

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Penjadwalan

Salah satu masalah yang cukup penting dalam system produksi adalah bagaimana melakukan pengaturan dan penjadwalan pekerjaan, agar pesanan dapat selesai sesuai dengan kontrak. Disamping itu sumber-sumber daya yang tersedia dapat dimanfaatkan dengan baik. Salah satu usaha untuk mencapai tujuan adalah melakukan penjadwalan proses produksi yang terencana. Penjadwalan produksi yang baik dapat mengurangi waktu menganggur (idle time) pada unit-unit produksi dan meminimumkan barang yang sedang dalam proses (work in process).

Menurut Conway penjadwalan didefinisikan sebagai proses pengurutan pembuatan produk secara menyeluruh pada beberapa mesin sedangkan baker mendefenisikan penjadwalan sebagai proses pengalokasian sumber-sumber atau mesin-mesin yang ada untuk menjalankan sekumpulan tugas atau pekerjaan dalam jangka waktu tertentu (Baker, 1974, Hal 2).

Keputusan yang dibuat dalam penjadwalan meliputi :

1. Pengurutan pekerjaan (Sequencing)
2. Waktu mulai dan selesai pekerjaan (Timing)
3. Urutan operasi untuk suatu pekerjaan (Routing)

Persoalan penjadwalan timbul apabila terdapat beberapa pekerjaan yang dapat dikerjakan secara bersamaan sedangkan jumlah mesin/peralatan yang dimiliki terbatas. Untuk mendapatkan hasil yang optimal dengan keterbatasan sumber daya yang dimiliki, maka diperlukan adanya penjadwalan sumber-sumber tersebut secara efisien.

2.2 Tujuan dan jenis Penjadwalan

Secara umum penjadwalan adalah :

- a. Meningkatkan produktivitas mesin, yaitu dengan mengurangi waktu mesin menganggur.
- b. Mengurangi persediaan barang setengah jadi dengan jalan mengurangi jumlah rata-rata pekerjaan yang menunggu antrian suatu mesin karena mesin tersebut sibuk.
- c. Mengurangi keterlambatan karena telah melampaui batas waktu.

Jenis dari penjadwalan produksi akan sangat bergantung pada hal-hal sebagai berikut (Arman Hakim;hal 172) :

- a. Jumlah job yang akan dijadwalkan
- b. Jumlah mesin yang dapat digunakan
- c. Ukuran dari keberhasilan peksanaan penjadwalan
- d. Cara job dating
- e. Jenis aliran proses produksi

2.3 Metode Overlapping.

Dengan menggunakan metode overlapping, total lead time dari setiap order dipersingkat dengan mengurangi efek queen time. Kecepatan suatu sistem produksi dalam menyelesaikan suatu pesanan biasanya diukur dengan ukuran performasi makespan atau lead time. Makespan adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sejumlah pekerjaan dari mulai proses pertama untuk pekerjaan pertama sampai selesai proses pekerjaan terakhir. Sementara itu lead time adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah pekerjaan.

Teknik yang digunakan dalam metode overlapping adalah membagi sejumlah produk yang akan diproses kedalam 2 batch atau lebih sehingga total lead time dapat dikurangi.

Pada flow shop dengan dua stage, jika stage 2 mempunyai waktu operasi yang lebih cepat daripada stage 1, batch yang pertama harus cukup besar untuk dapat menjadi idle time pada stage 2. Perhitungan minimum batch pertama ini adalah sebagai berikut :

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 P_2 + T_{12} + S_2 \geq Q_2 P_1 + T_{12}$$

Dimana :

