

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Penjadwalan

2.1.1 Definisi Penjadwalan

Penjadwalan dapat didefinisikan sebagai penugasan dan penentuan waktu dari kegunaan sumber daya seperti tenaga kerja, peralatan, dan fasilitas untuk aktivitas atau pekerjaan produksi. (*Joseph S. Martinich, 1997, p798*)

Penjadwalan merupakan suatu penetapan saat memulai dan saat penyelesaian tugas-tugas termasuk kapan saat tugas-tugas tersebut masuk dan meninggalkan setiap departemen. (*Donald W. Fogarty, John H. Blackstone, Jr. and Thomas R. Hoffmann, 1991, p451*)

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. (*Eddy Herjanto, 1999, p287*)

Penjadwalan merupakan suatu proses pengambilan keputusan yang memegang peranan penting di bidang pabrikasi dan industri yang digunakan dalam pengadaan dan produksi, transportasi dan distribusi, dan dalam

proses informasi dan komunikasi. (*Michael Pinedo and Xiuli Chao, 1999, p2*)

2.1.2 Tujuan Penjadwalan

Tujuan dari aktivitas penjadwalan antara lain :

- 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.
- Mengurangi beberapa kelambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian sehingga akan meminimasi penalti *cost* (biaya kelambatan).
- Membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan sehingga penambahan biaya yang mahal dapat dihindarkan. (*David D. Bedworth and James E. Bailey, 1987, p247*)

2.1.3 Jenis-Jenis Sistem Produksi

Dilihat dari tujuan perusahaan melakukan operasinya dalam hubungannya dengan pemenuhan kebutuhan konsumen, maka sistem produksi dibedakan menjadi empat jenis, yaitu:

- *Engineering To Order (ETO)*, yaitu bila pemesan meminta produsen untuk membuat produk yang dimulai dari proses perancangannya (rekayasa).
- *Assembly To Order (ATO)*, yaitu bila produsen membuat desain standar, modul-modul opsinya standar yang sebelumnya dan merakit suatu kombinasi tertentu dari modul-modul tersebut sesuai dengan pesanan konsumen. Modul-modul standar tersebut bisa dirakit untuk berbagai tipe produk. Contohnya adalah pabrik mobil, dimana mereka menyediakan pilihan transmisi secara manual atau otomatis, AC, Audio, opsi-opsi interior, dan opsi-opsi mesin khusus sebagaimana juga model bodi dan warna bodi yang khusus. Komponen-komponen tersebut telah disiapkan terlebih dahulu dan akan mulai diproduksi begitu pesanan dari agen datang.
- *Make To Order (MTO)*, yaitu bila produsen menyelesaikan *item* akhirnya jika dan hanya jika telah menerima pesanan konsumen untuk *item* tersebut. Bila *item* tersebut bersifat unik dan mempunyai desain yang dibuat menurut pesanan, maka konsumen

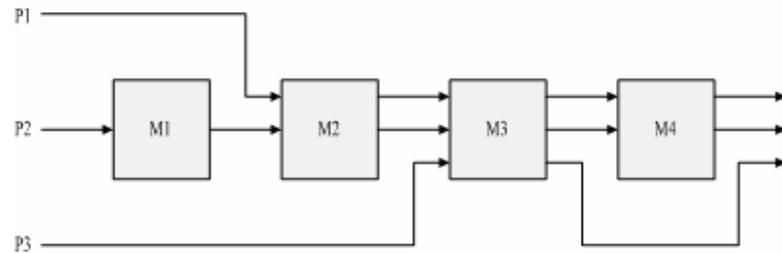
mungkin bersedia menunggu hingga produsen dapat menyelesaikannya.

