

PENGEMBANGAN MODEL PEMENUHAN *DUE-DATE* PRODUKSI YANG MEMPERTIMBANGKAN KONDISI AKTUAL PROSES DAN KEANDALAN MESIN

Sachbudi Abbas Ras

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Esa Unggul
Jalan Arjuna Utara Tol Tomang Kebun Jeruk, Jakarta Barat 11510
abbasras@yahoo.com

Abstrak

Sistem manufaktur dituntut untuk mengubah pola produksinya menjadi *mass customization* untuk bisa menjamin respon yang cepat terhadap permintaan pelanggan. Untuk mencapai pemenuhan yang efektif dan efisien, maka sistem manufaktur harus menggunakan konsep sistem produksi tepat waktu (*just-in-time*). Pada kondisi aktualnya, sistem manufaktur sulit untuk mampu berada pada kondisi ideal, dimana tidak ada gangguan terhadap proses dan proses itu sendiri beroperasi secara sempurna dengan tidak menghasilkan produk yang gagal sama sekali. Penelitian ini mengembangkan model pemenuhan *due-date* yang sudah memasukkan pertimbangan mengenai ketersediaan mesin (*equipment availability*), keandalan mesin (*equipment reliability*), dan tingkat kualitas (*quality level*) dari proses. Dari pengujian yang dilakukan dengan pembangkitan set data untuk kondisi statis dan dinamis, model-model yang dikembangkan terbukti dapat memecahkan permasalahan yang diberikan.

Kata kunci: pemenuhan *due-date*, ketersediaan mesin, keandalan mesin

Pendahuluan

Persaingan pasar yang sangat pesat memberikan tuntutan yang harus dipenuhi oleh sistem manufaktur yaitu pada kemampuannya untuk dapat menjamin respon yang cepat terhadap berbagai permintaan pelanggannya. Ini dijawab dengan mengubah pola produksi di industry dari produksi massal ke produksi *mass customization*.

Sistem produksi tepat waktu (*just-in-time*) mampu mengintegrasikan permasalahan persediaan dan penjadwalan dalam satu pertimbangan dengan tujuan meminimasi tingkat persediaan sekaligus memenuhi kebutuhan pelanggan yang dinyatakan dengan *due-date*. Halim dan Ohta (1993) telah mengembangkan kriteria minimasi total waktu tinggal aktual (*total actual flow-time*) sebagai lamanya suatu pekerjaan berada di lantai pabrik sejak pekerjaan tersebut mulai dikerjakan sampai dengan *due-date*.

Abbas Ras (2004) mengembangkan teknik penentuan *due-date* dengan pendekatan dari model penjadwalan *batch* pada *job shop* dinamis yang menggunakan konsep sistem produksi tepat waktu (*just-in-time*). Kekurangan signifikan dari model ini adalah adanya asumsi

bahwa sistem produksi yang dibahas berada pada kondisi yang ideal, dimana tidak ada gangguan terhadap proses dan proses itu sendiri beroperasi secara sempurna dengan tidak menghasilkan produk yang gagal sama sekali.

Kemudian, Abbas Ras (2013) mengembangkan teknik penentuan *due-date* yang sudah mempertimbangkan ketersediaan mesin dan tingkat kualitas dari proses yang dikaji.

Berdasarkan hasil dari survei lapangan yang telah dilakukan, didapatkan bahwa pelanggan menginginkan pemenuhan kebutuhannya sesuai dengan waktu yang telah ditetapkannya dengan jaminan ketepatan pemenuhannya sebagai kriteria utama. Maka terlihat adanya kebutuhan pengembangan model pemenuhan *due-date* pada sistem produksi *job shop* dinamis.

Penelitian ini akan mengembangkan algoritma dari model pemenuhan *due-date* untuk multi-item pada sistem produksi *job shop* yang bersifat dinamis dengan menggunakan pendekatan penjadwalan mundur (*backward approach*) dan teknik insersi. Model yang akan dikembangkan sudah memasukkan pertimbangan mengenai: ketersediaan mesin (*equipment availability*), keandalan mesin

(*equipment reliability*), dan tingkat kualitas (*quality level*) dari proses manufaktur yang dikaji.

