and Technology Assumption University, Bangkok, Thailand

French, S. 1981, *Squencing And Scheduling : An Introduction to the Mathematics of The Job Shop*. Ellis Horwood Limited, England.

Heizer and Render, 2005, *Operations Management*, Edisi Ketujuh, Salemba Empat, Jakarta.

Hillier and Lieberman, 1995, *Introduction to Operational Research*, Mc. Graw Hill International Editions, Singapore

Hong, Huang, Horng and Wang. 2007, Three Algorithms for Flexible Flow-shop Scheduling. *American Journal of Applied Sciences* 4 (11): 889-896.

Jungwattanakit, Reodecha, Chaovalitwongse and Werner. 2006, *Algorithms for Flexible Flow Shop Problems with Unrelated Parallel Machines, Setup Times, and*

Dual Criteria, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330 Thailand

Kalminsky, P. 2001, *The Effectiveness of the Longest Delivery Time Rule for the Flow Shop Delivery Time Problem*, Department of Industrial Engineering and Operations Research, University of California.

Kobza, Ellis, and Vittes. 2002, Improving Throughput for an Electronic Assembly Line Using a Constraint Analysis Methodology, *Production Planning & Control* ISSN 0953 - 7287 print/ISSN 1366 - 5871 online @ 2002, Taylor & Francis Ltd.

Ludy, I. 2000, Implementasi Integer Linier Programming Pada Perhitungan Makespan Dalam Penjadwalan Produksi. *Jurnal Teknologi Industri Vol IV No. 2, April 2000* : 99 - 104

Naderi and Ruiz, 2009, *The Distributed Permutation Flowshop Scheduling Problem*. Reiter, Rekersbrink, Wenning, 2010, A Distributed Routing Concept for Dynamic Flexible Flowshop Problems with Unrelated Parallel Machines. In : *Proc. Of 43rd CIRP International Conference on Manufacturing Systempp. 643– 650*.

Retno, 2007, Penjadwalan Model Overlapping Pada Flowshop Tiga Stage dengan Algoritma Genetika. *Jurnal Optimasi, Vol 5 No. 2, pp : 101 – 108*. Jurusan Teknik Industri, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya

Satriawan, Rasim dan Nugroho, 2010, Penjadwalan Produksi Flow Shop Menggunakan Algoritma Genetika dan NEH. Tesis Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung

Suharyanti, Y. 2011. Pengurutan dan Penjadwalan Produksi IND 7062. Skripsi Program Studi Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Taillard. 2007, *Some Efficient Heuristic Methods for the Flow Shop Sequencing Problem*. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne