

ANALISIS PERBANDINGAN PADA PENJADWALAN JOB UNTUK KETEPATAN WAKTU PROSES

PIPIT SARI PUSPITA

Universitas Mojopahit Mojokerto
Jalan Pahlawan Pangreman 4 No. 1 Mojokerto

ABSTRACT

Almost most of company operates based on request (order). The aim of company in industry world is get to complete the customer needs that are the high quality of goods, cheap goods price or finish and delivery product on time. To realize the mention the company must compose production planning hooked on scheduling of production. The scheduling in problems right now, there are excessively long delivery times and the large of total idle time. The Problems cause the height of production cost in company. To overcome the mention will conduct an approach of method that able to give job schedule more precise. The methods are Algorithm Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve, Algorithm Heuristic Dispatching Rule Shortest Processing Time, Algorithm Heuristic Dispatching Rule Longest Processing Time, Algorithm Heuristic Dispatching Rule Earliest Due Date, Algorithm Heuristic Dispatching Rule Slack Time, which one of the method will choose with criteria like minimize makespan, mean tardiness and total of idle time. So is obtained result of new method which give minimize of the criteria is Algorithm Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve for September 2007. With this method company can economize process time (makespan) 2 hours, mean tardiness 3,13 hours and total of idle time 26 hours. For October 2007 obtained new method which give minimize of the criteria is Algorithm Heuristic Dispatching Rule Longest Processing Time. With this method company can economize process time (makespan) 1,5 hours and total of idle time 19,5 hours.

Key words: *job scheduling, makespan, mean tardiness, idle time*

PENDAHULUAN

Hampir sebagian besar perusahaan beroperasi berdasarkan permintaan (*order*). Didalam penelitiannya di tahun 2002, Henry mengatakan bahwa masalah penjadwalan *job shop* merupakan salah satu masalah optimasi kombinatorial nondeterministik dengan waktu polinomial (*NP-complete*) yang paling sulit. Waktu komputasi untuk mencari solusi optimal meningkat secara eksponensial seiring dengan membesarnya nilai parameter masalah (jumlah mesin dan jumlah job). Banyaknya pemakaian mesin yang sama dengan variasi waktu pemakaian yang berbeda dalam penyelesaian semua job yang ada, juga memberikan masalah bagi perusahaan dalam menentukan prioritas pengerjaannya

Hal tersebut juga terkait secara langsung dengan konsumen, permintaan yang variatif dari konsumen menyebabkan perbedaan dalam hal penggunaan bahan baku, urutan pemrosesan dan waktu pemrosesan. Selain itu, konsumen

sebelum melakukan pemesanan terlebih dahulu menentukan spesifikasi produk, dan batas waktu pengiriman. Dengan adanya hal itu menyebabkan perusahaan kesulitan dalam hal penugasan tentang order-order mana yang harus diprioritaskan didalam pemrosesan. Ketidakpastian perusahaan dalam menentukan jadwal pemrosesan produk menyebabkan lamanya waktu penyelesaian job yang mengakibatkan keterlambatan pengiriman produk kepada konsumen.

Berdasarkan kondisi di atas, penjadwalan job merupakan kunci dalam menyelesaikan permasalahan yang terjadi pada CV. Karya Piranti Mandiri. Perusahaan ini merupakan tipe *job shop* dengan jenis produk, urutan pemrosesan, waktu pemrosesan dan batas waktu pengiriman yang variatif. Dalam hal ini akan digunakan pendekatan enam metode, yaitu lima metode usulan dan metode penjadwalan yang sekarang sudah digunakan oleh perusahaan. Dari keenam metode ini akan dipilih salah satu metode berdasarkan kriteria yang

telah ditetapkan, yang diharapkan nantinya dapat memberikan solusi bagi permasalahan yang saat ini dihadapi oleh perusahaan.

Dengan metode baru yang terpilih, diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas kepada perusahaan mengenai jadwal pemrosesan produk, sehingga perusahaan dapat melakukan penghematan waktu penyelesaian job dan jumlah job yang terlambat. Tujuan dari penelitian memilih metode penjadwalan dengan kriteria *makespan*, rata-rata keterlambatan, total waktu menganggur yang paling minimal serta menentukan urutan pengerjaan job dari metode yang terpilih. Penjadwalan (*Scheduling*) merupakan salah satu kegiatan penting dalam perusahaan. Dalam suatu perusahaan industri, penjadwalan diperlukan dalam mengalokasikan tenaga operator, mesin, dan peralatan produksi, urutan proses, jenis produk, pembelian material, dan sebagainya.

Penjadwalan adalah pengaturan waktu dari suatu kegiatan operasi. Penjadwalan mencakup kegiatan mengalokasikan fasilitas, peralatan ataupun tenaga kerja bagi suatu kegiatan operasi dan menentukan urutan pelaksanaan kegiatan operasi. Penjadwalan merupakan bagian fungsi pengawasan produksi yang menentukan waktu kapan setiap kegiatan yang dicantumkan dalam *route sheet* harus dilaksanakan pada mesin tertentu agar tanggal pengiriman dapat dipenuhi. Berdasarkan tanggal penyelesaian barang ini seksi penjadwalan bekerja kemuka menentukan tanggal mulai setiap pekerjaan (Reksohadiprodjo, 1994).

Untuk memastikan bahwa suatu aliran kerja yang lancar akan melalui tahapan produksi, maka sistem penjadwalan harus membentuk aktivitas-aktivitas output sebagai berikut. Pembebanan (*Loading*). Pembebanan melibatkan penyesuaian kebutuhan kapasitas untuk order-order yang diterima/diperkirakan dengan kapasitas yang tersedia. Pembebanan dilakukan dengan menugaskan order-order pada fasilitas-fasilitas operator, dan peralatan tertentu. Pengurutan (*Sequencing*). Pengurutan ini merupakan penugasan tentang order-order mana yang diprioritaskan untuk diproses dahulu bila suatu fasilitas harus memproses banyak job.

