

# Pengembangan Model Penjadwalan Dinamis Mesin Paralel dengan Sistem Lelang untuk Meminimasi *Weighted Tardiness* (Studi Kasus di PT.XYX)

Dina Octanetry<sup>1</sup>, M.Adha Ilhami<sup>2</sup>, Lely Herlina<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Dnaocta@gmail.com<sup>1</sup>, Adha@untirta.ac.id<sup>2</sup>, lelyherlina@yahoo.com<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Penjadwalan produksi merupakan hal yang harus diperhatikan dalam perusahaan, karena dengan penjadwalan yang baik akan membuat sistem produksi berjalan dengan lancar sehingga pelayanan terhadap konsumen dapat dilakukan dengan baik. Penelitian ini dilakukan pada salah satu perusahaan manufaktur yang memproduksi pipa baja las spiral dan longitudinal. Pipa baja las spiral diproduksi oleh mesin SPM 1800, SPM 2000 dan SPM 1200. Dimana mesin tersebut disusun paralel, sehingga setiap job hanya akan diproses pada salah satu mesin saja. Adapun yang menjadi fokus pada penelitian ini adalah permasalahan kedinamisan sistem yang masih menjadi permasalahan pada penelitian Julaeha (2011) dimana penjadwalan untuk pemesanan yang dilakukan oleh konsumen pada saat proses produksi telah berjalan tidak dapat dilakukan. Untuk itu penelitian ini bertujuan melakukan penjadwalan dinamis mesin paralel dengan sistem lelang (*auction based*) untuk meminimasi *weighted tardiness* dan membandingkan jadwal produksi baru dengan jadwal existing perusahaan. Model penjadwalan sistem lelang yang digunakan adalah model penjadwalan hasil penelitian Ilhami (2010) dengan modifikasi pada list scheduling. Pada penelitian ini metode *Earliest Due Date* digunakan sebagai perbandingan dengan hasil penjadwalan sistem lelang. Dari hasil penelitian didapat nilai *weighted tardiness* penjadwalan dengan sistem lelang sebesar 259, dengan metode EDD didapat *weighted tardiness* sebesar 435 dan pada jadwal perusahaan didapat *weighted tardiness* sebesar 415. Dari hasil analisa dapat diketahui bahwa penjadwalan sistem lelang adalah yang paling baik karena memberikan nilai *weighted tardiness* paling minimum diantara ketiga penjadwalan yang telah dilakukan.

**Kata kunci** : Penjadwalan Dinamis, Mesin Paralel, Sistem Lelang, *Weighted Tardiness*, *Earliest Due Date* (EDD)

## PENDAHULUAN

Penjadwalan produksi dapat diartikan sebagai proses pengalokasian sumber daya dan mesin yang ada untuk menyelesaikan semua pekerjaan dengan mempertimbangkan batasan-batasan yang ada (Nasution, 2003). Penjadwalan produksi ini termasuk hal yang penting untuk diperhatikan, karena dengan penjadwalan yang baik akan membuat sistem produksi berjalan dengan lancar sehingga pelayanan terhadap konsumen dapat dilakukan dengan baik.

PT.XYX adalah salah satu perusahaan manufaktur yang memproduksi pipa baja las. Pipa baja yang diproduksi terbagi menjadi dua yaitu pipa baja las spiral dan longitudinal.

PT. XYX memiliki tipe produksi *make to order*, dimana pembuatan produk didasarkan atas permintaan konsumen. Dengan tipe produksi ini perusahaan perlu membuat jadwal produksi yang optimal agar permintaan konsumen tidak mengalami keterlambatan.

Permasalahan yang sering terjadi pada perusahaan ini adalah sering terjadinya keterlambatan dalam proses produksi. Sehingga PT. XYX harus mengeluarkan biaya yang diakibatkan oleh keterlambatan produksi tersebut. Untuk itu diperlukan suatu metode penjadwalan baru untuk meminimasi *weighted tardiness*, yaitu penjadwalan sistem lelang seperti yang dilakukan Ilhami pada penelitiannya di tahun 2010.

