
ALTERNATIF METODE PENJADWALAN PADA MESIN TUNGGAL**Nurfa Anisa**

Abstrak: Perusahaan manufaktur yang memproduksi berdasarkan *order* dari konsumen, maka *output* yang dihasilkan berjumlah tidak tetap. Sehingga perlu dilakukan penjadwalan produksi agar *order* terpenuhi tepat waktu, sesuai dengan perjanjian yang disepakati. Penjadwalan produksi perlu dilakukan karena berkaitan dengan penggunaan mesin yang berjumlah tidak banyak. Tujuan penelitian ini adalah melakukan alternatif penggunaan metode penjadwalan dalam menentukan optimalisasi jadwal operasi mesin produksi, sehingga diperoleh total waktu proses (*makespan*) paling minimum. Penelitian dilakukan pada mesin *press* divisi *Stamping and Tools* di PT Mekar Armada Jaya, Magelang, Jawa Tengah-Indonesia. Metode yang digunakan adalah *Shortest Processing Time* (SPT), *Weighted Shorted Processing Time* (WSPT), *Earlist Due-Date* (EDD), *Slack Time*, dan Algoritma *Hodgson*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perusahaan dapat memilih penggunaan metode penjadwalan pekerjaan sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai. Penjadwalan pekerjaan membantu meminimumkan pekerjaan yang terlambat, sehingga dapat mencapai atau hampir mendekati *due-date* yang sudah ditetapkan.

Kata kunci: Metode penjadwalan, mesin tunggal, *makespan*, *due-date*

Perencanaan produksi berfungsi menentukan batas-batas semua kegiatan yang akan dilakukan perusahaan. Dengan perencanaan yang tepat, maka proses produksi akan berjalan sesuai yang diharapkan. Perencanaan produksi diperlukan dalam pengaturan proses produksi yang bertujuan diantaranya untuk mengurangi waktu tunggu mesin, dan mengurangi keterlambatan waktu penyelesaian produksi (Kusuma, 2002; Nasution dan Prasetyawan, 2008).

Salah satu kegiatan pada perencanaan produksi adalah penjadwalan, yaitu mengalokasikan sumber daya untuk melaksanakan suatu pekerjaan (*job*) pada waktu tertentu. Penjadwalan adalah pengkoordinasian waktu dalam kegiatan berproduksi (Ginting, 2009). Pada penjadwalan mesin produksi, masukannya (*input*) meliputi bagian dan jenis yang dioperasikan, waktu operasi pada tiap operasi, urutan antar operasi, dan fasilitas produksi yang diperlukan pada tiap operasi (Nasution dan Prasetyawan, 2008). Hasilnya (*output*) adalah *dispatch-list*, yaitu daftar yang menunjukkan waktu mulai (*starting time*), urutan proses, dan waktu proses (*completion time*). Penjadwalan produksi sangat diperlukan bagi perusahaan dengan sistem *made-to-order* (produksi berdasarkan pesanan). Sistem tersebut digunakan untuk memproduksi barang yang sesuai dengan permintaan, karena beresiko tidak laku bila perusahaan memproduksi dan menyimpannya (Ginting, 2009).

PT Mekar Armada Jaya yang berlokasi di Magelang, Jawa Tengah-Indonesia merupakan industri manufaktur yang bergerak di bidang otomotif. Memiliki dua divisi utama yaitu divisi karoseri atau pembuatan kerangka kendaraan, dan divisi *Stamping and Tools* yang memproduksi *spare part* kendaraan bermotor dengan spesifikasi sesuai permintaan konsumen. Konsumen utamanya adalah Suzuki, Toyota Motor Manufacturing Indonesia (TMMIN), Mitsubishi Krama Yudha Manufacturing (MKYM), dan Astra Daihatsu Motor (ADM). Proses produksi di divisi *Stamping and Tools* terbagi menjadi tiga *line* produksi yaitu *Small Press*, *Big Press*, dan *Welding and Assembly Production*. Material yang digunakan untuk proses produksi berupa plat logam. Penelitian ini difokuskan pada *line big press*, yaitu suatu lintasan produksi yang menghasilkan produk dimensi besar. Terdapat empat mesin *press* dengan *tonase* berbeda yang digunakan pada *big press*. Salah satunya mesin *press* type 2000 Ts.