Prioritas job (*Dispatching*). Prioritas Job merupakan prioritas kerja tentang job-job mana

yang diseleksi dan diprioritaskan untuk diproses. Pengendalian kinerja penjadwalan. Pengendalian kinerja penjadwalan dilakukan dengan: Meninjau kembali status order-order pada saat melalui sistem tertentu dan Mengatur kembali urutan-urutan, misalnya: expediting order-order yang jauh dibelakang atau yang mempunyai prioritas utama. Updating Jadwal. Updating jadwal dilakukan sebagai refleksi kondisi operasi yang terjadi dengan merevisi prioritas-prioritas. (Nasution, Arman Hakim, 1999).

Bedworth (1987) mengidentifikasi beberapa tujuan dari aktivitas penjadwalan adalah sebagai berikut: Meningkatkan penggunaan sumber daya atau mengurangi waktu tunggunya, sehingga total waktu proses dapat berkurang, dan produktivitas dapat meningkat; Mengurangi persediaan barang setengah jadi atau mengurangi sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumber daya yang ada masih mengerjakan tugas yang lain. Teori *Baker* mengatakan, jika aliran kerja suatu jadwal konstan, maka antrian yang mengurangi rata-rata waktu alir akan mengurangi rata-rata persediaan barang setengah jadi; dan Mengurangi beberapa keterlambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian sehingga dapat menurunkan biaya keterlambatan (*pinalty cost*) (Baker, 1984). Ukuran keberhasilan dari suatu pelaksanaan aktivitas penjadwalan adalah meminimasi kriteria-kriteria keberhasilan sebagai berikut: 1) *Makespan*; 2) Rata-rata kelambatan (*mean tardiness*); 3) Jumlah job yang terlambat; 4) Rata-rata waktu alir (*mean flow time*); 5) Jumlah mesin yang menganggur; dan Jumlah persediaan.

Meminimasi *makespan*, misalnya, dimaksudkan untuk meraih utilisasi yang tinggi dari peralatan dan sumber daya dengan cara menyelesaikan seluruh job secepatnya. Meminimasi *waktu alir* akan mengurangi persediaan barang setengah jadi, sedangkan meminimasi jumlah job yang menganggur berarti akan meminimasi nilai dari maksimum *ukuran keterlambatan*. Ke semua kriteria keberhasilan pelaksanaan penjadwalan tersebut adalah dilandasi keinginan untuk memuaskan konsumen dan efisiensi biaya internal perusahaan. (Nasution, *et al.*, 1999).

Jenis dari penjadwalan produksi akan sangat bergantung pada hal-hal sebagai berikut: 1) Jumlah

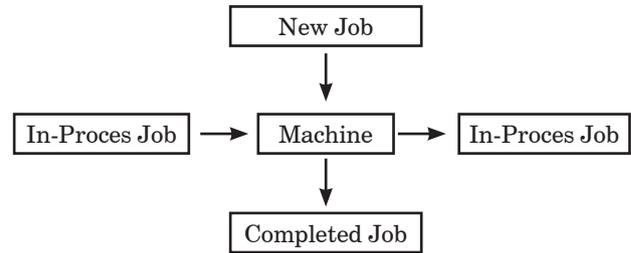
job yang akan dijadwalkan; 2) Jumlah mesin yang dapat digunakan; 3) Ukuran dari keberhasilan pelaksanaan penjadwalan; 4) Cara job datang; dan 5) Jenis aliran proses produksi.

Jumlah job yang dijadwalkan mungkin terdiri dari 1, 2, 3 sampai n job, demikian juga dengan jumlah mesin yang dapat digunakan. Cara job datang dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: statis dan dinamis. Cara job datang statis adalah bila tidak ada job yang datang pada saat jadwal dilaksanakan. Cara job datang dinamis adalah bila ada job yang datang pada saat jadwal dilaksanakan sehingga perlu dibutuhkan jadwal baru.

Jenis dari aliran proses produksi yang digunakan sangat memengaruhi permasalahan yang akan terjadi pada saat penjadwalan produksi. Karena penjadwalan digunakan untuk mengatur aliran kerja yang melalui suatu sistem, maka faktor kunci yang mendominasi strategi penjadwalan adalah jenis aliran dari desain prosesnya. Jadi, pemilihan metode penjadwalan tergantung apakah tipe aliran yang digunakan merupakan *flow shop* atau *job shop*.

Penjadwalan produksi pada tipe *job shop* relatif lebih rumit jika dibandingkan dengan penjadwalan *flow shop*, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor berikut. 1) *Job shop* menangani variasi produk yang sangat banyak, dengan pola aliran yang berbeda-beda; 2) Peralatan pada *job shop* digunakan secara bersama-sama oleh bermacam-macam produk dalam prosesnya; 3) Job-job yang berbeda ditentukan oleh prioritas yang berbeda pula, hal ini mengakibatkan order tertentu yang dipilih harus diproses seketika.