Penjadwalan sistem lelang (*auction based*) adalah metode penjadwalan yang berbasiskan mekanisme lelang dimana dalam penjadwalan ini terdapat mesin yang akan berperan sebagai juru lelang (*auctioneer*), job yang akan berperan sebagai peserta lelang (*bidder*), sementara slot waktu sebagai barang yang dilelangkan. Julaeha (2011) telah melakukan penelitian pada PT. XYX ini tentang penggunaan model penjadwalan lelang pada mesin paralel untuk meminimasi *weighted tardiness*. Dan sistem lelang dilakukan pada keadaan statis, dimana penjadwalan dilakukan sekali dan dianggap tidak ada order yang diterima pada saat proses

produksi berlangsung. Pada penelitian Julaeha (2011) mesin yang digunakan adalah mesin SPM 1800, SPM 2000 dan SPM 1200 dengan jumlah job sebanyak 12 job. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil *weighted tardiness* sebesar 360 dengan urutan penjadwalan job dengan sistem lelang pada mesin SPM 1800 adalah job 7 – job 8 – job 6, pada mesin SPM 2000 adalah job 2 – job 1 – job 3 – job 9 – job 5 dan pada mesin SPM 1200 adalah job 10 – job 11 – job 4 – job 12. Pada penelitian Julaeha ini belum membahas tentang kedinamisan sistem, dimana waktu kedatangan 12 job ini hanya pada slot waktu  $t = 1$  sehingga pesanan yang datang pada saat  $t$  tertentu tidak bisa langsung dikerjakan.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini mencoba menyelesaikan permasalahan yang masih menjadi permasalahan pada penelitian Julaeha (2011). Yaitu dengan cara mengembangkan suatu model penjadwalan dinamis mesin paralel dengan sistem lelang dengan waktu kedatangan yang tidak sama tetapi dengan tujuan yang masih sama dengan penelitian Julaeha (2011) yaitu untuk meminimasi *weighted tardiness*. Waktu kedatangan job 1 hingga job 11 datang pada saat slot waktu ke-1 sedangkan untuk waktu kedatangan job 12 adalah pada slot waktu ke-8. Penelitian ini dilakukan agar dapat mengatasi permasalahan penjadwalan untuk pemesanan yang dilakukan oleh konsumen pada saat proses produksi telah berjalan. Sehingga pesanan konsumen ini bisa tetap dipenuhi meskipun pesanan tidak ada sebelumnya pada awal perencanaan produksi.

## METODE PENELITIAN

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode-metode yaitu metode dokumentasi dan metode wawancara. Dengan metode dokumentasi penulis mengumpulkan data dari penelitian Julaeha tahun 2011. Sedangkan wawancara merupakan teknik komunikasi penulis kepada peneliti sebelumnya, baik itu penulisnya, Julaeha dan dosen pembimbing Julaeha untuk menambah informasi data yang berhubungan dengan penjadwalan mesin paralel dengan sistem lelang. Adapun data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah jumlah dan jenis mesin yang digunakan, data produksi, data *due date job*, data waktu proses dan data bobot keterlambatan.

Data-data yang telah dikumpulkan kemudian dilakukan pengolahan data. Pengolahan data yang dilakukan yaitu penjadwalan dengan sistem lelang pada mesin paralel dalam kondisi dinamis, yaitu adanya job baru yang datang pada slot waktu  $t = 8$  dan tidak diketahui pada saat  $t = 0$ , sehingga akan terjadi penjadwalan ulang pada saat  $t = 8$ .

Langkah-langkah dalam penjadwalan dengan sistem lelang ini yaitu penentuan aturan dan perumusan *bidding*, perubahan harga dengan *sub gradient* dan modifikasi *list scheduling*.