- *Make To Stock (MTS)*, yaitu bila produsen membuat *item-item* yang diselesaikan dan ditempatkan sebagai persediaan sebelum pesanan konsumen diterima. *Item* akhir tersebut baru akan dikirim dari sistem persediaannya setelah pesanan konsumen diterima.
(Arman Hakim Nasution, 2003, p9)

2.1.4 Klasifikasi Penjadwalan

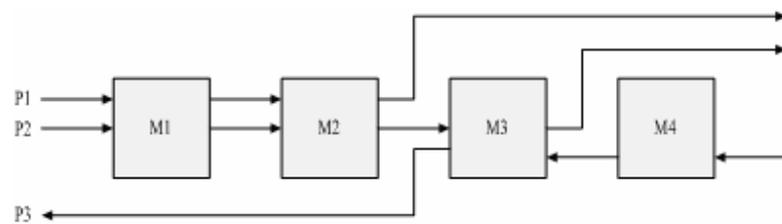
Masalah penjadwalan dapat dibedakan berdasarkan karakteristik sistem produksinya, yaitu :

1. Berdasarkan mesin yang digunakan dalam proses produksi, penjadwalan produksi dapat diklasifikasikan menjadi :
 - a. *Single-Machine Models* (penjadwalan pada mesin tunggal).
 - b. *Parallel-Machine Models* (penjadwalan pada mesin jamak).
(Michael Pinedo and Xiuli Chao, 1999, p15)
2. Berdasarkan pola aliran proses, penjadwalan produksi dapat diklasifikasikan menjadi :
 - a. *Flow Shop Models*, yaitu proses produksi dengan pola aliran identik dari satu mesin ke mesin yang lain.



Gambar 2.1 Lintasan Proses *Flow Shop*

- b. *Job Shop Models*, yaitu penjadwalan dimana setiap pekerjaan mempunyai aliran atau rute proses pada setiap mesin yang spesifik, dan mungkin berbeda untuk tiap *job*. (*Michael Pinedo and Xiuli Chao, 1999, p16; Andrew Kusiak, 1990, p359*)



Gambar 2.2 Lintasan Proses *Job Shop*

3. Berdasarkan pola kedatangan *job*, penjadwalan produksi dapat diklasifikasikan menjadi :
- Statik, yaitu *job* yang datang bersamaan tidak ada *job* yang datang ditengah-tengah pada saat jadwal dilaksanakan.
 - Dinamik, yaitu kedatangan *job* tidak menentu. (*Elsayed A. Elsayed and Thomas O. Boucher., 1985, p291-292*)

2.1.5 Masukan (*input*) untuk Penjadwalan Pekerjaan

Terdapat beberapa hal yang perlu diketahui sebelum pekerjaan dapat dijadwalkan, yaitu :

- Jumlah dan jenis pekerjaan yang harus diselesaikan selama periode tertentu. Jumlah dan jenis pekerjaan ini sangat tergantung pada rencana produksi yang disusun serta negosiasi antara perusahaan dengan pelanggan.
- Perkiraan waktu penyelesaian suatu pekerjaan (*processing time*). Perkiraan waktu penyelesaian pekerjaan ini merupakan masukan yang sangat penting dalam proses penjadwalan suatu pekerjaan. Perkiraan waktu penyelesaian suatu pekerjaan seringkali digunakan untuk menentukan prioritas pekerjaan yang akan dikerjakan terlebih dahulu. Sumber perkiraan dapat berupa data waktu yang dimiliki perusahaan atau estimasi *supervisor* berdasarkan pengalaman.
- Batas waktu (*due date*) penyelesaian pekerjaan. Batas waktu selesainya suatu pekerjaan penting diketahui untuk memperkirakan kelambatan yang mungkin akan terjadi. Besaran ini menjadi penting terutama untuk mengantisipasi denda / penalti yang mungkin timbul akibat keterlambatan pengiriman.