Aliran kerja pada model *job shop* yang tidak satu arah, dapat dideskripsikan melalui aliran input dan output sebagaimana tercantum pada Gambar 1. Faktor-faktor tersebut di atas menghasilkan



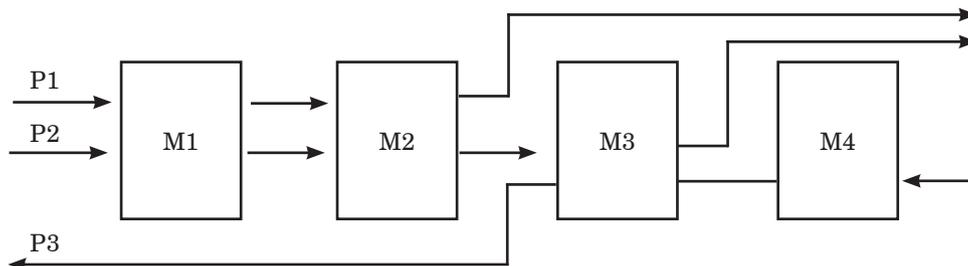
Gambar 1. Kerja mesin untuk Job Shop (Baker, 1984, hal 178).

sangat banyak kemungkinan kombinasi dari pembebanan dan urutan-urutan. Perhitungan dari identifikasi dan evaluasi jadwal-jadwal yang mungkin terjadi sangat sulit, sehingga banyak perhatian diarahkan pada riset penjadwalan *job shop*. Selain itu, persiapan suatu penjadwalan *job shop* memerlukan penyesuaian dan pembaharuan dengan biaya yang sangat besar.

Bentuk atau pola aliran dari tipe *job shop* adalah dapat disimak pada Gambar 2. Berikut ini adalah beberapa karakteristik pada penjadwalan *job shop*: Karakteristik Job. Setiap job yang telah diproses pengerjaannya pada suatu mesin harus diselesaikan. Setiap job tidak boleh diproses lebih dari satu mesin pada waktu yang bersamaan. Setiap job dikerjakan menurut urutan (*rotating*) yang telah disusun, dan tidak berdasarkan urutan lainnya. Setiap job boleh diproses lebih dari satu kali pada mesin yang sama.

Karakteristik mesin. Setiap mesin hanya memproses satu job pada saat tertentu. Setiap mesin dalam keadaan baik dan peralatan penunjang produksi lainnya tersedia. Setiap mesin secara kontinu siap untuk dibebani job selama proses penjadwalan.

Karakteristik waktu proses. Waktu proses telah diketahui. Setiap waktu proses secara implicit



Gambar 2. Contoh pola aliran Job Shop

sudah termasuk waktu pemindahan benda kerja, setup dan penghentian mesin.

Besarnya waktu setup tidak tergantung pada operasi sebelumnya di suatu mesin. Secara umum masalah penjadwalan produksi dinyatakan sebagai berikut. Terdapat n buah job $\{J_1, J_2, \dots, J_n\}$ yang akan diproses pada m buah mesin $\{M_1, M_2, \dots, M_m\}$. Waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan job J_i pada mesin M_j (operasi O_{ij}) adalah t_{ij} . Masalahnya adalah menentukan urutan pengerjaan yang menghasilkan solusi terbaik berdasarkan kriteria tertentu. Dalam penelitian ini, kriteria yang digunakan adalah lama waktu total penyelesaian seluruh job *completion time* atau *makespan*. Asumsi berikut digunakan dalam penelitian ini.

Pada waktu $t = 0$, seluruh job sudah siap untuk dikerjakan. Tipe masalah *job shop* seperti ini disebut juga masalah *job shop* statis.

Semua job harus melewati semua mesin, sehingga jumlah operasi dalam tiap job adalah sama, yaitu sama dengan jumlah mesin. Operasi-operasi dalam suatu job mempunyai urutan pengerjaan (*routing*) tertentu dan tidak ada *routing* alternatif untuk tiap job. Tiap operasi hanya dapat dikerjakan oleh satu mesin tertentu sesuai dengan *routing*-nya. Tidak ada penghentian operasi yang sedang dikerjakan.

Pada suatu waktu tertentu setiap job hanya dapat dikerjakan pada satu mesin tertentu. Demikian pula, pada suatu waktu tertentu setiap mesin hanya dapat mengerjakan satu operasi dari satu job dan tidak terdapat mesin paralel.

Waktu proses, *routing*, *due date*, dan kriteria performansi bersifat deterministik (sudah ditetapkan sebelumnya dan tidak berubah). Waktu *setup* mesin dan waktu transportasi job antarmesin diabaikan. Mesin selalu tersedia dan tidak pernah mengalami kerusakan. Sumber-sumber lain di luar mesin tidak diperhatikan. Masalah *job shop* dengan m mesin n job akan menghasilkan $(n!)^m$ buah kemungkinan solusi atau jadwal, namun tidak semua jadwal tersebut layak digunakan. Sebuah jadwal dikatakan valid jika urutan pengerjaan operasi-operasi dalam suatu job memenuhi *routing* yang telah ditetapkan, dan tidak ada *overlap* waktu pengerjaan dari operasi-operasi yang dikerjakan pada mesin yang sama. Masalah *job shop* berhasil

diselesaikan jika waktu awal pengerjaan dari setiap.

Operasi telah diperoleh dan kedua syarat di atas dipenuhi. Untuk mendeskripsikan masalah *job shop*, digunakan notasi:

- $V = \{0, 1, \dots, n\}$ ialah himpunan operasi; operasi 0 dan n adalah operasi *dummy* untuk 'mulai' (*start*) dan 'selesai' (*finish*). Misalnya untuk masalah 3-job 3-mesin, operasi-operasi diberi nomor mulai dari 1 (operasi pertama pada job ke-1) sampai dengan 9 (operasi terakhir pada job ke -3).
- M = Himpunan mesin
- A = Himpunan pasangan operasi yang berurutan dalam suatu job
- E_k = Himpunan pasangan operasi yang dikerjakan pada mesin k
- p_i = Waktu pengerjaan dari operasi i
- t_i = Titik waktu di mana operasi i mulai dikerjakan