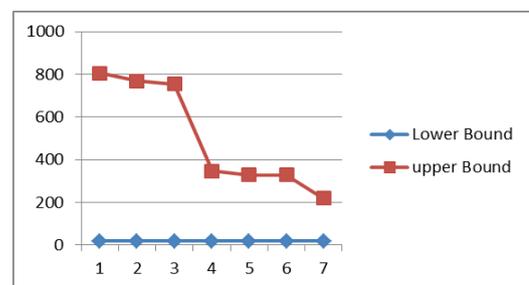
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penjadwalan dengan sistem lelang berikut memiliki tujuan untuk meminimasi *weighted tardiness*. *Weighted tardiness* merupakan keterlambatan job dengan faktor prioritas pengerjaan (bobot), dimana nilai *weighted tardiness* didapatkan dari penjumlahan antara *weighted earliness* dan *weighted lateness*. Bobot ini dikarenakan masing-masing job memiliki dampak yang berbeda-beda bagi perusahaan maupun konsumen. Dalam penjadwalan dengan sistem lelang ini terdapat 5 langkah pengerjaan yaitu mesin menginisiasi parameter, job membuat bids (penawaran), mesin mengumpulkan seluruh bids dan membentuk jadwal inisial, membuat jadwal *feasible* dan menghitung harga lamda baru, dan mesin memeriksa *stopping criteria*. Dalam perhitungan ini dilakukan dalam ronde-ronde lelang, sehingga hasil yang diperoleh adalah berdasarkan solusi yang mendekati nilai optimal. Dari perhitungan sistem lelang yang dilakukan pada slot waktu  $t = 1$  diperoleh 7 iterasi hingga terpenuhi *stopping criteria*. Berikut ini merupakan rekapan hasil dari ke 7 iterasi tersebut :

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Iterasi  $t = 1$

Iterasi	LBr	Ubr	Alpha	WT	Sub Gradient
1	18	804	2	804	5.04
2	18	768.73	2	804	4.81
3	18	753.84	1	804	4.72
4	18	346.24	1	362	1.13
5	18	328.99	0.5	384	1.14
6	18	328.26	0.5	344	0.53
7	18	219.04	0.25	344	0.61

Pada tabel 1. dapat terlihat bahwa hasil penjadwalan yang mendekati optimal terdapat pada iterasi tujuh dengan nilai *weighted tardiness* sebesar 344.



Gambar 1. Grafik Pergerakan Nilai UBr dan LBr pada  $t = 1$

Dari gambar 1. diketahui bahwa nilai UBr dan LBr semakin berdekatan seiringnya pergerakan iterasi. Hal ini menandakan bahwa semakin kecilnya selisih antara

keduanya yang berarti bahwa semakin mendekatinya harga yang ditawarkan juru lelang (mesin) kepada peserta lelang (*job*). Fungsi *UBr* dan *LB<sub>r</sub>* ini berhubungan dengan mekanisme lelang yang dapat memunculkan solusi baru dan pada suatu selisih tertentu menjadi kriteria berhentinya iterasi.

Untuk lebih detail mengenai contoh perhitungan iterasi, berikut ini merupakan perhitungan iterasi 1.

**Langkah 1** Mesin Menginisiasi Parameter.

1. menginisiasi seluruh parameter yang diperlukan

$$\begin{aligned}
 r &= 1 \\
 LB_1 &= 0 \\
 UB_1 &= \infty \\
 \alpha &= 2
 \end{aligned}$$

**Tabel 2. Harga Lamda Awal**

Mesin	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20	1.21	1.22	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27	1.28	1.29	
v1800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
v2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
v1200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$$\text{Total lamda } \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^{TC} \lambda_{mt} = 0$$

2. Mesin mengirimkan informasi lamda ( $\lambda$ ) ke *job*.

**Langkah 2** *Job* Membuat *Bids* (Penawaran).

1. Men-generate alternatif *bids* yang mungkin

**Tabel 3. Perhitungan *Bids* Iterasi 1**

Job	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
J1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Contoh perhitungan bids *job* 1 di mesin SPM 1800 saat  $t = 1$ . Pada saat  $t = 1$  adalah *start time job* 1, waktu proses *job* 1 adalah 6 sehingga *job* 1 akan selesai pada  $t = 6$ . Harga *bid* pada saat  $t = 1$  menjadi jumlah harga lamda (lihat Tabel 4.6) selama slot waktu yang dipakai (dalam hal ini harga lamda saat  $t = 1$  sampai  $t = 6$ ) ditambah dengan *weighted tardiness*-nya.