- Tujuan penjadwalan. Tujuan penjadwalan perlu diketahui terlebih dahulu agar pemilihan teknik penjadwalan dapat dilakukan dengan sebaik-baiknya. Terdapat berbagai macam tujuan penjadwalan yang pada garis besarnya dapat dikelompokkan ke dalam tiga bagian, yaitu :
 - Peningkatan utilisasi peralatan / sumber daya dengan cara menekan waktu menganggur sumber daya tersebut.
 - Sasaran lain yang mungkin dicapai ialah minimasi jumlah persediaan barang dalam proses. Tujuan ini dicapai dengan cara meminimasi jumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian untuk diproses. Indikator jumlah antrian pekerjaan ini dinyatakan dengan besaran waktu alir rata-rata.
 - Tujuan penjadwalan lainnya ialah menekan kelambatan. Dalam banyak hal sejumlah pekerjaan memiliki batas waktu penyelesaian pekerjaan (*due date*), dan apabila pekerjaan selesai setelah *due date* maka perusahaan dikenai penalti. Terdapat beberapa tujuan penjadwalan berkenaan dengan kelambatan ini. Tujuan penjadwalan dapat berupa minimasi kelambatan / keterlambatan maksimum, atau minimasi jumlah pekerjaan yang terlambat, atau minimasi kelambatan / keterlambatan rata-rata.

- Situasi pekerjaan yang dihadapi. Dapat berupa penjadwalan di satu prosesor, penjadwalan pekerjaan di beberapa prosesor seri, penjadwalan pekerjaan di beberapa prosesor paralel, atau penjadwalan pekerjaan di fasilitas produksi *job shop*. (Hendra Kusuma., 2002, p186-187)

2.1.6 Keluaran (*output*) untuk Penjadwalan Pekerjaan

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-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 (dispaching)*

Dispaching merupakan prioritas kerja tentang *job-job* mana yang diseleksi dan diprioritaskan untuk diproses.

- Pengendalian kinerja penjadwalan , dilakukan dengan :

- Meninjau kembali status *order-order* pada saat melalui sistem tertentu.
- Mengatur kembali urutan-urutan, misalnya : *expediting order-order* yang jauh dibelakang atau mempunyai prioritas utama.

- *Up-dating* jadwal, dilakukan sebagai refleksi kondisi operasi yang terjadi dengan merevisi prioritas-prioritas. (*Arman Hakim Nasution, 2003, p174-175*)

2.1.7 Lingkungan Penjadwalan

Penjadwalan tersusun atas lingkungan sebagai berikut :

- *Job*

Merupakan aktivitas yang dilakukan seperti *order* yang dipesan oleh *customer*. Sebuah *job* bisa tergantung pada *job* lain. Ketergantungan ini ada 2 (dua) jenis yaitu ketergantungan pada saat sebuah *job* baru dapat dikerjakan jika *job* sebelumnya sudah dikerjakan dan ketergantungan waktu proses sebuah *job* pada *job* sebelumnya yang sedang dikerjakan

di mesin yang sama. Jenis ketergantungan yang kedua ini biasanya disebut *sequence dependent set-up time* atau waktu *setup* yang tergantung pada urutan *job*.

- Mesin

Mesin memproses *jobs*. Untuk *single machine* (mesin tunggal), hanya ada 1 mesin dan semua *job* harus diproses olehnya. Mesin tersebut hanya dapat memproses paling banyak 1 *job* dalam satu waktu. Sedangkan mesin dikatakan paralel (*parallel machine*) jika beberapa mesin dapat melakukan proses yang sama pada *jobs*.

- Pengukuran (*measures*)

Sebuah penjadwalan yang baik mengimplikasikan ukuran performansi. Memaksimalkan *profit* dan meminimalkan biaya merupakan ukuran yang jelas, namun merupakan tugas yang sulit untuk mengestimasi parameter finansial yang berkaitan dengan penjadwalan. Performansi dari sebuah penjadwalan bisa diukur berdasarkan total *flowtime*, total *tardiness*, maksimum *completion time*, maksimum *tardiness* atau jumlah *job tardy*.

- Algoritma Penjadwalan

Algoritma merupakan “resep” untuk memperoleh solusi bagi sebuah model. Algoritma ada 2 macam yaitu algoritma eksak dan algoritma heuristik. Algoritma eksak memberikan solusi yang optimal bagi

masalah yang ada, sedangkan algoritma heuristik memberikan solusi yang diharapkan optimal atau mendekati optimal. Algoritma eksak tidak selalu digunakan karena algoritma ini harus didasarkan atas perhitungan seperti algoritma *branch and bound* atau *dynamic programming*. Pada kenyataannya, kombinasi natural dari permasalahan penjadwalan tidak memungkinkan proses komputasional seperti itu.