Formulasi masalah penjadwalan *job shop* adalah sebagai berikut:

minimasi t_n

$$t_i \leq 0 \quad \forall i \in V \quad (1)$$

$$t_j - t_i \leq p_{(i,j)} \quad \forall (i,j) \in A \quad (2)$$

$$t_j - t_i \leq p_{(i,j)} \quad \forall (i,j) \in E_k, k \in M \quad (3)$$

Representasi *graph* berarah (*directed graph*) sangat sesuai untuk digunakan dalam pemodelan masalah penjadwalan *job shop*. *Graph* ini dinotasikan dalam bentuk:

$$G = \{V, A, E\}$$

V = Himpunan *node* (simpul) yang mewakili operasi-operasi

A = Himpunan busur *conjunctive* yang menghubungkan operasi-operasi dalam suatu job tertentu

E = Himpunan busur *disjunctive* yang menghubungkan operasi-operasi pada mesin yang sama Gambar 1 merupakan *graph* yang mewakili masalah *job shop* 4-mesin 5-job (15 operasi dengan 2 operasi *dummy*). *Node-node* dalam *graph* merupakan anggota himpunan V . Tiap *node* dalam *graph* mewakili satu operasi. Dalam contoh ini, jumlah operasi dalam tiap job tidak sama (bervariasi antara 2 dan 3 operasi per job). *Node* 0 dan *node*

14 (*node ke-n*) adalah operasi-operasi fiktif (*dummy*) yang mewakili operasi awal (*start*) dan akhir (*finish*).

Operasi-operasi dalam satu job dihubungkan oleh busur-busur *conjunctive* (garis tidak putus-putus dalam *graph G*), yang merupakan anggota himpunan A. Busur-busur ini merepresentasikan kondisi (2) dalam formulasi masalah *job shop* di atas. Urutan pengerjaan operasi dalam satu job ditunjukkan oleh arah panah. Urutan ini tidak dapat diubah. Job ke-1 terdiri atas operasi 1 dan 2; job ke-2 terdiri atas operasi 3, 4, dan 5; demikian seterusnya. *Predecessor* langsung (operasi yang mendahului) dari operasi 4 dalam job ke-2 adalah operasi 3. *Successor* langsung (operasi yang mengikuti) dari operasi 9 dalam job ke-4 adalah operasi 10. Operasi-operasi yang dikerjakan oleh satu mesin dihubungkan oleh busur-busur *disjunctive* (garis putus-putus dalam *graph G*), yang merupakan anggota himpunan E. Busur-busur ini merepresentasikan kondisi (3) dalam formulasi masalah *job shop* di atas. Dalam *graph* tersebut, urutan pengerjaan operasi pada tiap mesin belum ditentukan. Operasi 1, 3, 6, dan 9 dikerjakan oleh mesin ke-1; operasi 2, 5, dan 7 dikerjakan oleh mesin ke -2; demikian seterusnya. (Panggabean, 2002).

Pengukuran penjadwalan job adalah meminimasi kriteria-kriteria sebagai berikut. Rata-rata waktu arus (\bar{F}). Kriteria ini mengukur jumlah waktu rata-rata yang dihabiskan suatu pekerjaan dalam sistem. Meminimalkan rata-rata waktu arus tepat bila menginginkan tingkat sediaan barang setengah jadi yang rendah. Perputaran yang cepat dapat memberikan keunggulan bersaing bagi perusahaan bilamana pelanggan peka terhadap penyerahan barang segera.

Rata-rata waktu arus dirumuskan:

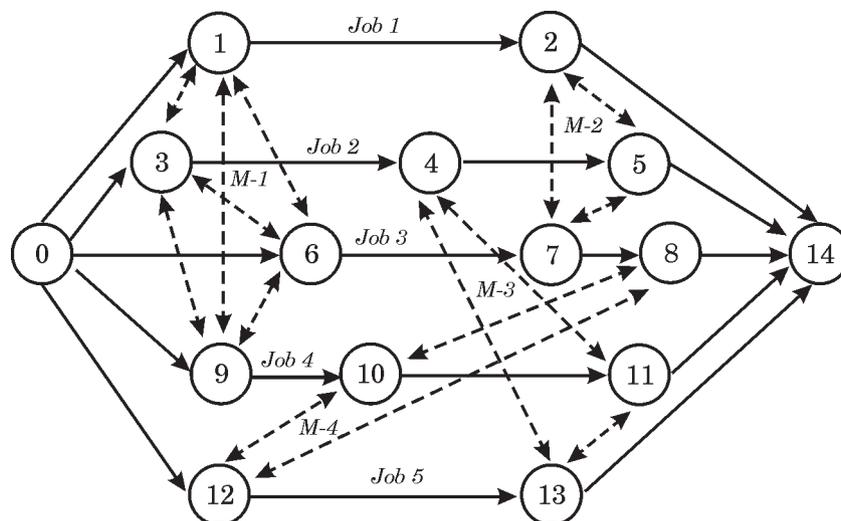
$$\bar{F} = \frac{F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n}{n}$$

Keterangan:

F = waktu penyelesaian setiap job

n = jumlah job

Rata-rata keterlambatan atau *Mean Tardiness* (\bar{T}). Meminimasi kriteria ini berguna bilamana fungsi sasaran perusahaan mencakup penalti persatuan waktu, jika penyelesaian pekerjaan tertunda melampaui saat jatuh tempo yang telah ditetapkan. Selain itu juga dapat meningkatkan rasa percaya diri dari pelanggan kepada perusahaan tersebut.



Gambar 3. Contoh representasi graph untuk masalah Job Shop

Rata-rata keterlambatan dirumuskan:

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i$$

Keterangan:

T_i = keterlambatan pekerjaan ke- i

n = jumlah job

Meminimasi *makespan* dimaksudkan untuk meraih utilisasi yang tinggi dari peralatan dan sumber daya dengan cara menyelesaikan seluruh job secepat mungkin.

Waktu menganggur atau *idle time*. Adalah waktu kerja yang tidak dapat dimanfaatkan secara efektif. Faktor penyebab adanya waktu menganggur diantaranya adalah karena belum adanya job yang siap dikerjakan oleh mesin ataupun operator. Jumlah pekerjaan yang terlambat. Kriteria ini menghitung jumlah total pekerjaan yang terlambat atau tidak dapat diselesaikan sesuai jatuh tempo.