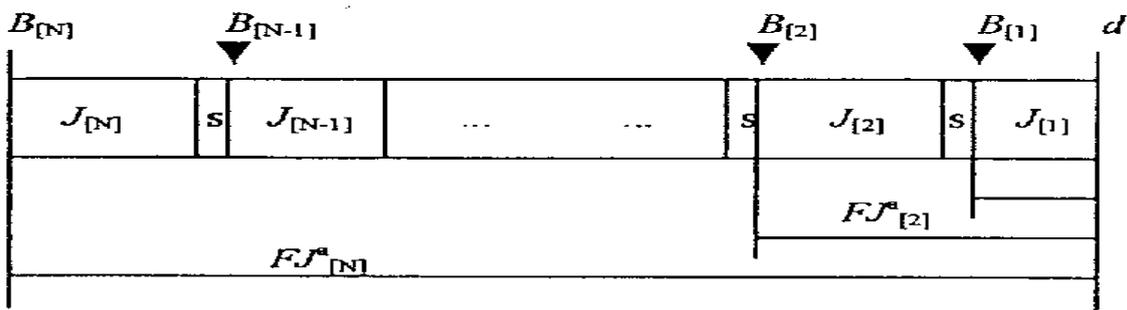
Halim (1993) menyatakan bahwa konsep waktu tinggal aktual sebagai ukuran performansi untuk *shop-time* pertama kali dikemukakan Miyazaki dan Ohta (1987), yaitu waktu yang diperlukan suatu pekerjaan (*job*) di dalam *shop* mulai dari saat dimulainya pemrosesan pekerjaan tersebut sampai *due-date*, atau

$$FJ_{i-}^a = d - B_{i-} \text{ dengan } i = 1, \dots, b \quad (1)$$

dengan d adalah *common due-date* dan B_{i-} adalah saat mulai pemrosesan pekerjaan J_{i-} .

Selanjutnya, Halim (1993) menurunkan formulasi di atas menjadi sebagai berikut: jika diasumsikan waktu *set-up*, s , konstan dan tidak termasuk ke dalam waktu proses pekerjaan, p_i , maka berdasarkan Gambar 1, persamaan (1) dapat dituliskan:

$$FJ_{i-}^a = \left\{ \sum_{j=1}^i (p_j + s) \right\} - s \text{ dengan } i = 1, \dots, b \quad (2)$$



Gambar 1
Waktu Tinggal Aktual Pekerjaan

Bila diketahui ukuran masing-masing *batch*, maka persamaan (2) dapat diformulasikan sebagai berikut. Misalkan terdapat N *batch* dari satu jenis item dengan kuantitas masing-masing *batch* Q_{i-} , $i = 1, 2, \dots, N$, waktu proses satuan tiap *part* adalah t , dan waktu *set-up* antar *batch* adalah s . Jika diasumsikan bahwa *batch* terjadwal datang tepat pada saat proses akan dimulai (B_{i-}), dan semua *part* (dari seluruh *batch*) yang selesai diserahkan sekaligus pada suatu *common due-date*, maka dengan pendekatan mundur waktu tinggal aktual untuk *batch* dapat ditentukan melalui persamaan (2) dengan mengganti waktu proses pekerjaan dengan waktu proses *batch* yang didapat dari perkalian antara ukuran *batch* dengan waktu proses sebuah *part*, atau

$$FL_{i-}^a = \left\{ \sum_{j=1}^i (Q_{j-} + s) \right\} - s \quad (3)$$

Bila semua *part* dalam suatu *batch* datang pada saat yang bersamaan, maka setiap *part* tersebut akan tinggal di *shop* sepanjang FL_{i-}^a

Dengan kata lain waktu tinggal aktual masing-masing *part* sama dengan waktu tinggal aktual *batch*. Jadi, waktu tinggal aktual F_{i-}^a untuk seluruh *part* dalam *batch* L_{i-} dapat dihitung dengan mengalikan waktu tinggal aktual *batch* dengan jumlah *part* dalam *batch* tersebut, sehingga:

$$F_{i-}^a = \left(\left\{ \sum_{j=1}^i (Q_{j-} + s) \right\} - s_i \right) \cdot Q_{i-} \text{ dengan } i = 1, 2, \dots, N \quad (4)$$