$$E = \max \left( 0, di - \sum_{t=1}^{TC} tx_{i,t} \right)$$

$$E = \max (0, 15 - 6)$$

$$E = \max (0, 9) = 9$$

$$L = \max \left( 0, \sum_{t=1}^{TC} tx_{i,t} - di \right)$$

$$L = \max (0, 6 - 15)$$

$$L = \max (0, -9) = 0$$

*WT* (*weighted tardiness*) dihitung dengan rumus 4.4.

$$WT = (3 \times 9) + (6 \times 0) = 27$$

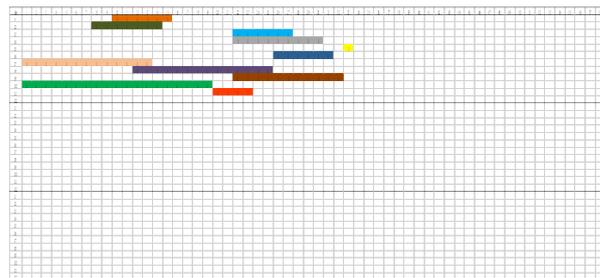
Sehingga dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Bid} &= \text{harga lamda yang dipakai} + WT \\
 &= (0+0+0+0+0+0) + 27 \\
 &= 27
 \end{aligned}$$

2. *Job* mengirimkan informasi ke mesin

**Langkah 3** Mesin Mengumpulkan Seluruh *Bids* dan Membentuk Jadwal Inisial.

1. Membuat jadwal inisial



**Gambar 2. Jadwal inisial iterasi 1**

2. Menghitung *Lower Bound*

**Tabel 4. Lower Bound Iterasi 1**

Job	Bids
J1	0
J2	0
J3	0
J4	0
J5	0
J6	0
J7	2
J8	0
J9	0
J10	16
J11	0
J12	0
Jumlah	18

$$LR(\lambda_1) = 18$$

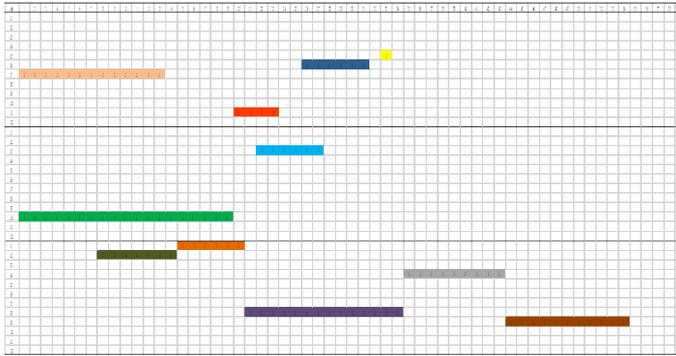
$$LB_2 = \max (LB_1, \text{nilai dari } LR(\lambda_1))$$

$$LB_2 = \max (0, 18)$$

$$LB_2 = 18$$

**Langkah 4** Membuat Jadwal *Feasible* dan Menghitung Harga Lamda ( $\lambda$ ) Baru.

1. Membuat jadwal *feasible*



Gambar 3. Jadwal *Feasible* Iterasi 1

- Menghitung biaya penggunaan mesin dengan jadwal *feasible*

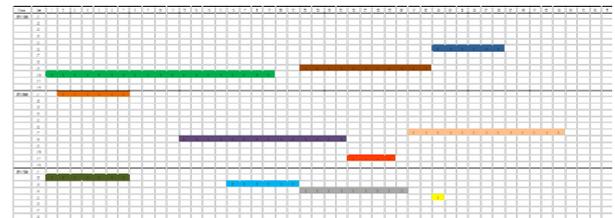
Tabel 5. Biaya Penggunaan Mesin Iterasi 1

Job	Machine	Start	End	Cost
1	1	0	88	88
2	1	0	730	730
3	1	0	614.60	614.60
4	1	140.37	288	288
5	1	244.77	288	288
6	1	291.97	257.49	257.49