Jumlah persediaan bahan baku Elwood *et al.*, 1997). *Dispatching* merupakan fungsi yang bertanggung jawab dalam membuat inialisasi produksi, yang akan mengeluarkan perintah kerja ke bagian produksi pada waktu tertentu. Material diminta dari bagian pengendalian material dan dilakukan pengaturan kembali, yaitu dengan mengubah proses produksi sesuai dengan produksi item baru.

Aturan-aturan pengurutan diaplikasikan untuk seluruh job yang sedang menunggu dalam antrian. Bila pusat kerja telah kosong untuk satu job, maka job dengan prioritas tertinggi akan diproses lebih dahulu. Pemilihan prioritas pengurutan (*sequencing*) harus mempertimbangkan efisiensi penggunaan fasilitas dengan kriteria antara lain biaya setup, biaya persediaan, waktu menganggur pada stasiun kerja, prosentase waktu menganggur, rata-rata jumlah job yang menunggu, dan lain sebagainya.

Beberapa aturan *dispatching* adalah: random, pemilihan operasi dilakukan secara acak, dan jatuh tempo terdini pertama (*Earliest Due Date*). Di sini prioritas diberikan kepada pekerjaan dengan jatuh tempo paling dini. Jadi pekerjaan dengan jatuh tempo paling awal akan didahulukan begitu seterusnya. Pertama datang pertama dilayani (*First Come First Serve, FCFS*).

Prioritas diberikan kepada pekerjaan yang pertama datang di mesin. Terakhir datang pertama dilayani *Last Come First Serve* (LCFS). Prioritas diberikan kepada pekerjaan yang terakhir datang di mesin. Waktu pemrosesan tersingkat (*Shortest Processing Time, SPT*). Prioritas diberikan kepada pekerjaan dengan waktu pemrosesan paling singkat di mesin yang bersangkutan. Waktu senggang terkecil/tersingkat (*slack time*).

Prioritas diberikan kepada pekerjaan yang waktu senggangnya terkecil. Waktu senggang (*slack*) adalah selisih antara waktu jatuh tempo (*due date*) dan lama pengerjaan suatu pekerjaan.

Sisa pekerjaan paling sedikit *Least Work Remaining* (LWR). Prioritas diberikan pada pekerjaan dengan jumlah pemrosesan total tersisa yang masih harus dikerjakan paling sedikit (Morton dan Pentico, 1993). Kelebihan aturan *dispatching*: sangat sederhana untuk menerapkan, cepat, dapat menemukan suatu solusi baik secara layak di suatu waktu yang relatif singkat, optimal untuk kasus-kasus yang bersifat khusus.

Kekurangan aturan *dispatching*: Penggunaan terbatas dalam praktik, dapat menemukan solusi tidak baik yang tidak terduga, namun sering kali aturan *dispatching* dapat memberikan solusi yang lebih baik.

Pada algoritma *Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve, LCFS*, prioritas penjadwalan dari operasi suatu job didasarkan pada pekerjaan yang paling terakhir datang di mesin.

Jadi pekerjaan yang terakhir datang di mesin akan didahulukan dibanding dengan operasi yang lain. Penjadwalan dengan algoritma ini diharapkan akan meminimalkan rata-rata keterlambatan (*mean tardiness*) dan rata-rata waktu tunggu.

Contoh penjadwalan produksi dengan menggunakan algoritma heuristic *dispatching rule Last Come First Serve, LCFS*.

METODE

Data dikumpulkan dengan cara pengamatan langsung pada proses produksi dan menanyakan secara langsung pada staf perusahaan. Data-data yang dikumpulkan dalam penyelesaian studi kasus ini adalah antara lain: 1) Data jenis produk yang diproduksi; 2) Data permintaan produk

beserta waktu jatuh tempo (*due date*); 3) Di sini yang dikumpulkan adalah data mengenai jumlah permintaan untuk setiap produk beserta waktu jatuh tempo (*due date*); dan 4) Data jenis mesin yang digunakan.

Pendataan mengenai jenis mesin yang saat ini digunakan, jumlahnya serta fungsi masing-masing dalam proses produksi.

Pendataan mengenai urutan proses pengerjaan untuk setiap produk atau job, beserta mesin yang akan dilewati dan waktu pemrosesannya pada tiap mesin.

Penentuan *matrix roating processing time* dan urutan produksi. Pada tahap ini merupakan proses untuk pembuatan matriks dari waktu standart yang akan dipergunakan dalam penyusunan jadwal produksi, baik sesuai ketetapan perusahaan ataupun metode-metode baru yang akan dilakukan percobaan. Pembuatan matriks ini diperoleh dari waktu standart masing-masing job pada mesin yang sudah disesuaikan dengan jumlah permintaan yang terjadi selama kurun waktu yang sudah ditentukan.

Penyusunan penjadwalan pengerjaan job. Pada tahap ini akan dilakukan penyusunan jadwal produksi baik sesuai prosedur perusahaan ataupun dengan metode baru.

Penyusunan jadwal pengerjaan job sesuai ketetapan perusahaan. Pada tahap ini akan dilakukan proses penjadwalan produksi untuk masing-masing job dengan prosedur penjadwalan yang telah ditetapkan oleh perusahaan, yaitu Algoritma *heuristic dispatching rule First Come First Serve* (FCFS), kemudian dilakukan perhitungan mengenai *makespan*, rata-rata keterlambatan (*Mean Tardiness, \bar{T}*), dan total waktu menganggur (*idle time*).

Penyusunan jadwal pengerjaan job dengan lima metode. Pada tahap ini akan dilakukan penjadwalan dengan menggunakan Lima metode, yaitu sebagai berikut.