Material yang datang dari *Inventory Raw Material (IRM)* di proses sesuai urutan prosesnya di mesin press tersebut. Setelah material melalui proses *stamping* di *line big press*, part dibawa ke *work-center bending*. Kemudian produk yang selesai di proses dibawa ke bagian *Inventory finish part big press*.

Berdasarkan data pada proses produksi menggunakan mesin tunggal, permasalahan yang sering terjadi adalah penumpukan pekerjaan pada mesin. Pekerjaan harus terselesaikan sesuai jadwal, sehingga penumpukan tidak terjadi lebih banyak lagi, karena keterbatasan jumlah mesin tunggal. Demikian juga yang terjadi pada mesin *press* tipe 2000 Ts di divisi *Stamping and Tools* di PT Mekar Armada Jaya. Maka harus dilakukan penjadwalan mesin produksi sehingga arus produksi berjalan sesuai dengan waktu yang direncanakan.

Dari permasalahan diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah memberikan usulan alternatif penggunaan metode penjadwalan dalam menentukan optimalisasi jadwal operasi mesin produksi, sehingga diperoleh total waktu proses (*makespan*) paling minimum.

Tinjauan Pustaka

Penjadwalan

Penjadwalan adalah pengurutan pekerjaan yang dilakukan pada seluruh lintasan produksi yang dikerjakan di beberapa mesin. Penjadwalan melibatkan semua pengerjaan di beberapa mesin yang disebut *job*. *Job* merupakan komposisi sejumlah elemen dasar yang disebut aktivitas atau operasi. Suatu operasi membutuhkan alokasi sumber daya tertentu selama periode waktu tertentu yang disebut waktu proses. Penjadwalan dibagi dua, yaitu penjadwalan jangka pendek, yaitu pengerjaan produk untuk memenuhi permintaan jangka pendek biasanya berdasarkan pesanan atau permintaan pasar, dan penjadwalan jangka panjang yaitu pengerjaan produk yang waktunya bulanan sampai tahunan, (Haming dan Nurnajamuddin, 2011). Penjadwalan di definisikan proses pengorganisasian, pemilihan, dan waktu yang digunakan untuk memanfaatkan sumber daya guna menghasilkan *output* sesuai waktu yang diharapkan. (Morton dan Pentico, 2001). Menurut Conway *et.al* (2001), penjadwalan di definisikan pengurutan seluruh pembuatan produk pada sejumlah mesin. Pengurutan di definisikan proses pembuatan produk pada satu mesin dalam jangka waktu tertentu. *Input* penjadwalan yaitu urutan ketergantungan antar operasi, waktu proses tiap operasi, dan fasilitas yang dibutuhkan.

Dalam Ginting (2009), Krajewski dan Ritzman menyebutkan bahwa penjadwalan adalah cara pengalokasian sumber daya untuk menunjang pelaksanaan suatu aktivitas pengerjaan spesifik. Pengalokasian sumber daya (manusia, mesin, peralatan, dan waktu) bertujuan mewujudkan penggunaan sumber daya secara efektif dan efisien, dan menghasilkan *output* yang tepat waktu, tepat jumlah, dan tepat kualitas. Penjadwalan adalah proses mengalokasikan seluruh sumber daya dan mesin yang ada untuk melakukan pekerjaan dalam waktu tertentu (Baker dan Trietsch, 2009).