- Menghitung *Ubr*  
*Upper bound* merupakan keinginan yang berasal dari mesin, sedangkan *lower bound* adalah keinginan yang berasal dari *job*. *Upper bound* adalah nilai yang berasal dari jadwal yang pasti *feasible*. Oleh karenanya jika *upper bound* sama dengan *lower bound* maka jadwal yang diusulkan oleh *job* sudah pasti *feasible*.
- Menghitung konflik pada slot waktu  
konflik akan terjadi jika pada *slot* waktu yang sama diinginkan oleh 2 *job* atau lebih. Untuk mengatasi konflik yang terjadi ini, maka diperlukan sebuah metode *sub gradient*.
- Kuadrat konflik
- Sub gradient*  
*Sub gradient* adalah mekanisme peningkatan harga *slot* waktu dengan tujuan jika ada 2 *job* atau lebih yang memilih *slot* waktu yang sama, *job-job* tersebut dapat memilih *slot* waktu yang lain.
- Menghitung harga lamda baru
- Menentukan nilai *alpha*  
Nilai *alpha* kurang dari 0,3 adalah pemberian kesempatan 3 kali pada iterasi yang tidak terjadi peningkatan signifikan pada nilai *sub gradient*. Nilai 3 kali kesempatan didapat dari selisih antara *sub gradient* iterasi *r* dengan *sub gradient* iterasi *r-1* kurang dari 0,17 sebelum iterasi berhenti.

**Langkah 5** Mesin memeriksa *stopping criteria*  
 $sub\ gradient = 7,47 > 0.001$  Lanjutkan iterasi  
 $Alpha = 2 > 0.3$  Lanjutkan iterasi  
 $Iterasi = 1 < 30$  Lanjutkan iterasi  
 Iterasi terus dilakukan hingga mendapatkan solusi yang optimal.

Setelah melakukan perhitungan pada penjadwalan pertama tersebut diperoleh jadwal *offline* yaitu sebagai berikut :



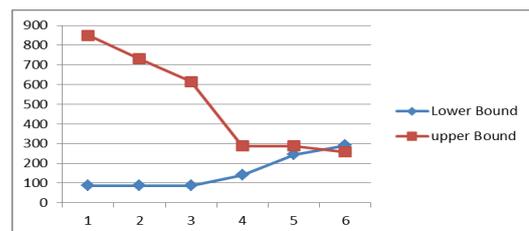
Gambar 4. Jadwal *Offline* yang dihasilkan sistem lelang

Pada gambar 4. terlihat bahwa  $t = 8$  pada mesin SPM 1800 tidak bisa langsung mengikuti lelang, karena mesin masih bekerja sampai dengan  $t = 19$ . Sehingga *job* 12 yang baru datang pada  $t = 8$  baru bisa berpartisipasi dalam proses lelang pada saat  $t = 20$ . Untuk menyelesaikan penjadwalan yang kedua, dibutuhkan 6 iterasi hingga terpenuhi *stopping criteria* .

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Iterasi Penjadwalan Dinamis Mesin Paralel

Iterasi	LBr	Ubr	Alpha	WT	Sub Gradient
1	88	850	2	850	7.47
2	88	730	2	730	6.36
3	88	614.60	2	634	4.92
4	140.37	288	2	288	2.02
5	244.77	288	2	793	0.38
6	291.97	257.49	2	259	-0.34

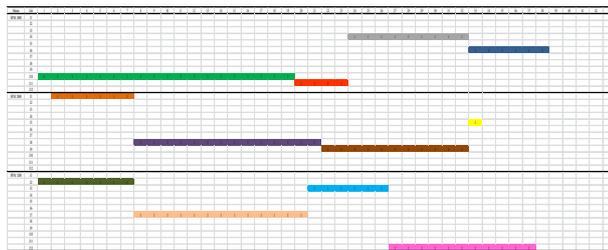
Dari tabel 6. diperoleh penjadwalan yang mendekati optimal terdapat pada iterasi enam dengan nilai *weighted tardiness* sebesar 259.



