

# APLIKASI PENJADWALAN JOB SHOP DENGAN PENDEKATAN ROLLING TIME WINDOW (Studi Kasus di PD. Kerta Karkim Unit Inkaba Bandung)

Oleh :

Cucu Wahyudin\* ; Ramdhani Subagianoro\*\*

\*Staf Pengajar Jurusan Teknik Industri UNJANI

\*\*Alumni Jurusan Teknik Industri UNJANI

## ABSTRAK

Perubahan pola produksi dari *mass production* ke *customized production* menuntut pengembangan aktivitas perencanaan dan pengendalian produksi termasuk penjadwalan, dari yang bersifat statis menjadi yang bersifat dinamis. Salah satu model penjadwalan yang bersifat dinamis adalah penjadwalan dengan pendekatan *rolling time window*. *Time Window* adalah suatu rentang waktu tertentu yang lebih pendek dari horizon penjadwalan. Tiap *time window* terdiri dari dua bagian yang sama panjang, yaitu bagian awal yang tidak dapat diubah, dan bagian akhir yang dapat diubah. Pendekatan ini dinamakan *rolling time window* yang ada dalam suatu horizon penjadwalan sambung-menyambung secara bergulir (*rolling*), yaitu bagian akhir suatu *time window* akan berubah menjadi bagian awal *time window* berikutnya dan saat pergantian *time window* merupakan saat penjadwalan ulang.

Metoda yang digunakan ini adalah metoda penjadwalan dengan penentuan panjang *Time Window* yang diusulkan oleh Sun dan Lin (1994) yang kemudian dikembangkan lebih jauh lagi oleh Yosephin Suharyanti (2000) menjadi metoda *Time Window Forward Scheduling (TWFS)* dengan fungsi tujuan meminimasi total biaya *tardiness* dan *earliness*, serta dapat menyederhanakan pencarian solusi dan mengakomodasi gangguan datangnya job baru.

PD. Kerta Karkim Unit INKABA. merupakan salah satu perusahaan Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) Tingkat I Jawa Barat yang bergerak dalam bidang Industri Karet dengan tingkat variasi produk yang tinggi, waktu penerimaan pesanan yang tidak tentu, waktu pengiriman produk yang berbeda-beda, sehingga perusahaan mengalami kesulitan dalam meminimasi waktu keterlambatan (*tardiness*) pada pesanan yang baru karena pesanan yang baru belum tentu memiliki *due-date* yang lebih besar dari pesanan yang datang terlebih dahulu dan mengalami kesulitan dalam meminimasi terjadinya *kelebihdinian* produksi (*earliness*), jika waktu penyelesaian pesanan tersebut lebih kecil dari *due-datenya*, sehingga perlu ditentukan panjang waktu untuk penjadwalan (*time window*) agar memudahkan pembuatan jadwal.

Dari hasil pengolahan data dapat diketahui bahwa terdapat panjang *time window* yang memberikan total *tardiness* dan *earliness* minimum, yaitu pada *time window* 250 jam dengan total biaya *tardiness* dan *earliness* sebesar Rp 1.629.353,67. sehingga panjang *time window* hasil pengolahan tersebut dapat dimanfaatkan untuk melakukan penjadwalan pada horison penjadwalan berikutnya.

Kata kunci : penjadwalan, job shop, rolling time window

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang Masalah

P.D. Kerta Karkim Unit Inkaba merupakan salah satu Industri yang bergerak dalam Industri barang teknik berbahan baku karet dengan tingkat variasi produk yang tinggi, serta strategi respon terhadap permintaan konsumen dilaksanakan secara *make to order*.

Adanya variasi produk yang tinggi, ukuran lot yang beragam, waktu penerimaan pesanan yang tidak tentu, serta waktu pengiriman produk yang berbeda-beda menyebabkan proses penjadwalan produksi memiliki peranan yang sangat penting. Penjadwalan yang baik akan menjamin pengiriman produk yang sesuai dengan pesanan konsumen serta sistem produksi akan lebih efisien.

Pada saat ini penjadwalan di PD. INKABA

didasarkan pada disiplin *First Come First Serve*, yaitu pesanan yang diterima paling awal akan diproduksi lebih dahulu. Akibat dari sistem mekanisme penjadwalan ini, tak jarang perusahaan tidak bisa memenuhi pesanan sesuai *due-date* yang telah disepakati dengan konsumen.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan berdasarkan kedatangan job terhadap 15 produk yang dipesan pada bulan Januari 2002 yaitu :

- 5 produk mengalami keterlambatan pengiriman pesanan
- 8 produk mengalami *kelebihdinian* produksi, sehingga produk disimpan digudang
- 2 produk tepat waktu

Dari penelitian yang telah dilakukan diusulkan metoda penjadwalan untuk memecahkan permasalahan penjadwalan pada

perusahaan, karena perusahaan selalu mengalami keterlambatan pengiriman pesanan yang mengakibatkan perusahaan terkena ongkos penalti dan cenderung terjadinya kelebihan produksi yang mengakibatkan produk disimpan digudang.

Untuk mengatasi kelemahan-kelemahan tersebut, diusulkan penerapan pendekatan *rolling time window* pada aktivitas penjadwalan yang dikembangkan oleh **Sun & Lin** (1994).