Q = Jumlah part yang harus dikerjakan

Q_1 = Ukuran minimum dari batch pertama

Q_2 = Ukuran maksimum dari batch kedua

S_2 = Waktu set up pada stage 2

P_1 = Waktu proses per unit pada stage 1

P_2 = Waktu proses per unit pada stage 2

P_{12} = Waktu transit antara stage 1 dan stage 2

Pada persamaan yang kedua diatas, diasumsikan Q_2 akan sampai pada stage 2 sebelum stage 2 selesai memproses Q_1 . Dan dari persamaan tersebut dihasilkan sebagai berikut :

$$Q_1 \geq \frac{Q \cdot P_1 - S_2}{P_2 + P_1}$$

Keuntungan dengan memakai metode overlapping adalah berkurangnya total manufacturing lead time. Kerugiannya adalah munculnya ongkos tambahan yang berasal dari bertambahnya perencanaan dan kontrol yang diperlukan untuk menambah jumlah batch dan mengawasi perpindahan material.

2.4 Perhitungan Makespan

Langkah awal yang akan dilakukan di dalam pengembangan model ini adalah menghitung makespan yang terjadi pada system produksi flow shop. Makespan akan dihitung secara bertahap . Tahap pertama adalah menghitung saat selesai untuk batch pertama pada setiap stasiun kerja. Tahap selanjutnya adalah menghitung saat selesai batch kedua pada setiap stasiun kerja. Saat selesai batch kedua pada stasiun kerja 1 adalah saat selesai batch pertama pada stasiun kerja 1 ditambah dengan waktu set-up dan waktu proses batch kedua pada stasiun kerja 1.

Sedangkan saat selesai batch kedua pada stasiun kerja 2 dapat dihitung dari saat batch kedua. Waktu mulainya batch diproses pada stasiun kerja 2 adalah maksimum antara 2 nilai : saat selesai batch pertama pada stasiun kerja 2

ditambah waktu set-up untuk batch kedua pada stasiun kerja 2 atau saat selesai batch kedua pada stasiun kerja 1. Demikian juga dilakukan langkah selanjutnya untuk stasiun kerja 3 dan stasiun kerja 4, sehingga didapat makespan, yaitu selang waktu antara saat batch pertama mulai diproses pada stasiun kerja 1 sampai saat selesai batch terakhir pada stage terakhir.

Perhitungan makespan dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini :

- Langkah 1 : Hitung $C_{r,N} = Q_N \cdot t_r$ untuk semua r ($r = 1, 2, \dots, m$)
- Langkah 2 : Hitung $C_{1,N-1} = C_{1,N} + S_1 + Q_{N-1} \cdot t_1$
- Langkah 3 : Hitung $C_{2,N-1}$ dengan $C_{2,N-1} = (C_{1,N-1} ; C_{1,N} + S_2) + Q_{N-1} \cdot t_2$
 ulangi Langkah 3 $C_{r,N-1}$ dengan : $C_{r,1} = \max (C_{r,1-1} ; C_{r,1+1} + S_r) + Q_i \cdot t_r$
- Langkah 4 : Ulangi Langkah 2 dan langkah 3 untuk $I = N-2, N-3, \dots, 1$
 dengan $C_{1,1} = C_{1,1+1} + S_1 + Q_i t_r$
- Langkah 5 : Tentukan Makespan = $C_{m,1}$

2.5 Penentuan Stasiun Kerja Overlapping

Penelitian dengan menggunakan metode overlapping ini telah dikembangkan sampai pada kasus flow shop dengan 2 stasiun kerja yang menjadi bottleneck.

Didalam menyelesaikan kasus-kasus pada flow shop dengan 2 stasiun kerja ini, langkah pertama yang dilakukan adalah dengan menentukan stasiun kerja yang menjadi bottleneck dari aliran system produksi, yaitu stasiun kerja yang waktu prosesnya paling lambat, penentuan bottleneck adalah dengan cara menjumlahkan waktu pemrosesan (processing time) untuk semua pekerjaan pada setiap mesin untuk mendapatkan total pekerjaan yang dapat diselesaikan. Langkah selanjutnya adalah mengusahakan agar stasiun kerja bottleneck tersebut berproduksi semaksimal mungkin, yaitu dengan meminimumkan idle time pada stasiun kerja kritis dan juga meminimumkan queen time pada stasiun kerja kritis tersebut.