Dengan demikian, maka total waktu tinggal aktual untuk seluruh *part* di dalam *shop*:

$$F^a = \sum_{i=1}^N \left(\left\{ \sum_{j=1}^i (Q_{j-} + s) \right\} - s_i \right) \cdot Q_{i-} \quad (5)$$

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan pengembangan model dari penelitian sebelumnya dengan tahapan sebagai berikut:

1. Penelitian Abbas Ras (2013) mengenai model penentuan *due-date* dengan

pendekatan penjadwalan *batch* pada *job shop* dinamis yang memproses multi-item yang sudah mempertimbangkan ketersediaan mesin dan tingkat kualitas dari proses,

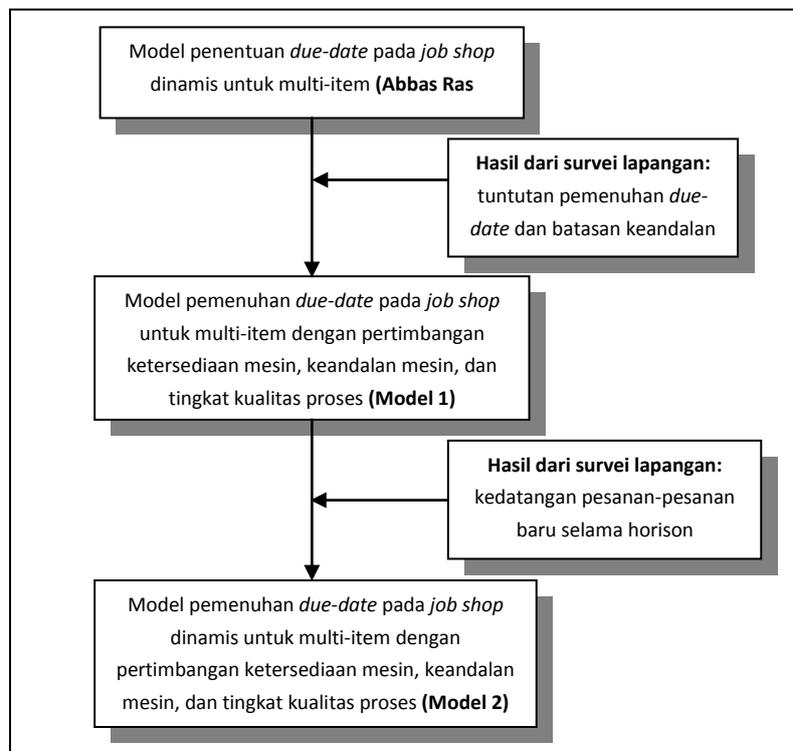
2. Hasil dari survei lapangan yang dilakukan menunjukkan bahwa permasalahan utama yang dihadapi adalah adanya tuntutan pemenuhan *due-date* yang telah ditetapkan oleh pelanggan dan batasan keandalan mesin. Ini menjadi masukan untuk mengembangkan Model 1 yaitu model pemenuhan *due-date* pada *job shop* yang memproses multi-item yang sudah mempertimbangkan aspek ketersediaan mesin, keandalan mesin, dan tingkat kualitas dari proses.
3. Hasil dari survei lapangan juga menunjukkan bahwa sebagian besar industri mengalami dan mendapatkan beberapa pesanan baru selama dilakukannya pembuatan jadwal produksi. Penjadwalan-ulang untuk kasus ini dikembangkan dalam Model 2.

Skema pengembangan model diperlihatkan pada Gambar 2.

Kedatangan pesanan-pesanan baru merupakan hal yang biasa terjadi di industri, maka kondisi ini harus dapat diakomodasi oleh sistem penjadwalan yang dikembangkan. Karenanya, penelitian ini akan membahas penjadwalan pada kondisi yang dinamis, dimana diijinkan terjadinya kedatangan pesanan-pesanan baru pada saat saat manapun di sepanjang horison perencanaan.

Akibat kedatangan pesanan-pesanan baru ini, jadwal yang semula sudah dibuat mungkin memerlukan revisi, sehingga perlu dilakukan suatu evaluasi. Penjadwalan-ulang (*rescheduling*) merupakan jawaban dalam rangka evaluasi kondisi terakhir tersebut.