Dalam penelitiannya, **Sun dan Lin** (1994) mengusulkan sebuah model penjadwalan untuk suatu *time window* dengan pendekatan mundur yang bertujuan meminimasi ongkos keterlambatan. Ada beberapa kelemahan dalam pendekatan mundur yang digunakan **Sun dan Lin** (1994) ini, penjadwalan mundur relatif lebih rumit dibandingkan dengan penjadwalan maju, karena harus dilakukannya dua kali penjadwalan apabila ada job yang terlambat. Pada job yang terlambat penjadwalan mundur akan menghasilkan *release time* yang lebih awal dari *ready time*, sehingga harus dilakukan penjadwalan ulang dengan memundurkan *release time* sampai *ready time*. Pada pendekatan maju, hal ini tidak diperlukan meskipun mungkin menghasilkan jadwal dengan job yang terlambat.

Untuk mengatasi kelemahan tersebut maka model penjadwalan dengan pendekatan *rolling time window* ini dikembangkan lagi oleh **Yosephine Suharyanti** (2000) dengan fungsi tujuan meminimasi total biaya keterlambatan produksi (*tardiness*) dan total biaya penyimpanan digudang yang disebabkan karena kelebihan produksi (*earliness*) dengan pendekatan penjadwalan maju. Pendekatan *rolling time window* yang digunakan ini pada intinya adalah penjadwalan dinamis *semi on-line* yang terdiri dari penjadwalan statis dalam rentang waktu pendek dan untuk menyusun jadwal-jadwal statis tersebut digunakan penjadwalan *statis nondelay*.

Oleh karena itu, fungsi tujuan model yang diperlukan yaitu model penjadwalan untuk mengantisipasi kedatangan order baru agar dapat meminimasi total biaya *tardiness* dan *earliness*.

#### Perumusan Masalah

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa masalah yang dihadapi perusahaan adalah dalam hal meminimasi total biaya keterlambatan produksi (*tardiness*) dan meminimasi biaya penyimpanan digudang yang disebabkan karena kelebihan produksi (*earliness*) serta meminimasi rata-

rata waktu keterlambatan seluruh pesanan yang dijadwalkan.

Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut diusulkan penjadwalan ulang dengan menggunakan pendekatan *rolling time window* sehingga dapat mengantisipasi ketidakpastian kedatangan job serta menghasilkan total ongkos *tardiness* dan *earliness* minimum.

#### Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari kegiatan penelitian Tugas Akhir ini adalah :  
Melakukan penjadwalan terhadap pesanan yang datang pada perusahaan dengan menggunakan pendekatan *rolling time window* sehingga dapat meminimasi total ongkos keterlambatan produksi (*tardiness*) serta meminimasi ongkos penyimpanan digudang yang disebabkan karena kelebihan produksi (*earliness*).  
Menentukan *panjang time window* untuk melakukan penjadwalan pada suatu horison penjadwalan  
Mengembangkan teknik penjadwalan yang sistematis sehingga bagian perencanaan dapat menentukan *due-date* yang tepat pada saat negosiasi dengan konsumen.

#### Metodologi Pemecahan Masalah

Pemilihan metoda merupakan hasil dari pengamatan terhadap variabel-variabel berpengaruh pada penjadwalan. Metoda yang diusulkan merupakan metoda yang tepat untuk menyelesaikan kasus yang dihadapi perusahaan.

Metoda Penjadwalan

##### • Metoda Penjadwalan Perusahaan

Pada tahap identifikasi variable penelitian, telah diperoleh informasi mengenai metode penjadwalan yang diterapkan perusahaan. Perusahaan tidak mempunyai metoda khusus karena kadang kala perusahaan menjadwalkan pekerjaan berberdasarkan intuisi, tetapi sering pula perusahaan menggunakan metoda penjadwalan dengan prioritas yang diterapkan adalah *FCFS* yaitu berdasarkan kedatangan pekerjaan. Penggunaan metoda ini kurang mempertimbangkan kontrol terhadap *makespan* dan *due date* dari pesanan yang dijadwalkan sehingga mengakibatkan jumlah pekerjaan yang terlambat menjadi banyak.

##### • Metoda Penjadwalan Usulan

Metoda penjadwalan yang diusulkan merupakan perbaikan dari metoda yang telah ada dengan memperhatikan karakteristik sistem yang ada. Metoda yang digunakan adalah metoda penjadwalan dengan penentuan *panjang Time Window* yang diusulkan oleh **Sun dan Lin** (1994) yang kemudian dikembangkan lebih jauh lagi

oleh *Yosephin Suharyanti* (2000) menjadi metoda *Time Window Forward Scheduling* (TWFS).

Alasan digunakannya metoda penentuan panjang *time window* dengan pendekatan maju karena apabila hanya menggunakan pendekatan mundur akan relatif lebih rumit dibandingkan dengan penjadwalan maju, karena harus dilakukannya dua kali penjadwalan apabila ada job yang tardy. Pada job yang tardy, penjadwalan mundur akan menghasilkan *release time* yang lebih awal dari *ready time*, sehingga harus dilakukan penjadwalan ulang dengan memundurkan *release time* sampai pada *ready time*. Pada pendekatan maju hal ini tidak diperlukan meskipun mungkin menghasilkan jadwal dengan job yang tardy. Kelemahan kedua, penjadwalan mundur tidak akomodatif terhadap gangguan ketersediaan sumber, misalnya bila ada kerusakan mesin, keterlambatan pasokan bahan, dan sebagainya. Pada pendekatan mundur, timbulnya gangguan-gangguan tersebut akan mengakibatkan pertambahan *tardiness* yang lebih besar daripada pendekatan maju. Job yang early pada pendekatan maju, akan selesai pada *due-date* (tidak early) pada pendekatan mundur. Untuk job yang demikian, timbulnya gangguan ketersediaan sumber akan selalu mengakibatkan *tardiness* pada pendekatan mundur. Sedangkan pada pendekatan maju, tidak selalu mengakibatkan *tardiness*. Apabila terjadi *tardiness*, nilainya akan lebih kecil dibandingkan dengan *tardiness* dengan pendekatan mundur.