Terdapat target penting pengalokasian sumber daya dalam penjadwalan, yaitu jumlah *output* (hasil) dan batas waktu penyelesaian (*due-date*) yang sudah ditetapkan. Kedua target tersebut dinyatakan dalam kriteria minimum *makespan* (seluruh waktu yang diperlukan dalam proses produksi), minimum *mean lateness* (rerata keterlambatan), minimum *number of tardity* (jumlah keterlambatan), dan minimum *mean flow time* (rerata waktu proses) (Bedworth dan Cao, 2002).

Jenis-jenis Penjadwalan

Penjadwalan dapat digunakan untuk penyelesain masalah, diklasifikasikan berdasarkan jumlah mesin dan pekerjaan (Conway, *et.al*, 2001) yaitu:

1. Jumlah mesin yang bekerja

- a. Penjadwalan mesin tunggal
- b. Penjadwalan mesin ganda
- 2. Pola kedatangan pekerjaan
 - a. Statik
 - b. Dinamik
- 3. Sistem informasi
 - a. Informasi deterministik
 - b. Informasi stokastik

Istilah-istilah Penjadwalan

Beberapa istilah dasar yang digunakan dalam penjadwalan (Berdworth dan Cao, 2002)

- a. *Processing Time* (t_{ij})
Atau waktu proses adalah waktu yang diperlukan untuk persiapan dan menyelesaikan pekerjaan ke-i pada mesin ke-j.
- b. *Waiting time* (w_{ij})
Atau waktu tunggu adalah waktu yang diperlukan oleh pekerjaan ke-i sebelum di proses pada mesin ke-j.
- c. *Due-date* (d_i)
Yaitu waktu yang diberikan pada pekerjaan ke-i sebagai batas akhir menyelesaikan pekerjaan.
- d. *Lateness* (L_i)
Atau waktu keterlambatan, yaitu selisih antara waktu penyelesaian (*completion time*) dari pekerjaan dan *due-datenya*.
- e. *Tardiness* (T_i)
Adalah ukuran waktu terlambat, yaitu keterlambatan penyerahan ke konsumen. Jika pekerjaan cepat selesai dari *due-datenya*, maka *tardinessnya* negatif. Dan jika sebaliknya, maka *tardinessnya* bernilai positif.
- f. *Slack Time* (SL_i)
Atau waktu yang tersisa, adalah selisih sisa waktu *due-date* dan *processing time*. Terjadi jika waktu prosesnya lebih kecil daripada *due-datenya*.
- g. *Completion Time* (C_i)
Yaitu waktu antara awal pekerjaan ke-i dimulai dan waktu pekerjaan ke-i selesai.
- h. *Flow Time* (F_i)
Adalah batas waktu antara pekerjaan ke-i siap diproses dan pekerjaan telah selesai. Jadi penjumlahan dari *processing time* dan waktu tunggu.
- i. *Makespan* (M_s)
Yaitu total waktu penyelesaian seluruh pekerjaan mulai urutan awal yang dikerjakan sampai terakhir.

Penjadwalan Mesin Tunggal

Pengurutan (*sequencing*) murni adalah persoalan penjadwalan khusus dimana susunan pekerjaan sangat menentukan jadwal. Kondisi mendasar pada mesin tunggal ditandai beberapa hal (Baker, 1974):

- a. Satu set sejumlah n pekerjaan yang independen siap diproses pada saat nol.
- b. Waktu *set-up* pekerjaan termasuk dalam waktu penyelesaian pekerjaan (*processing time*), tidak tergantung dari urutan pekerjaan.
- c. Perincian pekerjaan diketahui kemajuannya.
- d. Satu mesin tidak pernah mengganggu dan dapat digunakan terus menerus.
- e. Saat pekerjaan diproses, maka harus diselesaikan tanpa interupsi.