Rumus menentukan ukuran dan jumlah batch yang optimal :

$$Q_1 = \frac{n(S_1 - S_2) \sum_{t=2}^N \sum_{k=0}^{t-2} t_2 \frac{t_1^k}{k+1}}{1 + \sum_{t=2}^N \left(\frac{t_1}{t_2}\right)}$$

Dimana :

Q_1 = Ukuran jumlah part dari batch pertama

N = Jumlah part yang harus diproduksi

S_1 = Waktu set-up pada stage 1

S_2 = Waktu set-up pada stage 2

N = Jumlah Batch

K = Stasiun Kerja

t1 = Waktu proses stasiun kerja 1

t2 = Waktu proses stasiun kerja 2

Untuk lebih jelasnya langkah – langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi stasiun kerja

Menentukan stasiun kerja yang menggunakan metode overlapping yaitu stasiun kerja yang waktu prosesnya paling lambat dan stasiun kerja yang tidak menggunakan metode overlapping.

2. Stasiun kerja yang menggunakan metode overlapping :

- Menentukan ukuran batch yang optimal
- Menentukan urutan batch
- Melakukan perhitungan makespan terhadap setiap batch
- Menentukan jumlah batch yang optimal

3. Stasiun kerja yang tidak menggunakan metode overlapping

- Menentukan ukuran batch
- Menentukan urutan batch

4. Perhitungan makespan

Menentukan makespan setiap produk

5. Metode berpasangan

6. Perolehan urutan produk

2.6 Metode Berpasangan

Produk yang teliti pada perusahaan adalah produk yang harus diselesaikan satu jenis produk terlebih dahulu sebelum dapat memproses produk jenis lain. Oleh karena itu pengurutan dilakukan dengan metode berpasangan. Dimana pengurutan ini mengamsumsi harus menyelesaikan satu jenis produk terlebih dahulu sebelum dapat memproses jenis lainnya.

Berikut ini adalah persamaan-persamaan yang digunakan pada pengurutan dengan metode berpasangan untuk produk.

Total reduksi pasangan produk yaitu A dan B, dihitung sebagai berikut :

$$R_{AB} = \left\{ \sum_{r=1}^{m-1} \min X_{r,B} Z_{r,A} \right\} - S_{1.B}$$

Dengan

$$X_{k,h} = t_{k,h} Q_{N,h} + S_{k,h} + S_{k+1,h}$$

$$Z_{k,h} = f_{k+1,h} - f_{k,1}$$

Dan total makespan dari sejumlah jenis produk dihitung sebagai berikut:

$$TM = \sum M_s - \sum R_j$$

Dimana :

G = Jumlah jenis produk yang teliti

R_{AB} = Reduksi dari pasangan A dan B

R = Reduksi dari stasiun kerja j

H = Produk/item

K = Stasiun Kerja

Q_N = Batch ke-N

$S_{k,h}$ = Set-up time kerja k, produk h

F = Finish time

TM = Total Makespan

M = Makespan

X = Selisih waktu antara waktu dimulainya penjadwalan dengan waktu awal pemrosesan tiap batch.

Z = Selisih antara waktu selesainya penjadwalan dengan waktu akhir pemrosesan tiap batch

2.7 Pengurutan Produk

Pengurutan dilakukan dengan memilih pasangan-pasangan produk yang menghasilkan reduksi terbesar. Kemudian dilihat reduksi terbesar berikutnya dengan menghilangkan pasangan yang telah diurut.