### PENGUMPULAN DATA

Untuk memecahkan masalah ini, langkah selanjutnya adalah pengumpulan data-data yang relevan dengan masalah yang dihadapi untuk kemudian diolah dan dianalisis sehingga akan didapatkan solusi yang optimal. Adapun data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

#### 1. Data Produk

Data produk yang akan dijadwalkan dapat dilihat pada table dibawah ini.

**Tabel 1**

**Data produk beserta waktu saat datang dan due-date produk yang dibuat**

Job	Nama Produk	PK	Jml	Saat Datang (jam ke-)	Due-Date (jam ke-)
1	Rb. Linning Mc Barel	1/1/02	1	48	528
2	Rubber Hose	2/1/02	4	72	792
3	Relinning Rubber Roll	4/1/02	5	168	528
4	Suction Hose	5/1/02	1	192	576
5	Rb. Linning Mc Barel	6/1/02	1	240	408
6	Linolium Warna Merah	8/1/02	19	288	408

7	Rb. Ball	9/1/02	30	360	1224
8	Rb. Ball	9/2/02	30	360	1224
9	Rubber Hose	10/1/02	2	360	984
10	Rb. Bellow	11/1/02	20	408	1224
11	Rubber Coupling INKABA	12/1/02	1	432	960
12	Rubber Hose	13/1/02	6	432	840
13	Conveyor Belt & Putih	14/1/02	1	504	864
14	Expantion Join	15/1/02	1	504	720
15	Packing Elastis	16/1/02	50	552	720

### 1. Data Mesin

**Tabel 2**

**Data Mesin-Mesin Beserta Jumlahnya**

Mesin	Nama Mesin	Jml
M1	KAMAR TIMBANG Kamar Timbang	1
M2	MIXER I Single Mixing Mill Internal Mixer Twin	1 1
M3	VOORWARMER Voorwarmer	3
M4	CALLENDER Callender sedang Callender Besar	1 1
M5	MATTING Matting untuk Sheet Matting untuk Conveyor	1 1
M6	MIXER II Mixer Lem	1
M7	PRESS Press jumbo Press Inkaba Simplekamp Firestone Emideceau Morane Aine Hitachi Press Msn. Vulkanizing Press	1 1 1 1 1 1 2 2
M8	SLANG Msn. Slang	3
M9	AUTOCLAVE Autoclave Slang Autoclave Roll Autoclave sheeting	1 1 2

#### 1. Data Biaya

Data biaya-biaya yang dikeluarkan pada saat pelaksanaan produksi diuraikan sebagai berikut:

1. Biaya penyimpanan produk jadi (biaya *earliness*)

Biaya *earliness* adalah biaya yang timbul akibat waktu penyelesaian yang terlalu cepat. Biaya ini harus ditanggung oleh pihak perusahaan dikarenakan munculnya biaya penyimpanan. Variabel yang berpengaruh untuk menentukan besarnya biaya simpan adalah tingkat suku bunga bank dan harga jual produk yang disimpan

didalam gudang. Pada saat penelitian ini tingkat suku bunga bank (i) yaitu 22% per tahun.

$$\alpha = \frac{\text{harga jual produk} \times (i/12)}{\text{jam produksi perbulan}}$$

dimana:

jam produksi perbulan

= hari kerja perbulan x jam kerja efektif/hari

= 24 hari x 21 jam

= 504 jam

2. Biaya denda keterlambatan (biaya tardiness)

Biaya tardiness adalah biaya yang harus dikeluarkan oleh pihak perusahaan jika waktu penyelesaian produk melebihi batas waktu due-datenya. Biasanya biaya ini dtentukan dari hasil negosiasi antara pihak perusahaan dengan konsumen. Variabel yang menjadi acuan dalam penentuan biaya ini adalah besarnya harga jual produk. Biasanya biaya tardiness perhari di PD. Unit Inkaba pada saat penelitian dilakukan yaitu 2% dari harga jual produk.

$$\beta = \frac{\text{harga jual produk} \times 2\%}{\sum \text{jam kerja perhari}}$$

**Tabel 3**  
**Biaya Tardiness dan Earliness**

Job	Jml	Harga Jual (Rp)	Biaya	
			Earliness	Tardiness
		<b>Rp 1,328,500.00</b>		
1	1	Rp 1,328,500.00	Rp 48.33	Rp 1,107.08
2	4	Rp 5,021,280.00	Rp 182.65	Rp 4,184.40
3	5	Rp 11,252,600.00	Rp 409.32	Rp 9,377.17
4	1	Rp 652,450.00	Rp 23.73	Rp 543.71
5	1	Rp 1,750,000.00	Rp 63.66	Rp 1,458.33
6	19	Rp 4,766,150.00	Rp 173.37	Rp 3,971.79
7	30	Rp 5,715,000.00	Rp 207.89	Rp 4,762.50
8	30	Rp 5,265,000.00	Rp 191.52	Rp 4,387.50
9	2	Rp 1,910,400.00	Rp 69.49	Rp 1,592.00
10	20	Rp 10,905,000.00	Rp 396.68	Rp 9,087.50
11	1	Rp 2,750,000.00	Rp 100.03	Rp 2,291.67
12	6	Rp 8,103,300.00	Rp 294.76	Rp 6,752.75
Job	Jml	Harga Jual (Rp)	Biaya (Rp)	Biaya (Rp)
			Earliness	Tardiness
13	1	Rp 3,552,000.00	Rp 129.21	Rp 2,960.00
14	1	Rp 2,690,550.00	Rp 97.87	Rp 2,242.13
15	50	Rp 4,275,000.00	Rp 155.51	Rp 3,562.50