Aspek yang perlu diperhatikan sebelum melakukan penjadwalan ulang adalah pemeriksaan status mesin yang bertujuan untuk menentukan saat ketersediaan mesin untuk pemrosesan. Salah satu asumsi dalam model penjadwalan yang dikembangkan adalah tidak dibenarkan adanya interupsi terhadap suatu *batch* yang sedang diproses. Artinya, bila pada saat pemrosesan suatu *batch* terjadi kedatangan suatu pesanan baru, maka pemrosesan seluruh *part* dalam *batch* tersebut harus diselesaikan.



Gambar 2
Skema Pengembangan Model

Pada penyusunan jadwal akhir, teknik insersi menyediakan kemudahan yang lebih baik dan sebagaimana dikemukakan oleh Sotskov et al. (1999) bahwa teknik insersi lebih baik daripada aturan prioritas.

Model 1

Sistem yang dibahas pada Model 1 ini adalah sistem manufaktur yang memproduksi beberapa jenis item dengan kedatangan setiap item bersifat statis (dalam pengertian: *due-date* dari tiap item telah diketahui sebelumnya). Pada sistem ini, tiap item memerlukan pemrosesan di beberapa jenis mesin berbeda dengan *routing* yang juga berbeda-beda. Permasalahannya dapat diformulasikan sebagai berikut.

Misalkan terdapat r jenis item dengan indeks $i=1,2,\dots,r$ yang masing-masing dibutuhkan dalam jumlah n_i . Masing-masing item tersebut diproses dalam h_i operasi, $k=1,2,\dots,h_i$, pada suatu sistem produksi *job shop* yang mempunyai v jenis mesin dengan indeks $m=1,2,\dots,v$ dengan waktu *set-up* s_{ikm} dan waktu proses t_{ikm} .

Solusi yang harus dijawab dalam permasalahan tersebut adalah:

- Bagaimana menentukan jumlah *batch*, N_i , dan ukuran *batch*, Q_i dengan $u=1,2,\dots,N_i$, untuk masing-masing item serta menjadwalkannya pada tiap-tiap jenis mesin, dan
- Bagaimana memastikan pemenuhan *due-date* dari masing-masing item.

Model pemenuhan *due-date* pada *job shop* statis untuk kasus multi item diformulasikan sebagai Model 1.

Model 1:

Fungsi tujuan:

$$\text{Minimasi } FJ^a = \sum_{i=1}^r C_i - B_i \quad (6)$$

Dengan pembatas-pembatas:

$$\sum_{u=1}^{N_i} Q_i = n_i ; \forall i \quad (7)$$

$$B_{i1} \geq 0 ; \forall i \quad (8)$$

$$C_{i(k-1)} - B_{ik} \leq 0 ; \forall i, k, u \quad (9)$$

$$B_{ikm} \leq B_{ikm-1} + Q_i^* t_{ikm} - s_{ikm} ; \forall i, k, m, u \quad (10)$$

$$C_{\dots m} - C_{\dots m} + \alpha X_{wy} \geq Q_{\dots}^* t_{\dots m} ; \forall m \quad (11)$$

$$C_{\dots m} - C_{\dots m} + \alpha (-X_{wy}) \geq Q_{\dots}^* t_{\dots m} ; \forall m \quad (12)$$

$$X_{wy} \in \{1\}, Q_i > 0, \text{ dan } N_i \geq 1, \text{ integer} \quad (13)$$

Penjelasan formulasi di atas adalah sebagai berikut:

- Formulasi (6) adalah fungsi tujuan untuk Model 1 yaitu minimasi total waktu tinggal aktual untuk semua item.
- Pembatas (7) merupakan keseimbangan material, artinya jumlah item yang diproduksi pada seluruh *batch* untuk masing-masing item sama dengan jumlah item bersangkutan.
- Pembatas (8) menyatakan saat mulai *batch* pertama operasi pertama untuk masing-masing item harus lebih besar atau sama dengan nol.
- Pembatas (9) menyatakan pemrosesan *batch* pada suatu operasi bisa dilakukan bila pemrosesan pada operasi sebelumnya telah selesai.
- Pembatas (10) menyatakan pemrosesan suatu *batch* harus segera dilakukan bila *batch* sebelumnya telah selesai.
- Pembatas (11) dan (12) menyatakan bahwa setiap mesin hanya dapat memproses satu buah *batch* operasi saja pada suatu saat tertentu.
- Pembatas (13) menyatakan nilai X_{wy} adalah 1 jika L_{i-} mendahului L_{i+} , atau bernilai 0 jika sebaliknya, ukuran *batch* harus bernilai positif, dan jumlah *batch* merupakan bilangan *integer* yang bernilai lebih besar atau sama dengan satu.