Algoritma *heuristic dispatching rule Last Come First Serve* (LCFS). Pada algoritma ini, prioritas penjadwalan dari operasi suatu job didasarkan pada pekerjaan dengan waktu pemrosesan paling singkat di mesin yang bersangkutan, kemudian dilakukan perhitungan mengenai *makespan*, rata-rata keterlambatan (*Mean Tardiness, \bar{T}*), dan total waktu menganggur (*idle time*).

Algoritma *heuristic dispatching rule Shortest Processing Time*, SPT. Pada algoritma ini, prioritas penjadwalan dari operasi suatu job didasarkan pada pekerjaan dengan waktu pemrosesan paling singkat di mesin yang bersangkutan, kemudian dilakukan perhitungan mengenai *makespan*, rata-rata keterlambatan (*Mean Tardiness, \bar{T}*), dan total waktu menganggur (*idle time*).

Algoritma *heuristic dispatching rule Longest Processing Time*, LPT. Pada algoritma ini, prioritas penjadwalan dari operasi suatu job didasarkan pada pekerjaan dengan waktu pemrosesan paling singkat di mesin yang bersangkutan, kemudian dilakukan perhitungan mengenai *makespan*, rata-rata keterlambatan (*Mean Tardiness, \bar{T}*), dan total waktu menganggur (*idle time*).

Algoritma *heuristic dispatching rule Earliest Due Date*, EDD. Pada algoritma ini, prioritas penjadwalan dari operasi suatu job didasarkan pada pekerjaan dengan waktu jatuh tempo paling awal di mesin yang bersangkutan, kemudian dilakukan perhitungan mengenai *makespan*, rata-rata keterlambatan (*Mean Tardiness, \bar{T}*), dan total waktu menganggur (*idle time*).

Algoritma *heuristic dispatching rule Slack Time*. Pada algoritma ini, prioritas penjadwalan dari operasi suatu job didasarkan pada pekerjaan dengan waktu senggang terkecil. Jika ada suatu pekerjaan yang mempunyai waktu senggang sama, maka prioritas diberikan kepada pekerjaan yang mempunyai waktu proses tersingkat pada mesin yang bersangkutan, kemudian dilakukan perhitungan mengenai *makespan*, rata-rata keterlambatan (*Mean Tardiness, \bar{T}*), dan total waktu menganggur (*idle time*).

Perbandingan kriteria pengukuran untuk semua metode. Pada tahap ini, akan dilakukan perbandingan mengenai berbagai kriteria yang digunakan sebagai tolak ukur pemilihan metode penjadwalan yang lebih tepat. Kriteria yang akan dibandingkan adalah: *makespan*, rata-rata keterlambatan (*mean tardiness*), dan Waktu menganggur (*idle time*).

Suatu metode dianggap lebih baik jika memberikan penghematan dalam semua kriteria jika dibandingkan metode lain.

Penetapan metode terpilih beserta jadwal pengerjaan job. Pada tahap ini, akan dilakukan suatu penetapan ataupun rekomendasi mengenai

metode yang memberikan jadwal pengerjaan job yang dapat meminimumkan makespan, rata-rata keterlambatan (*mean tardines*, \bar{T}), dan total waktu mengganggu (*idle time*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini jadwal pengerjaan awal disesuaikan dengan pengerjaan yang ada pada perusahaan. Di mana perpindahan produk dari mesin ke mesin tidak harus menunggu sampai semua produk pada job tersebut diselesaikan. Semisal: pengerjaan job 1 pada mesin 1 sebanyak 3 unit. Untuk pindah pada mesin berikutnya tidak harus menunggu sampai ketiga produk tersebut diselesaikan. Tetapi bisa langsung pindah ke proses berikutnya setelah produk pertama selesai, dengan tidak mengubah urutan pengerjaan maka hasil dari program Qs di atas dimodifikasi dan disesuaikan dengan pengerjaan pada perusahaan dengan bantuan program M.S. Excel. Di mana pengerjaan pada semua mesin (kecuali mesin 1, 2 dan 3. Karena pengerjaan pada ketiga mesin tersebut masih sama) mulai dikerjakan setelah 1 produk selesai dikerjakan pada mesin sebelumnya. Contohnya pada pengerjaan di mesin 6, di mana proses dimulai setelah jam ke 4,5 yaitu setelah ketiga produk selesai dikerjakan pada mesin 3. Sedangkan pengerjaan pada perusahaan dimulai pada jam ke-3,5, yaitu setelah 1 produk selesai dikerjakan pada mesin 3. Perlakuan yang sama juga berlaku pada semua mesin pada proses-proses berikutnya. Hasil pengerjaan dengan menggunakan M.S. Excel:

Demikian pula untuk pengerjaan job-job yang lain pada semua metode yang digunakan dimodifikasi dengan perlakuan yang sama.

Analisis perbandingan metode penjadwalan untuk semua kriteria pengukuran. Pada tahap ini akan dilakukan analisis perbandingan kriteria pengukuran untuk semua metode penjadwalan. Kriteria pengukuran yang akan dibandingkan adalah sebagai berikut: makespan, rata-rata keterlambatan, dan total waktu mengganggu.

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa *Algoritma Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve (LCFS)* mempunyai hasil paling minimum dibandingkan dengan metode lainnya. Langkah selanjutnya akan dilakukan perhitungan besarnya penghematan *Algoritma*

Tabel 1. Hasil Perhitungan dengan Excel

Job	Mesin	Jumlah unit	Proces	Awal	Akhir
1	1	1	0.5	0	0.5
		2	0.5	0.5	1
		3	0.5	1	1.5
	2	1	0.5	1.5	2
		2	0.5	2	2.5
		3	0.5	2.5	3
	3	1	0.5	3	3.5
		2	0.5	3.5	4
		3	0.5	4	4.5
	6	1	0.5	3.5	4
		2	0.5	4	4.5
		3	0.5	4.5	5
	8	1	2	4	6
		2	2	6	8
		3	2	8	10
	4	1	21	6	27
		2	21	27	48
		3	21	48	69
	5	1	4	27	31
		2	4	48	52
		3	4	69	73
	10	1	2	31	33
		2	2	52	54
		3	2	73	75
	9	1	0.33	33	33.33
		2	0.33	54	54.33
		3	0.33	75	75.33
	13	1	1	33.33	34.33
		2	1	54.33	55.33
		3	1	75.33	76.33

Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve (LCFS) jika dibandingkan dengan metode lainnya.