Penjadwalan n pekerjaan pada mesin tunggal bertujuan mendapatkan minimum rata-rata *flow-time*. Pencapaian tujuan dilakukan dengan menerapkan aturan prioritas penjadwalan. Aturan pemilihan prioritas pekerjaan berdasarkan kedatangannya dalam sistem. Adapun prosedur pembentukan jadwal pada mesin tunggal adalah:

- a. Langkah pertama berhubungan dengan atribut pekerjaan yaitu beberapa informasi dasar dijadikan variabel-variabel yang digunakan dalam proses pengurutan dan penjadwalan pekerjaan yang ada.
 t_j : jumlah waktu penyelesaian pekerjaan ke- i
 d_i : batas waktu penyelesaian pekerjaan ke- i
 w_i : faktor bobot kepentingan pengerjaan pekerjaan ke- i
- b. Langkah selanjutnya adalah membuat penjadwalan pekerjaan untuk menentukan urutan pekerjaan terdahulu sampai yang terakhir dikerjakan.

Beberapa kriteria aturan prioritas yang digunakan dalam menyelesaikan penjadwalan pekerjaan pada satu mesin (Ginting, 2009):

1. *SPT (Shortest Processing Time)*
 Adalah aturan waktu proses terpendek. Aturan ini akan mendahulukan pekerjaan yang mempunyai waktu proses terpendek, digunakan untuk meminimumkan rata-rata *flow-time* dan meminimumkan rata-rata keterlambatan penyelesaian pekerjaan.
2. *WSPT (Weighted Shortest Processing Time)*
 Adalah aturan waktu proses terpendek dengan pembobot. Aturan ini mendahulukan pekerjaan dengan t_i/w_i yang terkecil agar diperoleh rata-rata *flow-time* dengan pembobot yang minimum.
3. *EDD (Earliest Due-date)*
 Adalah aturan waktu pengerjaan tercepat. Aturan ini mendahulukan pekerjaan yang dapat memenuhi *due-date* paling cepat, sehingga dapat meminimumkan rata-rata keterlambatan positif.
4. *Algoritma Hodgson*
 Aturan ini digunakan untuk meminimumkan jumlah pekerjaan yang terlambat. Langkah-langkahnya adalah :
 - a. Lakukan penjadwalan dengan aturan EDD. Jika tidak ada pekerjaan yang terlambat berarti selesai, jika sebaliknya maka teruskan ke langkah 2.
 - b. Cari pekerjaan yang mengalami keterlambatan pertama, jika tidak ada maka teruskan ke langkah 3.
 - c. Jika pekerjaan yang mengalami keterlambatan pertama berada di posisi ke- i , maka periksa sejumlah i pekerjaan pertama yang memiliki waktu proses terpanjang, selanjutnya keluarkan pekerjaan tersebut dari urutan, kemudian hitung keterlambatan pekerjaan dan kembali ke langkah 2.
 - d. Tempatkan kembali pekerjaan yang dikeluarkan ke urutan terakhir.
5. *Slack Time*
 Adalah aturan kekenduran waktu. Aturan ini mendahulukan pekerjaan yang mempunyai sisa waktu antara *due-date* dan waktu proses yang terkecil sehingga diperoleh minimum keterlambatan pekerjaan.

Formulasi metode penjadwalan

Penjadwalan n pekerjaan pada mesin tunggal menggunakan lima metode dalam memecahkan permasalahan (Bedworth, 2002) yaitu:

- a. SPT

Metode ini bertujuan meminimumkan rata-rata waktu proses (\bar{F}) dan keterlambatan (\bar{L}). Yaitu mendahulukan pekerjaan yang mempunyai waktu proses terpendek di

antara n pekerjaan yang ada, sehingga rata-rata waktu proses dapat diminimumkan. Diperoleh urutan pekerjaan sebagai berikut :

$$t_1 \leq t_2 \leq t_3 \leq \dots \leq t_n$$

Untuk meminimumkan rata-rata waktu proses digunakan rumus:

$$\bar{F}(n/1/\bar{F})$$

$$\bar{F} = \frac{1}{n} [nt_{(1)} + (n-1)t_{(2)} + \dots + 2t_{(n-1)} + t_{(n)}]$$