Formulasi Model 1 di atas merupakan model yang kompleks karena banyaknya variabel yang terkait. Untuk itu, perlu diusulkan pendekatan heuristik yang mengubah beberapa variabel menjadi parameter, dimana variabel-variabel yang bisa diubah menjadi parameter adalah jumlah *batch* dan urutan pengerjaan *batch* (Halim dan Zaini (2000)). Dengan demikian, sebelum memecahkan formulasi matematis di atas, diperlukan sejumlah iterasi penentuan nilai kedua parameter tersebut yang jumlahnya tergantung pada jumlah dan jenis item serta jumlah stasiun kerja (*multi-stage*).

Telah dijelaskan bahwa formulasi Model 1 untuk menyelesaikan persoalan untuk kondisi statis, yaitu suatu kondisi dimana semua informasi mengenai saat kedatangan dan jumlah

pesanan dalam horison perencanaan telah diketahui sejak saat nol dan diasumsikan tidak ada kedatangan selain pesanan yang telah diketahui.

Untuk mengubah beberapa variabel (jumlah *batch* dan urutan pengerjaan *batch*) menjadi parameter dan untuk mengakomodasikan ketersediaan mesin, keandalan mesin, dan tingkat kualitas proses, disusun serangkaian algoritma yang dapat mengontrol jalannya proses pencarian solusi sehingga lebih terarah.

Secara garis besar, algoritma yang dikembangkan bekerja dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Menentukan jumlah dan ukuran *batch* serta menjadwalkannya untuk pesanan-pesanan yang telah ada (saat $t=0$) dengan cara:
 - Mengurutkan item-item berdasarkan *due-date* yang tidak mengecil.
 - Penentuan jumlah masing-masing item dengan mengakomodasikan tingkat kualitas dari tiap proses.
 - Penentuan jumlah dan ukuran *batch* masing-masing item, dimulai dengan $N_i=2$ sampai didapatkan total waktu tinggal aktual yang minimum.
 - Penjadwalan secara *backward* dengan mengakomodasikan ketersediaan dan keandalan dari tiap jenis mesin.
 - Pengurutan pengerjaan operasi item-item pada mesin yang sesuai dan pemecahan *batch* masing-masing operasi tersebut sesuai dengan Teorema 1 dan Teorema 2.
 - Penggabungan jadwal pada tiap-tiap mesin dengan menggunakan teknik insersi.
- b. Memastikan pemenuhan *due-date* tiap item.

Model 2

Bilamana terdapat kedatangan pesanan-pesanan baru pada saat produksi sedang berjalan, maka digunakan Model 2 dengan Algoritma Penjadwalan *Batch* pada *Job Shop* Dinamis.

Pengujian dan Analisis Model

Untuk mengevaluasi kemampuan dalam memecahkan permasalahan dengan baik, maka algoritma dari kedua model yang telah dikembangkan perlu untuk dilakukan pengujian. Set data pengujian akan dibangkitkan untuk kedua kondisi yang dibahas, yaitu kondisi yang statis (pada Model 1) dan kondisi yang dinamis (pada Model 2).

Pengujian kondisi yang statis pada Model 1 dengan menggunakan set data sistem manufaktur yang memproses 4 jenis item dengan *due-date* dan jumlah yang berbeda-beda serta dikerjakan pada 4 jenis mesin yang berbeda-beda.

Masing-masing item memiliki sebanyak 2 buah operasi produksi yang akan dikerjakan pada 2 jenis mesin yang berbeda. Penentuan ini perlu dilakukan untuk dapat mengakomodasi kompleksitas permasalahan di industri. Kondisi komponen yang memiliki multi-operasi diakomodasi dengan 2 buah operasi produksi, sementara pengerjaan masing-masing operasi pada 2 jenis mesin yang berbeda-beda dimaksudkan untuk tetap dapat menjaga tingkat variabilitas dari permasalahan penjadwalan yang dibahas.