Besarnya penghematan *Algoritma Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve (LCFS)* jika dibandingkan dengan metode yang diterapkan perusahaan untuk bulan September 2007 adalah sebagai berikut.

Untuk kriteria makespan, metode ini mampu menghemat waktu 2 jam. Untuk kriteria rata-rata keterlambatan, metode ini mampu menghemat waktu 1,13 jam/job. Untuk kriteria total waktu mengganggu, metode ini mampu menghemat waktu 26 jam.

Analisis perbandingan metode penjadwalan untuk semua kriteria pengukuran pada bulan oktober 2007. Pada tahap ini akan dilakukan analisis perbandingan kriteria pengukuran untuk semua metode penjadwalan.

Kriteria pengukuran yang akan dibandingkan adalah sebagai berikut: makespan, rata-rata keterlambatan, dan Total waktu mengganggu.

Tabel 2. Perbandingan Kriteria Pengukuran untuk Semua Metode pada Bulan September 2007

Kriteria	Metode					
	Metode Perusahaan (FCFS)	Heuristic Dispatching Rule LCFS	Heuristic Dispatching Rule SPT	Heuristic Dispatching Rule LPT	Heuristic Dispatching Rule EDD	Heuristic Dispatching Rule Slack Time
Makespan	215,33 jam	213,33 jam	214,08 jam	212,08 jam	214,66	216,33
Rata-rata keterlambatan	1,13 jam/job	0	0	26,41 jam/job	0	0
Total waktu menganggur	2475,66 jam	2449,66 jam	2466,95 jam	2433,41 jam	2466,95 jam	2488,66 jam

Tabel 3. Penghematan *Algoritma Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve (LCFS)* Dibandingkan dengan Metode lain pada Bulan September 2007

Kriteria	Metode				
	Metode Perusahaan (FCFS)	Heuristic Dispatching Rule SPT	Heuristic Dispatching Rule LPT	Heuristic Dispatching Rule EDD	Heuristic Dispatching Rule Slack Time
Makespan	2 jam	1,33 jam	-1,25 jam	1,33 jam	3 jam
Rata-rata keterlambatan	1,13 jam/job	0	26,41 jam/job	0	0
Total waktu menganggur	26 jam	17,29 jam	-16,25 jam	17,29 jam	39 jam

Tabel 4. Perbandingan Kriteria Pengukuran untuk Semua Metode pada Bulan Oktober 2007

Kriteria	Metode					
	Metode Perusahaan (FCFS)	Heuristic Dispatching Rule LCFS	Heuristic Dispatching Rule SPT	Heuristic Dispatching Rule LPT	Heuristic Dispatching Rule EDD	Heuristic Dispatching Rule Slack Time
Makespan	232,66 jam	231,16 jam	234,15 jam	230,91 jam	234,32 jam	231,82 jam
Rata-rata keterlambatan	0	0	0	31,54 jam/job	0	0
Total waktu menganggur	2678,95 jam	2659,45 jam	2698,32 jam	2656,2 jam	2700,53 jam	2668,03 jam

Tabel 5. Penghematan *Algoritma Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve (LCFS)* dibandingkan dengan Metode Lain pada Bulan Oktober 2007

Kriteria	Metode				
	Metode Perusahaan (FCFS)	Heuristic Dispatching Rule SPT	Heuristic Dispatching Rule LPT	Heuristic Dispatching Rule EDD	Heuristic Dispatching Rule Slack Time
Makespan	1,5 jam	2,99 jam	-0,25 jam	3,16 jam	0,66 jam
Rata-rata keterlambatan	0	0	31,54 jam/job	0	0
Total waktu menganggur	19,5 jam	38,87 jam	-3,25 jam	41,08 jam	8,58 jam

Berdasarkan hasil analisis pada tabel di atas dapat dilihat bahwa *Algoritma heuristic dispatching rule Last Come First Serve (LCFS)* mempunyai hasil paling minimum untuk semua kriteria dibandingkan dengan metode lainnya. Langkah selanjutnya akan dilakukan perhitungan besarnya penghematan *Algoritma Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve (LCFS)* jika dibandingkan dengan metode lainnya.

Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui besarnya penghematan *Algoritma Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve (LCFS)* jika dibandingkan dengan metode lainnya. Dari sini dapat disimpulkan bahwa untuk memenuhi permintaan bulan Oktober 2007 *Algoritma Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve (LCFS)* lebih baik jika dibandingkan dengan metode yang diterapkan oleh perusahaan, ataupun lima metode lainnya.

Besarnya penghematan *Algoritma Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve (LCFS)* jika dibandingkan dengan metode yang diterapkan perusahaan untuk bulan Oktober 2007 adalah sebagai berikut: Untuk kriteria makespan, metode ini mampu menghemat waktu 1,5 jam dan Untuk kriteria total waktu menganggur, metode ini mampu menghemat waktu 19,5 jam.