Maka rumus untuk total reduksi (Baker, hal :87) :

$$\sum R_j = \sum_{i=j+1}^{nk} t_i$$

Rumus makespan (Bedworth, hal :301) :

$$\sum M_s = \sum_{i=1}^n t_i$$

Dimana :

Ms = Makespan untuk stasiun kerja n dalam penjadwalan S

Ti = Waktu proses pada i

Rj = Reduksi pada stasiun kerja j

Rumus total makespan adalah :

$$TM = \sum_{h=1}^g M_h - \sum_{j=1}^p R_j$$
$$TM = \sum M - \sum R$$

2.8 Pengukuran waktu kerja

Pengukuran waktu kerja merupakan aktivitas yang dilakukan untuk mengamati pekerjaan dan mencatat waktu kerja termasuk waktu siklus dengan menggunakan alat ukur yang sesuai. Waktu yang diukur adalah waktu siklus pekerjaan, yakni waktu penyelesaian satu pekerjaan satu satuan pekerjaan mulai bahan baku diproses di unit pengolahan hingga keluar menjadi bahan jadi.

Pengukuran waktu kerja dilakukan untuk berbagai tujuan antara lain :

1. Penentuan perencanaan dan penjadwalan kerja.
2. Penentuan biaya standart dan standart dan sebagai bahan acuan dalam penentuan anggaran.
3. Perkiraan biaya produk sebelum memproduksi , informasi ini penting dalam menentukan harga jual.
4. Penentuan keefektifan mesin, jumlah mesin yang dapat dioperasikan oleh seorang operator dan sebagai bantuan dalam menyeimbangkan jalur perakitan dan pekerjaan yang dilakukan pada conveyor.
5. Penentuan waktu standart digunakan sebagai dasar dalam pembayaran insentif gaji pada pekerjaan langsung dan pekerjaan tidak langsung.

6. Penentuan waktu standart digunakan sebagai dasar dalam pengendalian biaya tenaga kerja.

Umumnya pengukuran waktu kerja dapat dibagi dalam dua bagian yaitu :

1. Pengukuran waktu kerja secara langsung

Yaitu pengukuran waktu yang dilakukan di tempat pekerjaan dimana pekerjaan bersangkutan dijalankan.

2. Pengukuran waktu kerja secara tidak langsung

Yaitu pengukuran waktu yang dilakukan tanpa harus berada ditempat pekerjaan. Hal ini dilakukan dengan membaca table/grafik yang tersedian asalkan mengetahui jalannya pekerjaan melalui elemen-elemen gerakan, misalnya data waktu baku dan waktu gerakan.

Metode pengukuran secara langsung dapat dibagi dua yaitu metode sampling pekerjaan dan pengukuran dengan stop watch/waktu henti. Pada pengukuran waktu dengan sampling pekerjaan, pengamatan tidak harus menetap ditempat kerja, melainkan melakukan pengamatan secara sesaat pada waktu yang telah ditentukan secara acak/random. Untuk itu biasanya satu hari kerja dibagi dalam satuan-satuan waktu yang besarnya ditentukan oleh pengukur. Panjang satu satuan biasanya tidak terlalu singkat dan tidak terlalu panjang.

Pada pengukuran waktu henti/stop watch, pengukuran dilakukan dengan tiga metode yaitu :

1. Metode berulang(Sanp Back Method), yaitu pengukuran waktu secara berulang, stop watch dijalankan dan pada akhir elemen kerja stop

watch dibaca dan dicatat. Untuk mengukur elemen kerja lainnya jarum stop watch dikembalikan ke titik nol.

2. Metode kontiniu (Continuous Method), yaitu stop watch dijalankan pada permulaan pengamatan hingga elemen kerja terakhir selesai. Pembacaan dan pencatatan terhadap waktu kumulatif dilakukan pada setiap akhir dari masing-masing elemen pekerjaan.
3. Metode Akumulatif (Accumulative Method), yaitu pengukuran waktu yang dilakukan dengan menggunakan dua stop watch yang digabungkan sedemikian rupa, sehingga jika stop watch yang pertama dijalankan maka stop watch yang kedua berhenti secara otomatis dan sebaliknya. Pengukuran waktu secara akumulatif memungkinkan pembacaan langsung dari masing-masing elemen kerja.