Gambar 5. Grafik Pergerakan Nilai *Ubr* dan *LBr* pada  $t = 8$

Gambar 5. menjelaskan bahwa pada iterasi 6 didapatkan nilai *Ubr* dan *LBr* yang sama, sehingga jadwal yang diusulkan oleh *job* sudah pasti *feasible*.

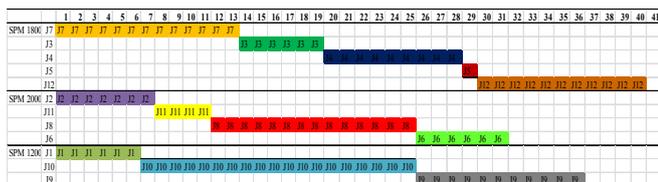
Karena nilai *weighted tardiness* minimum terdapat pada iterasi 6 yaitu sebesar 259, selanjutnya jadwal *feasible* dari iterasi ini dijadikan hasil penjadwalan dari sistem lelang.



**Gambar 6. Gantt Chart Penjadwalan dengan Sistem Lelang**

Dari gambar 6. diketahui bahwa pengerjaan *job* pada pada mesin SPM 1800 adalah *job* 10 – *job* 11 – *job* 4 – *job* 6, mesin SPM 2000 adalah *job* 1 – *job* 8 – *job* 9 – *job* 5, dan pada mesin SPM 1200 adalah *job* 2 – *job* 7 – *job* 3 – *job* 12.

Selanjutnya sebagai metode pembandingan digunakan metode *Earliest Due date* (EDD) untuk menunjukkan metode mana yang dapat memberikan solusi yang lebih baik dengan performansi minimasi *weighted tardiness*. Penjadwalan disusun berdasarkan nilai *due date* terkecil. Berikut ini merupakan *gant chart* penjadwalan dengan metode EDD :



**Gambar 7. Gantt Chart Penjadwalan dengan Metode EDD**

**Tabel 7. Perhitungan Tardiness Metode EDD**

Job	Waktu Selesai (t ke-)	Due Date (t ke-)	E	L	WE	WL	WT
J1	13	15	9	0	27	0	27
J2	7	14	7	0	14	0	14
J3	23	27	8	0	56	0	56
J4	28	30	2	0	16	0	16
J5	29	33	4	0	44	0	44
J6	29	31	0	0	10	0	0
J7	13	12	0	1	0	2	2
J8	27	25	0	0	0	0	0
J9	38	32	0	4	0	80	80
J10	19	17	0	8	0	64	64
J11	17	23	12	0	60	0	60
J12	40	37	0	3	0	72	72
<b>Jumlah</b>			42	16			435

Contoh perhitungan pada *job* 2

$$E = \text{Max}(0, \text{Due date} - \text{Waktu selesai})$$

$$= \text{Max}(0, 14-7)$$

$$= \text{Max}(0, 7) = 7$$

$$L = \text{Max}(0, \text{Waktu selesai} - \text{Due date})$$

$$= \text{Max}(0, 7-14)$$

$$= \text{Max}(0, -7) = 0$$

$$WE = E \times \text{Bobot Earliness} (\epsilon)$$

$$= 7 \times 2 = 14$$

$$WL = L \times \text{Bobot Lateness} (\tau)$$

$$= 0 \times 4 = 0$$

$$WT = WE + WL$$

$$= 6+0 = 6$$

$$\text{Total WT} = 27+14+56+16+44+0+2+0+80+64+60+72 = 435$$

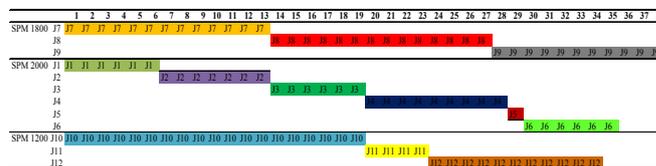
$$\sum E = 42$$

$$\sum L = 16$$

$$\text{Jumlah keterlambatan} (\sum E + \sum L) = 41$$

Dari tabel 7. didapatkan bahwa nilai *weighted tardiness* dengan metode EDD adalah sebesar 435.