**Tabel 4**

**Data Urutan Proses & Waktu Pengerjaan**

NO JOB	Urutan Proses & Waktu Pengerjaan						
	1	2	3	4	5	6	7
1	M1 0.1	M2 0.5	M3 0.33	M6 35	M9 5		
2	M1 0.25	M2 1.5	M3 0.67	M8 84			
3	M1 0.08	M2 0.5	M3 0.33	M4 0.16	M5 0.25	M6 10	M9 4
4	M1 0.05	M2 0.4	M3 0.33	M8 35	M9 3		
5	M1 0.08	M2 0.4	M3 0.33	M6 35	M9 5		
No Job	Urutan Proses & Waktu Pengerjaan						
	1	2	3	4	5	6	7
6	M1 1.17	M2 7	M3 3.67	M6 5	M9 76		
7	M1 0.05	M2 0.4	M3 0.33	M6 75	M9 30		
8	M1 0.08	M2 0.4	M3 0.33	M6 75	M9 30		
9	M1 0.08	M2 0.5	M3 0.33	M8 42	M9 2.5		
10	M1 1.25	M2 7.5	M3 0.33	M7 10			
11	M1 2	M2 1	M3 0.33	M6 84	M7 10		
12	M1 0.08	M2 0.5	M3 0.33	M8 63	M9 3		
13	M1 0.08	M2 0.5	M3 0.33	M6 20	M7 5.5		
14	M1 0.05	M2 0.4	M3 0.33	M8 63			
15	M1 0.08	M2 0.5	M3 0.33	M7 16.7			

**Tabel 5**  
**Urutan Proses dan Waktu Pengerjaan**

No	Nama Produk	PK	Jml	Kamar Timbang (jam)	Mixer (kompon) (jam)	Voorwarmer (jam)	Callander (jam)	Mixer Lem (jam)	Wp Matting (jam)	Wp Press (jam)	Wp slang (jam)	Wp Autoclave (jam)
1	Rb. Linning Mc Barel	1/1/02	1	0.1	0.5	0.33			35			5
2	Rubber Hose	2/1/02	4	0.25	1.5	0.67					84	
3	Relinning Rubber Roll	4/1/02	5	0.08	0.5	0.33	0.16	0.25	10			4
4	Suction Hose	5/1/02	1	0.05	0.4	0.33					35	3
5	Rb. Linning Mc Barel	6/1/02	1	0.08	0.4	0.33			35			5
6	Linolium Warna Merah	8/1/02	19	1.17	7	3.67			5			76
7	Rb. Ball	9/1/02	30	0.05	0.4	0.33			75			30
8	Rb. Ball	9/2/02	30	0.08	0.4	0.33			75			30
9	Rubber Hose	10/1/02	2	0.08	0.5	0.33					42	2.5
10	Rb. Bellow	11/1/02	20	1.25	7.5	0.33				10		
11	Rubber Coupling INKABA	12/1/02	1	2	1	0.33			84	10		
12	Rubber Hose	13/1/02	6	0.08	0.5	0.33					63	3
13	Conveyor Belt & Putih	14/1/02	1	0.08	0.5	0.33			20	5.5		
14	Expantion Join	15/1/02	1	0.05	0.4	0.33					63	
15	Packing Elastis	16/1/02	50	0.08	0.5	0.33				16.7		

#### PENGOLAHAN DATA

Setelah pengumpulan data selesai, maka selanjutnya melakukan pengolahan data dengan menggunakan metoda penjadwalan yang telah diusulkan. Langkah-langkah dalam pengolahan data disusun dalam bentuk algoritma penjadwalan. algoritma yang digunakan untuk memecahkan masalah adalah algoritma Penentuan Panjang *Time Window* yang merupakan algoritma iterasi nilai D untuk mendapatkan  $D^* \cdot \Delta D$  yang memiliki total tardiness dan earliness minimum).

Dalam algoritma ini, mula-mula ditentukan suatu nilai  $D_0$  ( $D$  awal),  $\Delta D$  (panjang langkah), dan  $\Delta^*$  ( $\Delta D$  terkecil sampai stoping rule). Dan untuk menentukan panjang time window awal ( $D_0$ ) ditentukan berdasarkan rata-rata waktu proses terkecil pada horizon penjadwalan sebelumnya. Iterasi dimulai dari  $D_0$ , dan selanjutnya nilai-nilai  $D$  yang lain dengan menambah atau mengurangi nilai  $D$  sebelumnya dengan  $\Delta D$ . Bila dari suatu iterasi total ongkos *tardiness* dan *earliness* menurun, artinya iterasi tersebut merupakan langkah sukses dan harus diteruskan. Bila dari suatu iterasi total ongkos *tardiness* dan *earliness* meningkat, artinya iterasi tersebut merupakan langkah gagal, sehingga dilakukan iterasi dengan arah yang berlawanan dan  $\Delta D$  yang lebih kecil. Iterasi dilakukan sampai total ongkos *tardiness* dan *earliness* minimum

secara numerik, yaitu bila  $\Delta D$  telah lebih kecil daripada  $\Delta^*$ .

Algoritma Penentuan Panjang *Time Window* memiliki 2 sub algoritma seperti yang dtunjukkan oleh *Gambar III.3.*, yaitu :

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

Sub-algoritma B adalah algoritma penjadwalan nondelay schedule yang digunakan untuk melakukan penjadwalan static secara forward pada tiap *time window*.