Perbandingan urutan pengerjaan job bulan september 2007. Berdasarkan hasil analisis di atas diketahui bahwa *Algoritma Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve (LCFS)* merupakan metode penjadwalan yang lebih tepat untuk memenuhi permintaan bulan September 2007. Berikut ini adalah perbandingan urutan pengerjaan job antara metode yang diterapkan perusahaan

(FCFS) dengan *Algoritma heuristic dispatching rule Last Come First Serve (LCFS)*. Adanya perubahan urutan pengerjaan dengan metode penjadwalan *Algoritma Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve (LCFS)* membuktikan bahwa perusahaan dapat menghemat kriteria pengukuran, yaitu makespan, rata-rata keterlambatan dan total waktu menganggur untuk memperoleh ketepatan waktu proses produksi.

Perbandingan urutan pengerjaan job bulan oktober 2007. Berdasarkan hasil analisis di atas diketahui bahwa *Algoritma Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve (LCFS)* merupakan metode penjadwalan yang lebih tepat untuk memenuhi permintaan bulan Oktober 2007. Berikut ini adalah perbandingan urutan pengerjaan

Tabel 6. Perbandingan urutan pengerjaan job antara metode yang diterapkan perusahaan (FCFS) dengan *Algoritma Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve (LCFS)* bulan September 2007

Mesin	Urutan Pengerjaan	
	Metode Perusahaan (FCFS)	Metode (LCFS)
1	Job 1- Job 2- Job 3- Job 4- Job 5	Job 5- Job 4- Job 3- Job 2- Job 1
2	Job 1- Job 2- Job 3- Job 4	Job 4- Job 3- Job 2- Job 1
3	Job 1- Job 2- Job 3- Job 4	Job 4- Job 3- Job 2- Job 1
4	1 Job - Job 5- Job 2- Job 3- Job 4	Job 5- Job 2- Job 3- Job 1- Job 4
5	1 Job - Job 5- Job 2- Job 3- Job 4	Job 5- Job 2- Job 3- Job 1- Job 4
6	1 Job - Job 5- Job 2- Job 3- Job 4	Job 5- Job 4- Job 3- Job 2- Job 1
7	Job 5	Job 5
8	1 Job - Job 5- Job 2- Job 3- Job 4	Job 5- Job 4- Job 2- Job 1- Job 3
9	Job 1- Job 2- Job 3- Job 4	Job 2- Job 3- Job 1- Job 4
10	1 Job - Job 5- Job 2- Job 3- Job 4	Job 5- Job 2- Job 3- Job 1- Job 4
11	Job 4	Job 4
12	Job 5	Job 5
13	Job 1- Job 3	Job 3- Job 1

Tabel 7. Perbandingan urutan pengerjaan job antara metode yang diterapkan perusahaan (FCFS) dengan *Algoritma Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve (LCFS)* bulan Oktober 2007

Mesin	Urutan Pengerjaan	
	Metode Perusahaan (FCFS)	Metode (LCFS)
1	Job 1- Job 2- Job 3- Job 4- Job 5	Job 5- Job 4- Job 3- Job 2- Job 1
2	Job 1- Job 2- Job 3- Job 4	Job 4- Job 3- Job 2- Job 1
3	Job 1- Job 2- Job 3- Job 4	Job 4- Job 3- Job 2- Job 1
4	1 Job -Job 2- Job 5- Job 3- Job 4	Job 5- Job 3- Job 2- Job 1 -Job 4
5	1 Job -Job 2- Job 5- Job 3- Job 4	Job 5- Job 3- Job 2- Job 1 -Job 4
6	1 Job -Job 2- Job 5- Job 3- Job 4	Job 5- Job 4- Job 3- Job 2- Job 1
7	Job 5	Job 5
8	1 Job -Job 2- Job 5- Job 3- Job 4	Job 5- Job 4- Job 1- Job 2- Job 3
9	1 Job - Job 2- Job 3- Job 4	Job 3- Job 2- Job 1- Job 4
10	1 Job -Job 2- Job 5- Job 3- Job 4	Job 5- Job 3- Job 2- Job 1- Job 4
11	Job 4	Job 4
12	Job 5	Job 5
13	Job 1- Job 3	Job 3- Job 1

job antara metode yang diterapkan perusahaan (FCFS) dengan *Algoritma Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve* (LCFS).

Adanya perubahan urutan pengerjaan dengan metode penjadwalan *Algoritma Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve* (LCFS) membuktikan bahwa perusahaan dapat menghemat kriteria pengukuran yaitu makespan, dan total waktu menganggur untuk memperoleh ketepatan waktu proses produksi.

SIMPULAN

Algoritma Heuristic Dispatching Rule Last Come First Serve (LCFS) merupakan metode yang memberikan jadwal pengerjaan job lebih tepat untuk memenuhi permintaan produk pada bulan September dan Oktober 2007. Di mana penjadwalan metode ini memprioritaskan pada pekerjaan yang terakhir datang di mesin yang bersangkutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, Kenneth R., 1984, *Intoduction to Squencing and Scheduling I*, John Wiley and Sons, New York.
- Elwood S, Buffa dan Rakesh K., Sarin. 1997, *Managemen Produksi dan Operasi Modern*, BPFE, Yogyakarta
- Herjanto, Eddy, 1999, *Manajemen Produksi dan Operasi*, PT. Gramedia, Jakarta.
- Morton, Thomas E and Pentico, David W., 1993, *Heuristic Scheduling Systems*, John Wiley and Sons, New York.
- Nasution, Arman Hakim, 1999, *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Guna Widya, Surabaya.
- Panggabean, Henry Pantas, 2002, *Penjadwalan Job Shop Statik dengan Algoritma Simulated Annealing*.
- Reksohadiprodjo, Soekanto dan Gito S. Indriyo, 1988, *Management Produksi*, BPFE, Yogyakarta.
- Render, Barry dan Heyzer, Jay, 2002, *Prinsip-prinsip Managemen Operasi*. BPFE. Yogyakarta.
- Henry, 2002, *Penelitian Mandiri Penjadwalan job shop dalam Meminimasi Waktu Produksi*.