Selanjutnya metode sistem lelang dan metode EDD dibandingkan penjadwalan eksisting. Berikut ini merupakan *gant chart* dari penjadwalan eksisting :



**Gambar 8. Gantt Chart Eksisting**

**Tabel 8. Perhitungan Tardiness Kondisi Eksisting**

Job	Start time (t ke-)	Waktu selesai (t ke-)	Due Date (t ke-)	E	L	WE	WL	WT
J1	1	6	15	9	0	27	0	27
J2	7	13	14	1	0	2	0	2
J3	14	19	27	8	0	56	0	56
J4	20	28	30	2	0	16	0	16
J5	29	29	33	4	0	44	0	44
J6	30	35	31	0	4	0	72	72
J7	1	13	12	0	1	0	2	2
J8	14	27	25	0	2	0	24	24
J9	28	38	32	0	6	0	120	120
J10	1	19	17	0	2	0	16	16
J11	20	23	23	0	0	0	0	0
J12	24	34	37	3	0	36	0	36
<b>Jumlah</b>				27	15			415

Dari tabel 8. Didaptkan bahwa nilai *weighted tardiness* dengan metode eksisting adalah sebesar 415.

Berikut ini merupakan rekapitulasi dari perbandingan ketiga penjadwalan tersebut :

**Tabel 9. Perbandingan Penjadwalan Eksisting, Sistem Lelang dan EDD**

Penjadwalan	Mesin	Urutan job	L (Hari)	E (Hari)	Total WT
Existing	SPM 1800	J7 – J8 – J9	15	27	415
	SPM 2000	J1 – J2 – J3 – J4 – J5 – J6			
	SPM 1200	J10 – J11 – J12			
Sistem Lelang	SPM 1800	J10 – J11 – J4 – J6	19	20	259
	SPM 2000	J1 – J8 – J9 – J5			
	SPM 1200	J2 – J7 – J3 – J12			
EDD	SPM 1800	J7 – J3 – J4 – J5 – J12	16	42	435
	SPM 2000	J2 – J11 – J8 – J6			
	SPM 1200	J1 – J10 – J9			

Dari tabel 5. Diketahui bahwa penjadwalan *existing* memiliki nilai *weighted tardiness* sebesar 415 dengan total *tardiness* sebesar 42 hari, sedangkan pada penjadwalan dengan sistem lelang diperoleh nilai *weighted tardiness* sebesar 259 dengan total *tardiness* sebesar 39 hari. Nilai *weighted tardiness* diperoleh dari penjumlahan total *weighted lateness* dengan total *weighted earliness*. Perbedaan antara penjadwalan sistem lelang dengan EDD dan penjadwalan *existing* terletak pada urutan pengerjaan *job* dari sejak kapan *job* itu akan dikerjakan hingga *job* selesai dikerjakan. Penjadwalan dengan sistem lelang akan menghasilkan nilai *weighted tardiness* lebih kecil dibandingkan dengan kedua metode tersebut dikarenakan sistem lelang menggunakan aturan *list scheduling* yang dibuat dengan mempertimbangkan *start time*, *due date* dan *processing time* untuk mengatur jadwal *job* yang ada sehingga dapat meminimasi *weighted tardiness*. Selain itu, sistem lelang juga mempertimbangkan bobot yang mana bobot ini digunakan untuk mengurutkan prioritas *job* mana yang terlebih dahulu sesuai dengan *due date* pada masing-masing *job*.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dihasilkan adalah dalam melakukan penjadwalan dinamis mesin paralel dengan menggunakan sistem lelang diperoleh jadwal pada mesin SPM 1800 adalah *job* 10 – *job* 11 – *job* 4 – *job* 6, mesin SPM 2000 adalah *job* 1 – *job* 8 – *job* 9 – *job* 5, dan pada mesin SPM 1200 adalah *job* 2 – *job* 7 – *job* 3 – *job* 12. Jadwal produksi baru dengan metode lelang menghasilkan kriteria performansi (*weighted tardiness*)

yang lebih baik jika dibandingkan dengan kondisi *existing* maupun dengan metode *Earliest Due Date* (EDD). Jadwal produksi dengan sistem lelang memberikan nilai *weighted tardiness* sebesar 259, sedangkan dengan metode EDD dan jadwal *existing* masing-masing memberikan nilai sebesar 435 dan 415.