Sub-algoritma A merupakan algoritma pengalokasi job dari suatu *time window* ke *time window* berikutnya sesuai perubahan waktu. Algoritma ini merangkaikan jadwal-jadwal static yang dibuat dengan sub-algoritma B, sehingga dapat dilakukan perhitungan total *tardiness* dan *earliness* untuk suatu jangka waktu tertentu.

Pendekatan *rolling time window* yang digunakan ini pada intinya adalah penjadwalan dinamis *semi on-line* yang terdiri dari penjadwalan statis dalam rentang waktu pendek dan untuk menyusun jadwal-jadwal statis tersebut digunakan penjadwalan *statis nondelay*.

Pada *sub algoritma A* (pengalokasian job), titik awal perencanaan pada suatu horizon penjadwalan berada pada titik  $t = 0$  yaitu titik dimana pola kedatangan job yang tidak menentu (random) tetapi sudah diketahui kapan produk itu

akan mulai dikerjakan atau direlease (dinamis deterministik). Pada sub algoritma ini dicari panjang time window yang memiliki nilai tardiness dan earliness yang paling minimum. Dan setelah penjadwalan dikerjakan seluruhnya dengan menghasilkan total ongkos tardiness dan earliness minimum, maka perencanaan pada horizon penjadwalan selanjutnya dengan pola kedatangan job serta waktu release yang tidak tentu (dinamis probabilistik) digunakan panjang time window dengan total tardiness dan earliness minimum yang telah ditetapkan.

Dan pada sub algoritma B (Penjadwalan Nondelay Schedule), apabila datang job baru yang ada pada time window awal maka penjadwalan dilakukan pada bagian akhir pada time window itu. Sehingga untuk horizon penjadwalan selanjutnya, untuk bagian awal time window akan dilakukan negosiasi dan pada bagian akhir time window akan dilakukan penjadwalan secara statis dan dalam menyusun jadwal-jadwal statis tersebut digunakan penjadwalan Statis Nondelay

#### **Algoritma Penentuan Panjang Time Window**

Berikut ini tabel langkah-langkah dalam algoritma penjadwalan usulan.

##### Langkah 1:

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

##### langkah 2:

lakukan penjadwalan pada seluruh horizon penjadwalan dengan sub algoritma A

##### langkah 3:

Untuk  $D = D_a$ , lakukan langkah berikut:

(a) simpan data total *tardiness* dan *earliness*

(b) tentukan  $D = D + \Delta D$ ,

(c) kembali ke langkah 2.

Untuk  $D \Delta D_a$ , 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 *tardiness* dan *earliness*, lanjutkan ke langkah 11. Jika belum, kembali ke langkah 5

##### Langkah 10:

Jika telah terjadi peningkatan *tardiness* dan *earliness*, lanjutkan ke langkah 12. jika belum, kembali ke langkah 6

##### Langkah 11:

Jika  $\Delta D \Delta^*$ , lanjutkan ke langkah 13.

Jika  $\Delta D \Delta^*$ , tentukan  $\Delta D = \Delta D/2$ , kembali ke langkah 6.

##### Langkah 12:

Jika  $\Delta D \Delta^*$ , lanjutkan ke langkah 13.

Jika  $\Delta D \Delta^*$ , tentukan  $\Delta D = \Delta D/2$ , kembali ke langkah 5.

##### Langkah 13:

$D^* = D$ , iterasi selesai.

#### **Sub-Algoritma A: Alokasi Job pada Time Window**

##### Langkah A1:

Mulai pada  $t = 0$

##### Langkah A2:

Lanjutkan ke  $t$  terdekat berikutnya.

##### Langkah A3:

Bila  $t$  terdekat berikutnya adalah saat datang job, simpan data job yang datang, kembali ke langkah A2. Bila  $t$  terdekat 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 B.

##### 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 seluruhnya, lanjutkan ke langkah A7. Bila belum kembali ke langkah A2.

##### Langkah A7:

Hitung *earliness* dan *tardiness* job yang belum terhitung, tambahkan secara kumulatif pada *earliness* dan *tardiness* sebelumnya.

##### Langkah A8:

Selesai, kembali ke Algoritma Penentuan Panjang Time Window.

#### **Sub-algoritma B: Penjadwalan Operasi (Nondelay Schedule)**

**Langkah B1:**

Dimulai pada  $t = 0$  definisikan kelompok operasi  $S_t$  yang tidak memiliki predesesor.

**Langkah B2:**

Tentukan operasi yang memiliki saat mulai paling awal dari kelompok operasi  $S_t$  beserta mesin yang digunakan untuk operasi tersebut.

**Langkah B3:**

Jadwalkan operasi yang ditentukan pada langkah B2.