Data waktu *set-up* dan waktu proses (keduanya dalam satuan menit) untuk masing-masing item juga diketahui, dimana besarnya berbeda-beda pada tiap jenis mesin sesuai dengan *routing* dari item bersangkutan. Set data yang dibangkitkan untuk pengujian kondisi yang statis pada Model 1 diperlihatkan pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 4.

Tabel 1
Item dan Jumlah

Item	1	2	3	4
<i>Due-date</i> (menit)	180	460	800	1.750
Jumlah (unit)	30	20	30	15

Tabel 2
Mesin dan Kondisi

Mesin	1	2	3	4
Tingkat Efisiensi	100%	125%	95%	100%
Tingkat Utilisasi	95%	100%	90%	95%
Rata-Rata Periode Kerusakan (menit)	1.140	810	200	900
Rata-Rata Waktu Perbaikan (menit)	15	30	40	20

Tabel 3
Item dan Tingkat Kualitas Proses

Item	1	2	3	4
Mesin	4	3	2	1
Tingkat Kualitas (%)	5	8	10	7

Tabel 4
Data Proses untuk Masing-Masing Item

Item	Operasi	Mesin	Waktu <i>Set-Up</i> (menit)	Waktu Proses (menit/unit)
1	1	4	10	1
	2	3	20	5
2	1	2	25	10
	2	1	45	15
3	1	3	15	5
	2	2	45	15
4	1	1	200	50
	2	4	50	15

Pada saat $t = 1.000$ menit, terdapat data-data seperti pada Tabel 5 sampai dengan kedatangan item-item pesanan baru dengan Tabel 7.

Tabel 5
Item Pesanan Baru dan Jumlah

Item	5	6
<i>Due-date</i> (menit)	1.200	2.100
Jumlah (unit)	30	20

Tabel 6
Item Pesanan Baru dan Tingkat Kualitas

Item	5	6
Mesin	4	3
Tingkat Kualitas (%)	5	8

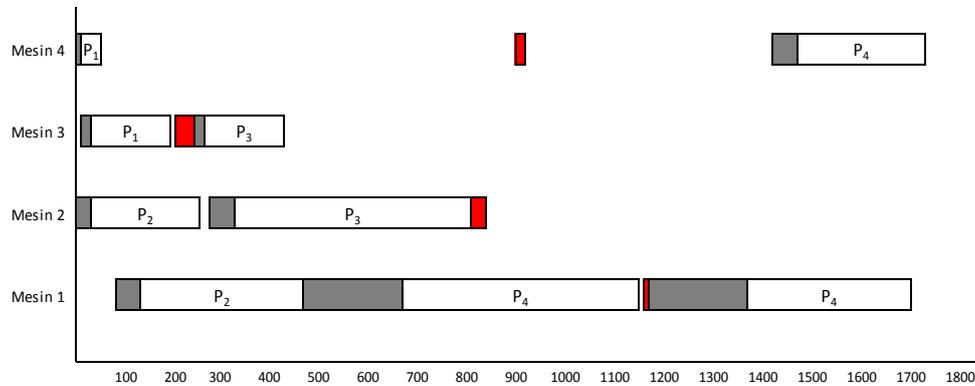
Tabel 7
Data untuk Masing-Masing Item Pesanan Baru

Item	Operasi	Mesin	Waktu <i>Set-Up</i> (menit)	Waktu Proses (menit/unit)
5	1	4	10	1
	2	3	20	5
6	1	2	25	10
	2	1	45	15

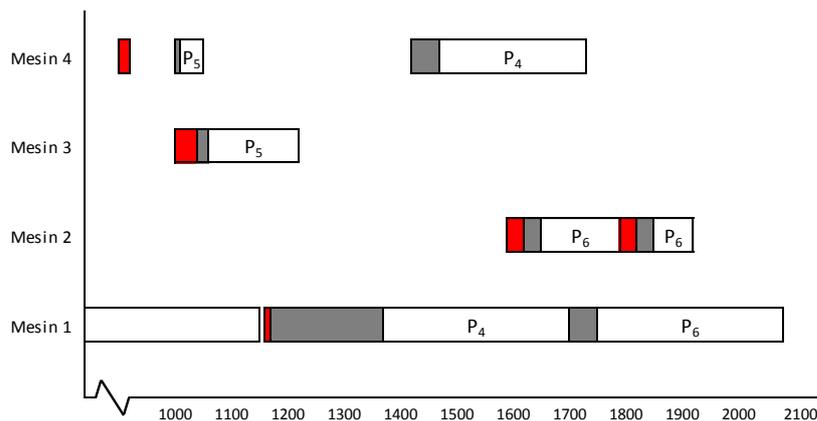
Hasil Pengujian Model dan Analisis

Melalui algoritma Model 1 untuk kondisi yang statis, akan didapatkan jadwal akhir untuk set data yang telah dibangkitkan sebagaimana pada Gambar 3 dibawah ini.