2.9 Pengujian Keseragaman Data

Selama melakukan pengukuran maka akan mendapatkan data yang tidak seragam, karena ketidak seragaman muncul tanpa disadari, maka diperlukan suatu alat yang dapat mendeteksi ketidakseragaman tersebut. Alat yang dimaksud adalah peta control shewhart.

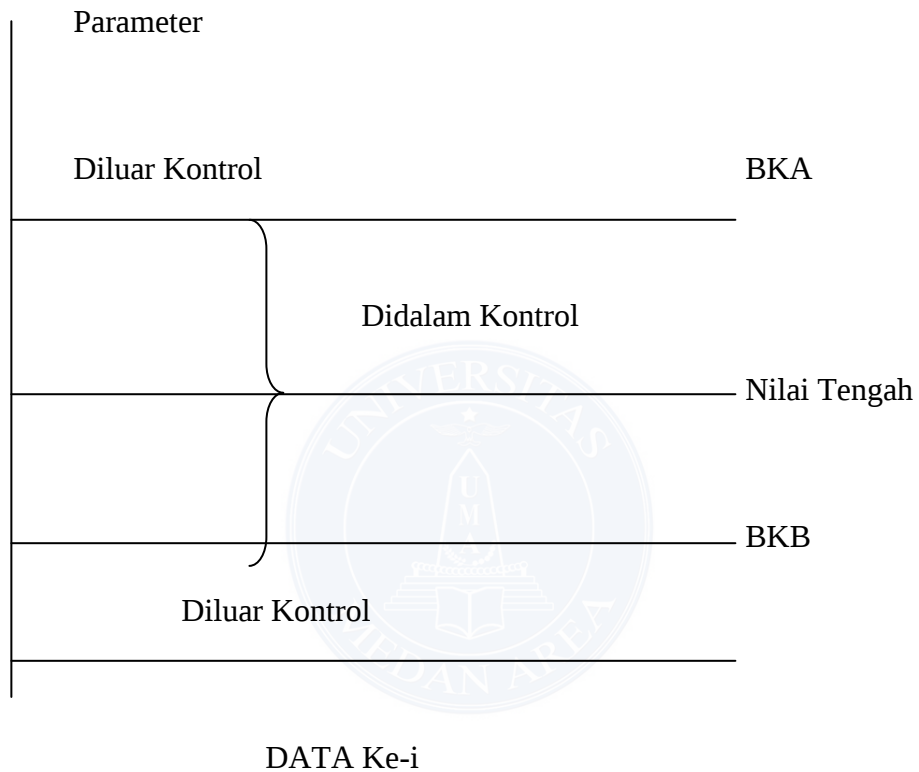
Batas-batas Kontrol yang dibentuk dari data merupakan batas keseragaman atau tidak seragamnya data. Data dikatakan seragam apabila data berada diantara kedua batas control, dan tidak seragam apabila berada diluar batas control atas dan batas control bawah.

Dalam penentuan batas control atas (BKA) dan data control bawah (BKB) sering digunakan batas 3σ . Peta control mempunyai batas-batas:

$$\text{BKA} = \bar{X} + 3\sigma_x$$

$$\text{BKB} = \bar{X} - 3\sigma$$

Peta control shewhart dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini :



Gambar 2.1 Peta Kontrol Shewhart

2.10 Pengujian Kecukupan Data

Pengujian kecukupan data dilakukan menjamin agar karakteristik populasi sudah digambarkan oleh karakteristik sampel yang digunakan. Harus diingat bahwa sampel yang banyak menimbulkan usaha/biaya yang semakin besar. Untuk itu perlu ditentukan ukuran sampel yang wajar/normal tan menimbulkan bias terhadap karakteristik populasi.