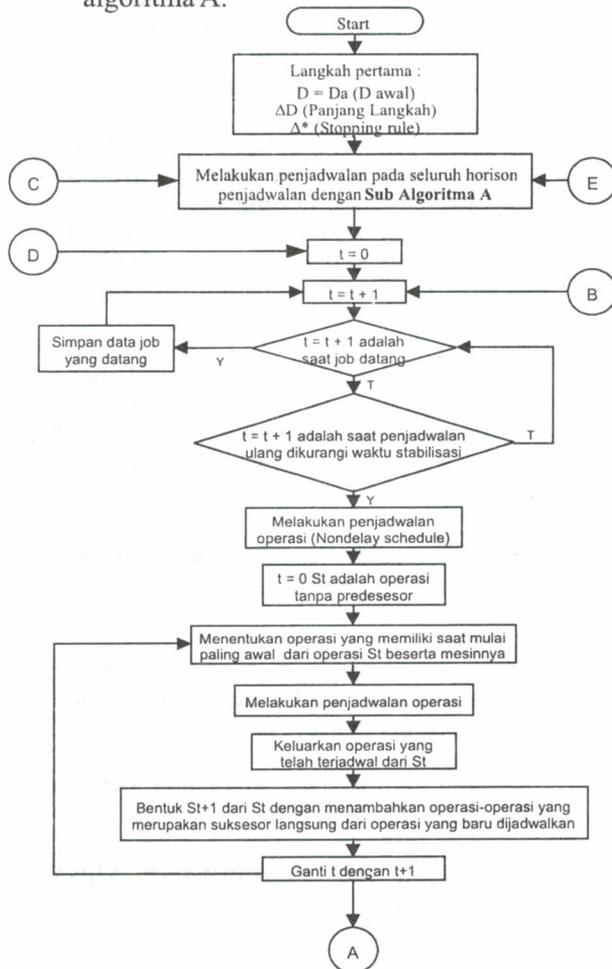
**Langkah B4:**

Berdasarkan jadwal yang telah tersusun di Langkah B3, lakukan update data sebagai berikut:

- (a) Keluarkan operasi yang telah terjadwal dari  $S_t$ .
- (b) Bentuk  $S_{t+1}$  dari  $S_t$  dengan menambahkan operasi-operasi yang merupakan suksesor langsung dari operasi yang baru dijadwalkan,
- (c) Gantikan  $t$  dengan  $t+1$ .

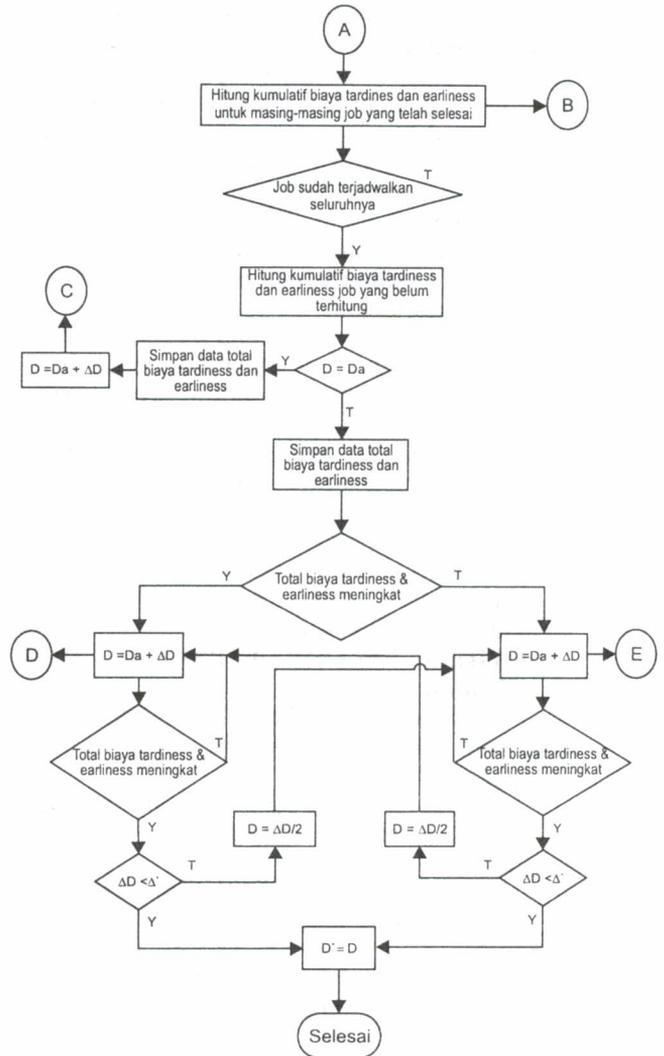
**Langkah B5:**

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



Gambar 1.

Diagram Alir Algoritma Time Window Forward Scheduling



**Tabel 6**  
Waktu penyelesaian penjadwalan tiap job

Job	D (jam ke-)				
	D = 100	D = 150	D = 200	D = 250	D = 300
1	540,93	565,93	540,9	540,93	490,93
2	847,8	836,42	847,8	836,42	836,42
3	549,93	574,93	549,9	549,93	499,93
4	588,8	577,93	543,93	552,93	493,93
5	440,81	415,81	440,81	415,81	340,81
6	516,8	491,8	516,81	491,81	416,81
7	1305,78	1305,78	1305,78	1230,8	1305,78
8	1380,78	1380,78	1380,8	1305,8	1380,78
9	998,3	1020,6	948,16	943,92	948,33
10	1219,12	1218,36	1219,21	1144,2	1219,21
11	1047,33	997,3	997,3	962,33	997,33
12	913,78	902,42	913,8	902,42	902,42
13	876,41	851,74	826,61	778,58	778,58
14	763,78	738,8	763,8	688,78	663,78
15	717,65	692,98	717,98	642,98	617,90

Hasil perhitungan nilai tardiness dan earliness untuk beberapa nilai D dapat dilihat pada table dibawah ini

**Tabel 7**  
Tardiness atau earliness untuk tiap job pada beberapa nilai D

Job	D (jam)				
	D = 100	D = 150	D = 200	D = 250	D = 300
1	12.93	37.92	12.93	12.93	37.07*
2	55.78	44.42	55.78	44.42	44.42
3	21.93	46.93	21.93	21.93	28.07*
4	12.78	1.93	32.07*	23.07*	82.07*
5	32.81	7.81	32.81	7.81	67.19*
6	108.81	83.81	108.81	83.81	8.81
7	81.78	81.78	81.78	6.81	81.78
8	156.78	156.78	156.78	81.81	156.78
9	14.33	36.58	35.84*	40.08*	35.67*
10	4.79*	5.64*	4.79*	79.76*	4.79*
11	87.33	37.33	37.33	2.33	37.33
12	73.78	62.42	73.78	62.42	62.42
13	12.41	12.26	37.09*	85.42*	85.42*
14	43.78	18.78	43.78	31.22*	56.22*
15	2.34*	27.02*	2.02*	77.02*	102.02*
Tardiness	715.23	628.75	625.71	324.27	391.54
Earliness	7.13*	32.66*	111.81*	336.57*	498.52*
Total	722.36	661.41	737.52	660.84	890.06