- *Gantt Chart*

Gantt Chart diperkenalkan oleh *Henry Gantt* pada tahun 1911 yang mempresentasikan sebuah penjadwalan. Tujuan dari *Gantt Chart* adalah untuk menggambarkan penggunaan sumber daya (mesin) secara keseluruhan. Sumbu x mempresentasikan waktu dan sumbu y mempresentasikan mesin. (*Daniel Sipper and Robert L. Bulfin, Jr., 1997, p385-388*)

2.1.8 Aturan Prioritas Penjadwalan

Beberapa aturan-aturan prioritas sequencing yang umum dalam penjadwalan antara lain sebagai berikut :

- *Service in Random Order (SIRO) rule*

memilih pekerjaan yang menunggu untuk diproses secara *random/* acak. Tetapi aturan prioritas ini tidak membantu untuk mengoptimalkan obyek pekerjaan yang ada.

- *Earliest Release Date First (ERD) rule*

Aturan ini sama dengan aturan *First Come First Served*, yaitu memilih pekerjaan berdasarkan pekerjaan yang pertama kali diterima untuk diproses lebih lanjut. Aturan ini digunakan untuk membantu mengurangi variasi waktu menunggu pekerjaan pada mesin.

- *Earliest Due Date First (EDD) rule*

Memilih pekerjaan dengan *due date* (waktu jatuh tempo) yang paling cepat untuk diproses lebih lanjut. Berguna untuk mengurangi maksimum *lateness*.

- *Minimum Slack First (MS) rule*

Memilih pekerjaan dengan *slack* yang paling minimum. Aturan ini berguna untuk meminimasi *dua date* dari obyek yang terlibat.

- *Shortest Processing time (SPT) rule*

Job dengan waktu proses terpendek akan diproses terlebih dahulu, demikian berlanjut untuk *job* yang waktu prosesnya terpendek kedua. Aturan *SPT* ini tidak memperdulikan *due date* maupun kedatangan *order* baru. (Michael Pinedo and Xiuli Chao, 1999, p30; Arman Hakim Nasution, 2003, p183)

2.1.9 Istilah Dalam Penjadwalan

Istilah dalam penjadwalan antara lain sebagai berikut :

- *Processing Time (P_{ij})*

Yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan *job j* pada mesin *i*.

- *Release Date (R_{ij})*

Yaitu waktu *job j* mulai dapat diproses pada mesin *i*.

- *Due Date (D_j)*

Yaitu batas akhir *job j* harus diselesaikan.

- *Weight (W_j)*

Yaitu bobot *job j* yang menunjukkan pentingnya *job j* relatif terhadap *job* lainnya dalam sistem.

- *Completion Time (C_j)*

Yaitu waktu penyelesaian operasi paling akhir suatu *job j*. (*Michael Pinedo and Xiuli Chao, 1999, p14*)

2.1.10 Algoritma Penjadwalan

2.1.10.1 Algoritma *Johnson*

Aturan dari algoritma *Johnson (Johnson's rule)* adalah sebagai berikut :

Langkah 1 Untuk semua pekerjaan i temukan nilai minimum dari $t_{i,1}$ dan $t_{i,2}$ pada waktu awal dan akhir prosesor. Dimana :

$t_{i,1}$ = waktu penyelesaian pekerjaan pada prosesor pertama

$t_{i,2}$ = waktu penyelesaian pekerjaan pada prosesor terakhir

Langkah 2 Jika waktu minimum terdapat pada prosesor 1 (i.e., $t_{i,1}$), lalu jadwalkan pekerjaan ke posisi pada awal baris yang tersedia dari rangkaian yang ada. Lanjutkan pada langkah 3. Jika waktu minimum terdapat pada prosesor 2 (i.e., $t_{i,2}$), lalu jadwalkan pekerjaan ke posisi akhir dari rangkaian yang tersedia.