## DAFTAR PUSTAKA

Arifin, M., dan Rudyanto, A. 2010. Perancangan Sistem Informasi Penjadwalan Produksi Paving Block Pada CV. Eko Joyo. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2010 (SNATI 2010)*. Yogyakarta, 19 Juni 2010.

Baker, K. R. 1974. *Introduction to Sequencing dan Scheduling*. John Wiley dan Sons Inc. New York.

Brucker, P. 2007. *Scheduling Algorithms Fifth Edition*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Germany.

Conway, R. W., et. al., 1967. *Theory of Scheduling*. MA: Addison-Wesley.

Dewan, P., et. al. 2002. Auction-Based Distributed Scheduling in a Dynamic Job Shop Environment. *International Journal of Production System*. vol. 40. no.5.

Fisher, M.L. 1981. "Lagrangian Relaxation Method for Solving Integer Programming Problem", *Management Science*, Vol. 27, 1 – 18

Gupta. 2012. Model Penjadwalan Batch Multi Item dengan Dependent Processing Time. *Jurnal Teknik Industri*, Vol.12, No. 2, Desember 2012. <http://puslit.petra.ac.id/journals/request.php?PublishedID=IND10120202>. Diakses pada tanggal 9 Mei 2014.

Ihhami, M. A., 2010. Pengembangan Model Penjadwalan Job Shop Dinamis yang Mempertimbangkan Routing Alternatif dengan Menggunakan Sistem Lelang. *Tesis*. Teknik dan Manajemen Industri. Institut Teknologi Bandung. Bandung. (Tidak Publikasi)

Julaeha, Eha. 2011. Penjadwalan Mesin Paralel dengan Sistem Lelang untuk Meminimasi Weighted Tardiness. *Skripsi*. Teknik Industri. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon. (Tidak Publikasi)

Kutanoglu, E., dan Wu, S.D. 1999. On Combinatorial Auction and Lagrangean Relaxation for Distributed Resource Scheduling. *IEE Trans.*, Vol 31, No 9.

Lamabelawa, M. 2006. *Implementasi Program Pascal Untuk Optimisasi Penjadwalan Pekerjaan Secara Kelompok Pada Mesin Tunggal Dengan Algoritma Lawler*. Kupang.

Liu, N., *et. al.* 2007. A Complete Framework For Robust And Adaptable Dynamic *Job Shop* Scheduling. *IEEE Transactions on Systems, Man, dan Cybernatics*. vol. 37. No. 5. ISSN: 1094-697.

Morton., T.E., dan Pentico, David. 1993. *Heuristic scheduling Systems*. John Wiley & sons, Inc. New York.

Nasution, A., *et. al.* 2003. *Perencanaan & Pengendalian Produksi*. Guna Widya. Surabaya.

Nasution, Arman H. 2006. *Manajemen Industri*. Yogyakarta : Penerbit Andi.

Palit, H.C., *et. al.*, Penjadwalan Produksi Flexible Flow Shop Dengan Sequence-Dependent Setup Times Menggunakan Metode Relaksasi Lagrangian (Studi Kasus Pada PT. Cahaya Angkasa Abadi). <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/ind/article/viewArticle/16027>. Diakses pada tanggal 9 Mei 2014.

Uttari, Saria. 2008. Usulan Penjadwalan Produksi Produk Main Frame Pada Mesin Punch Exentrik di PT. Beton Perkasa Wijaksana. *Skripsi*. Jakarta : Universitas Pembangunan Nasional Veteran

Zarifoglu., E. 2005. Auction Based Scheduling for Distributed Systems. *Tesis*. Department Of Industrial Engineering. The Institute Of Engineering And Science Of Bilkent University.