Dengan menggunakan algoritma pada Model 2 untuk kondisi yang dinamis, akan didapatkan jadwal akhir untuk set data yang telah dibangkitkan sebagaimana pada Gambar 4 berikut.



Gambar 3
Gantt-Chart Jadwal Akhir untuk Kondisi Statis



Gambar 4
Gantt-Chart Jadwal Akhir untuk Kondisi Dinamis

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah terdapat dua tahapan dalam pengembangan algoritma yang kemudian diberi nama dalam dua model yang berbeda. Model yang pertama adalah Model 1, yaitu model pemenuhan *due-date* pada *job shop* untuk kasus multi-item yang sudah mempertimbangkan ketersediaan mesin, keandalan mesin, dan tingkat kualitas dari proses. Sementara Model 2 merupakan model yang sama dengan Model 1, namun untuk kasus yang dinamis dengan menggunakan pendekatan teknik insersi. Algoritma yang disusun dalam penelitian ini terdiri dari dua algoritma, yaitu Algoritma Penjadwalan *Batch* pada *Job Shop* Statis dan

Algoritma Penjadwalan *Batch* pada *Job Shop* Dinamis. Algoritma Penjadwalan *Batch* pada *Job Shop* Statis melakukan penentuan jumlah dan ukuran *batch* serta penjadwalan *batch*, sementara Algoritma Penjadwalan *Batch* pada *Job Shop* Dinamis dipergunakan untuk menjawab kedatangan pesanan-pesanan baru dan menyusun penjadwalan *batch*-nya. Set data yang digunakan dalam pengujian model telah diupayakan untuk dapat mengakomodasi berbagai kompleksitas kondisi yang ada di industri. Dari hasil analisis pengujian, terbukti bahwa algoritma yang disusun dapat memecahkan permasalahan yang dihadapi dengan baik. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut dengan beragam modifikasi pada

permasalahan yang dibuat untuk dapat melihat keberlakuan dari algoritma yang telah dikembangkan dalam penelitian ini. Algoritma yang disusun juga terbukti dapat secara efektif mengakomodasi variabilitas dalam faktor ketersediaan mesin, keandalan mesin, dan tingkat kualitas dari proses dalam penyusunan jadwal akhir dan pemenuhan *due-date*.