Langkah 3 Hapus susunan pekerjaan dari daftar. Jika masih ada pekerjaan, kembali ke langkah 1; sampai semuanya selesai. (*David D. Bedworth and James E. Bailey, 1987, p277*)

2.1.10.2 Algoritma *Campbell, Dudek, and Smith*

Algoritma *Campbell, Dudek, dan Smith* adalah sebuah algoritma penjadwalan dengan n job dan m mesin seri. Algoritma ini menggunakan pendekatan aturan dari *Johnson (Johnson's rule)* yang memungkinkan untuk menghasilkan penjadwalan sebanyak jumlah mesin - 1 ($K = m - 1$) dan memilih yang terbaik untuk diimplementasikan.

Algoritma *Campbell, Dudek, dan Smith* untuk jadwal pertama ($K = 1$) :

$$t^{*i,1} = t_{i,1}$$

$$t^{*i,2} = t_{i,m}$$

Algoritma *Campbell, Dudek, dan Smith* untuk jadwal kedua ($K = 2$) :

$$t^{*i,1} = t_{i,1} + t_{i,2}$$

$$t^{*i,2} = t_{i,m} + t_{i,m-1}$$

Algoritma *Campbell, Dudek, dan Smith* untuk jadwal ke- K :

$$t^{*i,1} = \sum_{k=1}^K t_{i,k}$$

$$t^{*i,2} = \sum_{k=1}^K t_{i,m-k+1}$$

Aturan dari algoritma *Campbell, Dudek, dan Smith* adalah sebagai berikut :

Langkah 1 Lakukan $K = 1$. Hitung $t^*_{i,1}$ dan $t^*_{i,2}$.

Langkah 2 Jadwalkan pekerjaan n dengan menggunakan pendekatan aturan *Johnson*. Simpan susunan penjawalan dan tentukan nilai *idle*. Jika nilai *idle* yang ditemukan lebih baik, simpan susunan tersebut.

Langkah 3 Jika $K = (m - 1)$, berhenti, susunan jadwal yang disimpan saat ini adalah satu-satunya yang diimplementasikan. Jika $K \neq (m - 1)$, tambahkan K sebelumnya dengan 1 dan kembali ke langkah 1.

(*David D. Bedworth and James E. Bailey, 1987, p278-279*)

2.2 Peta Proses Operasi

2.2.1 Definisi Peta Proses Operasi

Peta Proses Operasi (*Operation Process Chart*) merupakan suatu diagram yang menggambarkan langkah-langkah proses yang akan dialami bahan (bahan-bahan) baku mengenai urutan-urutan operasi dan pemeriksaan. Sejak dari awal sampai menjadi produk jadi utuh maupun

sebagai komponen, dan juga memuat informasi-informasi yang diperlukan untuk analisa lebih lanjut, seperti : waktu yang dihabiskan, material yang digunakan, dan tempat atau alat atau mesin yang dipakai. (*Iftikar Z. Satalaksana, Ruhana Anggawisastra dan John H. Tjakraatmadja, 1979, p21*)

2.2.2 Kegunaan Peta Proses Operasi

Dengan adanya informasi-informasi yang bisa dicatat melalui Peta Proses Operasi (*Operation Process Chart*), kita bisa memperoleh banyak manfaat diantaranya :

- Bisa mengetahui kebutuhan akan mesin dan penganggarnya.
- Bisa memperkirakan kebutuhan akan bahan baku (dengan memperhitungkan efisiensi ditiap operasi / pemeriksaan).
- Sebagai alat untuk menentukan tata letak pabrik.
- Sebagai alat untuk melakukan perbaikan cara kerja yang sedang dipakai.
- Sebagai alat untuk latihan kerja. (*Iftikar Z. Satalaksana, Ruhana Anggawisastra dan John H. Tjakraatmadja, 1979, p21*)