Dan untuk meminimumkan rata-rata keterlambatan digunakan rumus :

$$\bar{F}(n/1/\bar{F})$$

$$\bar{F} = \frac{1}{n} [nt_{(1)} + (n-1)t_{(2)} + \dots + 2t_{(n-1)} + t_{(n)}]$$

b. WSPT

Metode ini bertujuan meminimumkan rata-rata waktu proses yang dibobot (\bar{F}_w) pada mesin tunggal yaitu ($n/1/\bar{F}_w$). Pekerjaan i mempunyai bobot kepentingan w_i , sehingga waktu prosesnya dengan pembobotan menjadi t_i/w_i . Penjadwalan dilakukan mendahulukan pekerjaan dengan nilai t_i/w_i terkecil, sehingga diperoleh urutan pekerjaan :

$$\frac{t_{(1)}}{w_{(1)}} \leq \frac{t_{(2)}}{w_{(2)}} \leq \dots \leq \frac{t_{(n)}}{w_{(n)}}$$

Untuk meminimumkan rata-rata waktu proses dengan pembobotan digunakan rumus:

$$\bar{F}_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i F_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

c. EDD

Metode ini bertujuan meminimumkan keterlambatan positifnya yaitu ($n/1/\bar{T}$). Penjadwalan dilakukan dengan mendahulukan pekerjaan yang paling cepat memenuhi *due-datenya*, sehingga diperoleh urutan pekerjaan :

$$d_{(1)} \leq d_{(2)} \leq \dots \leq d_{(n)}$$

d. Slack Time

Metode ini bertujuan meminimumkan keterlambatan maksimum. *Lateness* negatif menunjukkan pekerjaan yang baik. Penjadwalan dilakukan dengan mendahulukan pekerjaan yang mempunyai *slack time* ($d_i - t_i$) terkecil, sehingga diperoleh urutan pekerjaan:

$$(d_1 - t_1) \leq (d_2 - t_2) \leq \dots \leq (d_n - t_n)$$

e. Algoritma Hodgson

Metode ini bertujuan meminimumkan jumlah pekerjaan yang terlambat dengan menggunakan aturan EDD. Urutan penjadwalan pekerjaan sama dengan metode EDD yaitu $d_{(1)} \leq d_{(2)} \leq \dots \leq d_{(n)}$, jika semua pekerjaan mempunyai nilai keterlambatan negatif, maka penjadwalan selesai, jika ada nilai keterlambatan positif, maka perlu dilakukan perbaikan. Sehingga diperoleh nilai keterlambatan negatif secara menyeluruh.

METODE

Adapun urutan langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

Identifikasi

Pada tahap ini dipaparkan latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan penelitian, studi lapangan yaitu melakukan *survey* langsung melihat keadaan obyek penelitian di PT Mekar Armada Jaya, Magelang, Jawa Tengah-Indonesia, dan studi literatur untuk mengetahui landasan teori-teori yang digunakan dalam menyelesaikan masalah.

Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan yaitu data *processing time* (t_i), *flow time* (F_i), *due-date* (d_i), *Lateness* (L_i), dan *Slack Time* (S_i) di mesin *press* tipe 2000 Ts.

Pengolahan data

Setelah data yang diperoleh lengkap, langkah berikutnya dilakukan pengolahan data menggunakan rumus dari lima metode, yaitu metode SPT, WSPT, EDD, *Slack Time* dan Algoritma *Hodgson*.

Analisis data

Tahap analisis ini dilakukan setelah diperoleh hasil pengolahan data. Analisis data dapat digunakan untuk memberikan kesimpulan sesuai tujuan yang telah ditetapkan. Selanjutnya diberikan saran untuk bahan masukan dan pertimbangan bagi perusahaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data yang diperoleh dari mesin *press* tipe 2000 Ts di PT Mekar Armada Jaya, Magelang-Jawa Tengah, Indonesia pada divisi *Stamping and Tools* adalah:

Tabel 1. Data penelitian pada mesin *press* tipe 2000 Ts

Job i	t_i (menit)	F_i (menit)	d_i (menit)	L_i (menit)	S_i (menit)
1	145	615	420	195	273
2	307	1484	1260	224	951
3	278	2027	1680	347	1400
4	321	1176	1260	-8368	937
5	263	1748	1680	68	1415
6	238	854	120	-404	1020
7	365	2393	1680	713	1313
8	141	323	420	-95	277
9	181	181	420	-237	237
10	145	470	420	50	273

Sumber: PT Mekar Armada Jaya, Magelang-Jawa Tengah

Dari data di atas dilakukan pengolahan sesuai dengan masing-masing rumus dari lima metode yang digunakan. Hasil pengolahan data tersaji pada tabel 2:

Tabel 2. Perbandingan hasil pengolahan data pada mesin *press* tipe 2000 Ts

Metode	\bar{F}	(\bar{F}_w)	\bar{L}	Jumlah keterlambatan pekerjaan	Maksimum keterlambatan	\bar{T}
SPT	1097,0	1247,726	47,0	5	767	213,8
WSPT	1276,1	1112,454	226,1	6	1667	501,1
EDD	1127,0	1285,726	77,0	5	713	160,2
<i>Slack time</i>	1163,4	1351,272	113,4	6	713	180,0
<i>Hodgson</i>	1310,6	1332,545	260,6	4	1607	510,1

Sumber: Data diolah

Dari hasil perhitungan diperoleh data pada tabel 2, yaitu perbandingan penjadwalan pekerjaan menurut metode SPT, WSPT, EDD, *Slack-Time* dan Algoritma *Hodgson*. Setiap metode memberikan hasil yang berbeda dengan metode lainnya, beberapa metode mempunyai kelebihan pada penanganan kasus tertentu. Misalnya metode SPT lebih efektif digunakan untuk meminimumkan rata-rata waktu proses dan rata-rata

keterlambatan, metode WSPT untuk memperoleh minimum rata-rata waktu proses dengan pembobotan, metode EDD dan *Slack time* untuk meminimumkan maksimum keterlambatan dan minimumkan rata-rata keterlambatan positif, dan metode Algoritma *Hodgson* untuk meminimumkan jumlah pekerjaan yang terlambat.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah bahwa metode penjadwalan pekerjaan pada mesin tunggal sangat perlu dilakukan, karena terbukti dapat meminimumkan total waktu proses (*makespan*). Penjadwalan pekerjaan membantu meminimumkan pekerjaan yang terlambat, sehingga dapat mencapai atau hampir mendekati *due-date* yang sudah ditetapkan. Penjadwalan pekerjaan membantu untuk penentuan penggunaan metode tertentu dan kasus tertentu, dan perusahaan dapat memilih metode sesuai dengan tujuan yang akan dicapai.

SARAN

Disarankan untuk dilakukan penelitian selanjutnya yang membahas optimasi penjadwalan mesin produksi dengan menggunakan metode lainnya, agar diperoleh waktu keterlambatan yang paling minimum, sehingga diperoleh total waktu proses (*makespan*) paling minimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, RK and Trietsch, D. 2009. *Principles Of Sequencing And Scheduling*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Baker, RK. 1974. *Introduction to Sequencing and Scheduling*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Bedworth, DD and Cao, J. 2002. *Flow Shop Scheduling in Serial Multi Product Process With Transfer and set-up Times*. USA: Department of Industrial Engineering. Arizona State University.
- Conway, RW., Maxwell, WL., Miller, LW. 2001. *Theory of Scheduling*. America : Addison-Wesley Publishing Company.
- Ginting, R. 2009. *Penjadwalan Mesin*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Haming, M., dan Nurnajamuddin, M. 2011. *Manajemen Produksi Modern Operasi Manufaktur dan Jasa*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kusuma, H. 2002. *Manajemen Produksi: Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: ANDI.
- Morton, TE., Pentico, DW. 2001. *Heuristic Scheduling Systems*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Nasution, HA dan Prasetyawan, Y. 2008. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.