Daftar Pustaka

- Abbas Ras, "Pengembangan Model Penjadwalan Produksi yang Mempertimbangkan Kondisi Aktual dari Proses", Laporan Penelitian Hibah Internal, Universitas Esa Unggul, Jakarta, 2013
- _____, "Penentuan *Due-date* dengan Model Penjadwalan *Batch* pada *Job Shop* Dinamis Berlingkungan *Just-in-Time*", Proceedings *National Conference on Design and Application of Technology 2004*, Surabaya, Agustus 2004
- Baker, K. R., "Introduction to Sequencing and Scheduling", John Willey & Sons, Inc., New York, 1974
- Bedworth, D.D., and Bailey, J.E., "Integrated Production Control Systems", John Willey & Sons, Inc., New York, 1987
- Dobson, G., Karmarkar, U.S., and Rummel, J.L., "Batching to Minimize Flow Times on One Machines", *Management Science*, Vol. 33, 784-799, 1987
- _____, "Batching to Minimize Flow Times on Heterogeneous Machines", *Management Science*, Vol. 35, 607-613, 1989
- Halim, A.H., "Batching Scheduling for Production System under Just in Time Environment", Doctorate Dissertation, Graduate School of Engineering, Department of Industry, University of Osaka Prefecture, 1993
- Halim, A.H., Ohta, H., "Batch Scheduling Problems of Multiple Items Through the Flow Shop with both Receiving and Delivery Just in Times", *International Journal of Operation Research*, 31, 1943-1955
- Halim, A.H., Miyazaki, S., and Ohta, H., "Lot Scheduling Problems of Multiple Items in Shop with both Receiving and Delivery Just in Time", *Production Planning and Control*, Vol. 5, No. 2, 175-184, 1994
- Halim, A.H., Toha, I.S., Zahedi, Z., and Ohta, H., "Simultaneous Resource Scheduling to Minimize Total Actual Flow Times", *Proceedings of 1998 Pacific Conference on Manufacturing & Management*, Australia, 658-663, 1997
- Halim, A.H., dan Barnali, L., "Model Penjadwalan Batch Dinamis Flow Shop untuk Kasus Multi-Item dengan Kriteria Waktu Tinggal Aktual", *Jurnal Teknik dan Manajemen Industri*, Vol. 18, 14-25, 1998
- Halim, A.H., Hendrawidjaja, M., dan Toha, I.S., "Model Penjadwalan Job Dependen yang Diproses pada Job Shop untuk Meminimasi Total Weighted Earliness", *Jurnal Teknik dan Manajemen Industri*, Vol. 19, No. 2, 21-30, 1999
- Halim, A.H., Toha, I.S., Tejaasih, I., and Ohta, H., "A Dynamic Simultaneous Resource Batch Scheduling Model for A Flow Shop Processing Multiple Items with Multi Due-date to Minimize Total Actual Flow Time", *Proceedings Pacific Conference on Manufacturing – Detroit*, 2000
- Halim, A.H., dan Zaini, E., "Model Penjadwalan Batch dengan Seluruh Sumber Simultan Digunakan pada Sistem Produksi Flow Shop Dinamis untuk Meminimumkan Total Actual Flow Time", *Seminar BKSTI-2000*, Yogyakarta, 7-9 Juli, 2000
- Halim, A.H., Abbas Ras, S. (2002), "Model Penjadwalan *Batch* pada *Job Shop* yang

- Memproses Multi-Item Berstruktur Multi-Level dengan Kriteria Minimasi Waktu Tinggal Aktual”, *Jurnal Teknik dan Manajemen Industri*, Volume 22, Nomor 2.
- Karmarkar, U.S., “*Lot Sizes, Lead Times, and In-process Inventories*”, *Management Science*, Vol. 33, 409-418, 1987
- Kusiak, A., “*Intelligent Manufacturing Systems*”, Prentice Hall, Eaglewood Cliffs, New Jersey, 1990
- Li, R.K., Shyu, Y.T., and Adiga, S., “*A Heuristic Rescheduling Algorithm for Computer-based Production Scheduling Systems*”, *International Journal of Production Research*, Vol. 3, No. 8, 1815-1826, 1993
- Miyazaki, S., and Ohta, H., “*Backward Scheduling to Minimize the Actual Mean Flow Time with Dependent and Independent Setup Times*”, *Proceedings of IX International Conference on Production Research*, 2680-2686, Ohio, 1987
- Nasrul, N., “*Model Penjadwalan Batch dengan Kriteria Waktu Tinggal Aktual pada Sel Manufaktur Fleksibel*”, Tugas Akhir S1, TI-ITB, 1998
- Sotskov, Y.N., Tautenhahn, Y., and Werner, F., “*On The Application of Insertion Techniques for Job Shop Problems with Setup Times*”, *RAIRO Operations Research*, Vol. 33, No. 2, 209-245, 1999
- Wahyudarti, E., “*Penjadwalan Batch Heuristic dengan Metoda Compromize dan Rescheduling pada Kasus Mesin Rusak dan Perubahan Ranking dalam Sistem Produksi Job Shop*”, Tugas Akhir S1, TI-ITB, 1997
- Wahyuni, D., “*Penjadwalan Job Shop dengan Teknik Sisipan*”, Tugas Akhir S2, TMI-ITB, 2000
- Wu, H.H., and Li, R.K., “*A New Rescheduling Method for Computer Based Scheduling Systems*”, *International Journal of Production Research*, Vol. 33, No. 8, 2097-2110, 1995
- Zakaria, R., “*Integrasi Penjadwalan dan Penentuan Ukuran Lot pada Job Shop dalam Lingkungan Sistem Produksi Tepat Waktu*”, Tugas Akhir S1, TI-ITB, 1998