Keterangan : \* = earliness

**Tabel 8**  
Biaya tardiness dan earliness pada beberapa nilai D

Job	D (jam)				
	D = 100	D = 150	D = 200	D = 250	D = 300
1	Rp 14.314,59	Rp 41.980,60	Rp 14.314,59	Rp 14.314,59	Rp 1.791,41*
2	Rp 233.405,83	Rp 185.871,05	Rp 233.405,83	Rp 185.871,05	Rp 185.871,05
3	Rp 205.641,27	Rp 440.070,43	Rp 205.641,27	Rp 205.641,27	Rp 11.489,63*
4	Rp 6.948,59	Rp 1.049,36	Rp 761,13*	Rp 547,53*	Rp 1.947,79*
5	Rp 47.847,92	Rp 11.389,58	Rp 47.847,92	Rp 11.389,58	Rp 4.277,14*
6	Rp 432.170,65	Rp 332.875,86	Rp 432.170,65	Rp 332.875,86	Rp 34.991,48
7	Rp 389.477,25	Rp 389.477,25	Rp 389.477,25	Rp 32.432,63	Rp 389.477,25
8	Rp 687.872,25	Rp 687.872,25	Rp 687.872,25	Rp 358.941,38	Rp 687.872,25
9	Rp 22.813,36	Rp 58.235,36	Rp 2.490,60*	Rp 2.785,24*	Rp 2.478,78*
10	Rp 1.900,08*	Rp 2.237,26*	Rp 1.900,08*	Rp 31.638,92*	Rp 1.900,08*
11	Rp 200.131,25	Rp 85.547,92	Rp 85.547,92	Rp 5.339,58	Rp 85.547,92
12	Rp 498.217,90	Rp 421.506,66	Rp 498.217,90	Rp 421.506,66	Rp 421.506,66
13	Rp 36.733,60	Rp 36.289,60	Rp 4.792,26*	Rp 11.036,81*	Rp 11.036,81*
14	Rp 98.160,23	Rp 42.107,11	Rp 98.160,23	Rp 3.055,52*	Rp 5.502,28*
15	Rp 363,88*	Rp 4.201,77*	Rp 314,12*	Rp 11.977,07*	Rp 15.864,72*
Tardiness	Rp 2.873.734,68	Rp 2.734.273,02	Rp 2.692.655,80	Rp 1.568.312,58	Rp 1.805.266,60
Earliness	Rp 2.263,96*	Rp 6.439,03*	Rp 10.258,19*	Rp 61.041,09*	Rp 56.288,65*
Total	Rp 2.875.998,65	Rp 2.740.712,05	Rp 2.702.913,99	Rp 1.629.353,67	Rp 1.861.555,25

Keterangan : \* = earliness

Gantt Chart hasil penjadwalan berdasarkan panjang time window (D) yang terpilih yaitu D = 250, karena memiliki total biaya tardiness dan earliness paling minimum

## ANALISIS

Hasil perhitungan dari total waktu dan biaya tardiness dan earliness untuk beberapa panjang time window D dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut :

**Tabel 9**  
Tardiness dan Earliness pada beberapa nilai D

	D (jam)			
	Aktual	D = 200	D = 250	D = 300
Tardiness	864	625.71	324.27	391.54
Earliness	2.520*	111.81	336.57	498.52
Total	3.384	737.52	660.84	890.06

**Tabel 10**  
Biaya tardiness dan earliness pada beberapa nilai D

Biaya (Rp)	D (jam)			
	Aktual	D = 200	D = 250	D = 300
Tardiness	Rp 2,895,893.28	Rp 2,692,655.80	Rp 1,568,312.58	Rp 1,805,266.60
Earliness	Rp 513,315.84*	Rp 10,258.19	Rp 61,041.09	Rp 56,288.65
Total	Rp 3,409,209.12	Rp 2,702,913.99	Rp 1,629,353.67	Rp 1,861,555.25

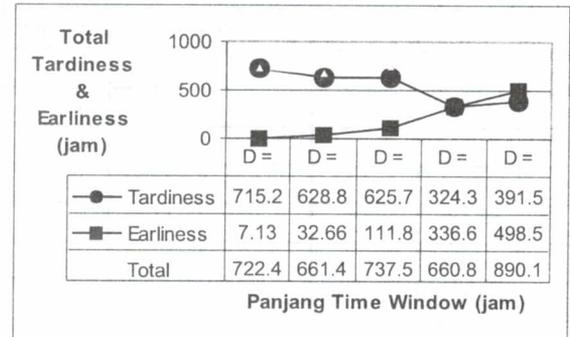
Dari Tabel di atas dapat terlihat, bahwa perbandingan antara metode penjadwalan yang sering dilakukan perusahaan dan beberapa metoda dengan penentuan panjang time window terjadi perbedaan yang besar baik dilihat dari waktu maupun biaya tardiness dan earliness

Sedangkan perbandingan Panjang Time Window yang optimal, yang akan dipilih adalah penjadwalan dengan Panjang Time Window D = 250, karena:

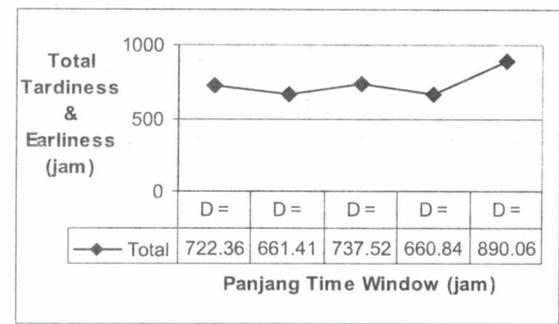
- Aturan ini mempunyai total biaya tardiness dan earliness yang minimum yaitu sebesar Rp. 1.629.353,67 dan mempunyai total waktu tardiness dan earliness minimum sebesar 660.84 jam.
- Pada perhitungan total biaya tardiness dan earliness, besarnya biaya tardiness sangat berpengaruh karena biaya tardiness cenderung lebih besar dibandingkan biaya earliness. Sedangkan biaya tardiness yang paling minimum terdapat pada panjang time window D = 250 yaitu sebesar Rp 1,568,312.58

Oleh sebab itu, metoda rolling time window dengan menggunakan panjang time window D = 250 ini yang sebaiknya digunakan di perusahaan agar perusahaan dapat meminimasi total biaya tardiness dan earliness.

**Tabel 11**  
Hubungan Panjang Time Window dengan tardiness dan earliness



**Tabel 12**  
Total Nilai Tardiness dan Earliness



Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa panjang time window yang dipakai pada penjadwalan job shop dinamik dengan pendekatan rolling time window sangat berpengaruh pada nilai tardiness dan earliness. Dan dapat ditunjukkan bahwa terdapat panjang time window, D\* yang akan menyebabkan nilai tardiness yang minimum.

Pemendekan dan pemanjangan time window dapat menyebabkan terjadinya tardiness dan earliness.

☞ Bila time window yang digunakan sangat pendek maka akan terjadi *tardiness*. Semakin pendek time window maka semakin besar nilai *tardiness*.

☞ Bila time window diperpanjang sedikit dami sedikit maka nilai *tardiness* dapat menurun dan bila diperpanjang terus-menerus dapat terjadi *earliness*. Akan tetapi, bila time window sudah sangat panjang, dapat pula terjadi *tardiness*. Terjadinya *tardiness* ini disebabkan oleh lamanya penundaan penjadwalan job.

☞ Nilai *earliness* memiliki kecenderungan naik dengan bertambah panjangnya time window, yaitu

- D = 200 jam, total earliness sebesar 111.81 jam.

- $D = 250$  jam, total earliness sebesar 336.57 jam.
- $D = 300$  jam, total earliness sebesar 498.52 jam.

Namun demikian total *earliness* dan *tardiness* memiliki kecenderungan sama dengan *tardiness*, yaitu mencapai nilai minimum pada panjang time window tertentu.

### Kesimpulan

Penelitian ini memberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan model penentuan panjang time window akan menghasilkan suatu panjang time window yang memberikan total biaya *tardiness* dan *earliness* yang minimum, yaitu pada  $D = 250$  jam dengan total biaya *tardiness* dan *earliness* sebesar Rp. 1.629.353,67. Panjang Time Window ini dapat digunakan untuk penjadwalan pada horizon perencanaan selanjutnya.
2. Terdapat panjang time window  $D^*$  tertentu yang akan menyebabkan nilai *tardiness* yang minimum, yaitu pada  $D = 250$  jam yaitu 324.27 jam.
3. Pemendekan dan pemanjangan time window dapat menyebabkan terjadinya *tardiness* dan *earliness*.

- Bila time window yang digunakan sangat pendek sedemikian sehingga setengah panjang time window lebih pendek dari total waktu proses job, yang terjadi adalah *tardiness*. Semakin pendek time window, semakin besar nilai *tardiness*.
- Bila time window diperpanjang sedikit nilai *tardiness* dapat menurun dan bila diperpanjang terus-menerus dapat terjadi *earliness*. Pada kondisi terjadi *earliness*, penambahan panjang time window akan memperbesar nilai *earliness*. Akan tetapi, bila time window sudah sangat panjang dapat pula terjadi *tardiness*. Terjadinya *tardiness* ini disebabkan oleh lamanya penundaan penjadwalan job.

### Saran

1. Untuk mengantisipasi datangnya order ke PD. UNIT INKABA yang sifatnya dinamis, maka sebaiknya dibuat penjadwalan ulang dengan menggunakan panjang time window agar total *tardiness* dan *earliness* dapat diminimasi.
2. Untuk dapat mempermudah pengolahan data mengenai penerapan model penentuan panjang time window, maka penulis menyarankan kepada penelitian selanjutnya agar bisa membuat software pada algoritma ini

### DAFTAR PUSTAKA

1. Sun, D. dan Lin, L., 1994, "Dynamic Job Shop Scheduling Framework : A Backward Approach", Int. J. Prod. Res., Vol. 32, No.4, 967-985.
2. Suharyanti, Yosephine, "Model Penentuan Panjang Time Window pada Penjadwalan Job Shop Dinamik," Tesis Megister, Program Studi Teknik dan Manajemen Industri Institut Teknologi Bandung 2000.
3. Fogarty at all, "Production and inventory Management". Second edition, "South-Western Publishing co, Cincinnati, Ohio", 1991.
4. Baker, KR., "Introduction to Sequencing and Scheduling", John Wiley & Sons, Inc., New York.
5. Beadworth, David D., dan James E. Bailey, "Integrated Production Control Systems", 1987.
6. Oden, HW et all, "Handbook of Material & Capacity Requirement Planning", Mc. Graw Hill, 1993.