Misalkan serangkaian pengukuran ini dapat dikelompokkan dalam sub group berukuran n, dimana :

X_i = Data pengamatan ke-I ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

$\bar{X}$ = Harga rata-rata data pengamatan pada sub –group ke I ($I = 1, 2, \dots, n$)

K = Banyaknya sub-group

n = Besarnya sub-group

N = Jumlah Pengamatan yang dilakukan

N' = Jumlah pengamatan yang diperlukan

σ = Standart deviasi data pengamatan

Maka :

a. Harga rata-rata dari data pengamatan adalah :

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{k}$$

b. Standart deviasi dari data pengamatan adalah :

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2}}{n-1}$$

Dengan menggunakan harga tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian 5%. Hal ini berarti bahwa sekurang-kurangnya 95 dari 100 harga rata-rata dari waktu yang dicatat/diukur untuk suatu elemen kerja akan memiliki penyimpangan tidak lebih dari 5 %. Jadi , dengan tingkat kepercayaan 95 % dan tingkat ketelitian 5 % maka :

$$0.05 \times = 2\sigma_x$$

Banyaknya pengamatan yang dilakukan (N') dapat dihitung dengan rumus :

$$N' = \left[\frac{k/s \sqrt{\left(N \sum_{j=1}^N X_j^2 - \left(\sum_{j=1}^N x_j \right)^2 \right)}}{\sum_{j=1}^N X_j} \right]^2$$

2.10.1 Perhitungan Waktu standart

Untuk menghitung waktu standart maka terlebih dahulu menghitung waktu siklus, waktu normal dan waktu baku.

Waktu siklus adalah waktu penyelesaian suatu satuan produk sejak bahan baku mulai diproses ditempat sampai menjadi produk jadi.

Rumus waktu siklus (Ws)

$$W_s = \sum X / N$$

Dimana :

Ws = Waktu Siklus

$\sum X$ = Jumlah data pengamatan

N = Jumlah pengamatan yang dilakukan

Waktu normal adalah waktu yang menunjukkan bahwa seorang operator yang berkualitas baik dan menyelesaikan pekerjaan dalam waktu atau tempat kerja yang normal.

Rumus waktu Normal (Wn)

$$W_n = W_s \times R_f$$

Dimana :

Wn = Waktu Normal

Wf = Rating factor

Waktu standart adalah waktu yang diperlukan seseorang atau sekelompok orang dalam menyelesaikan suatu pekerjaan yang dianggap sudah terampil dengan metode kerja yang sudah ditentukan:

Rumus waktu Standart/baku (Wb)

$$Wb = Wn (1 + All)$$

Dimana :

Wb = Waktu baku/standart

All = Allowence (%)

2.10.2 Penyesuaian dan kelonggaran

Faktor penyesuaian adalah factor yang diperoleh dengan membandingkan kecepatan bekerja dari pada seseorang (operator) dengan kecepatan normal menurut ukuran peneliti :

Ada lima system penyesuaian yang sering dipergunakan yaitu:

1. Skill dan Effort
2. Westinghouse system of rating

Cara Westinghouse mengarahkan penilaian pada empat factor yang dianggap menentukan kewajaran dalam bekerja yaitu ketrampilan, usaha, kondisi kerja dan kensistensi dengan masing-masing.

3. Shumard Rating
4. Objective Rating
5. Synthetic Rating

Dalam menentukan waktu standart diperlukan suatu kelonggaran yang lebih dikenal sebagai allowance. Kelonggaran terbagi 3 bagian yaitu :

1. Personal allowance, yaitu kelonggaran yang diberikan untuk memenuhi kebutuhan pribadi pekerja seperti ke WC, ibadah dan hal pribadi lainnya.
2. Delay Allowance, yaitu waktu yang diberikan pada pekerja sebagai akibat dari keadaan yang tidak terduga yang dapat memperlambat jalannya pekerjaan.
3. Fatigue Allowance, yaitu kelonggaran diberikan untuk memperpanjang datangnya kelelahan.

