

#5**PENGENDALIAN SISTEM PRODUKSI****Materi Pertemuan #5 (Online #4)****Kemampuan Akhir Yang Diharapkan**

Mampu memberikan definisi, ruang lingkup, dan pondasi keilmuan teknik industri serta keterkaitannya dengan bidang ilmu lainnya terkait dengan pengendalian sistem produksi.

Indikator Penilaian

Ketepatan dalam memberikan definisi, ruang lingkup, dan pondasi keilmuan teknik industri serta keterkaitannya dengan bidang ilmu lainnya terkait dengan pengendalian sistem produksi.

5.1. Pendahuluan

Setelah sistem di instalasikan, perhatian Teknik Industri beralih pada pengajuan berbagai metode terbaik untuk mengoperasikan sistem tersebut, seperti:

- 1) Pengendalian Persediaan
- 2) Pengendalian Produksi
- 3) Keseimbangan Lini Perakitan

5.2. Pengendalian Persediaan

Persediaan adalah bahan atau barang yang disimpan yang akan digunakan untuk memenuhi tujuan tertentu, misalnya: untuk digunakan dalam proses produksi/perakitan atau dijual kembali.

Persediaan dapat berupa bahan mentah, bahan pembantu, barang dalam proses, barang jadi ataupun suku cadang. Apabila persediaan besar akan timbul biaya persediaan dan persediaan kecil terjadi kekurangan persediaan.

Persediaan merupakan sumber dana yang menganggur, karena sebelum persediaan digunakan berarti dana yang terkait di dalamnya tidak dapat digunakan.

Fungsi persediaan dalam memenuhi kebutuhan perusahaan:

- 1) Menghilangkan resiko keterlambatan pengiriman barang
- 2) Menghilangkan resiko jika material yang dipesan tidak baik sehingga harus dikembalikan.
- 3) Menghilangkan resiko kenaikan harga barang/inflasi.
- 4) Menghilangkan resiko kesulitan bahan yang tidak tersedia dipasaran (bahan musiman)
- 5) Mendapatkan keuntungan dari potongan kuantitas
- 6) Memberikan pelayanan kepada langganan

Tujuan adanya persediaan adalah:

- 1) Untuk memperoleh diskon sehingga harga per unit jadi kecil.
- 2) Biaya pengangkutan per unit menjadi rendah.
- 3) Agar dapat memenuhi permintaan konsumen/pelanggan sebaik mungkin.
- 4) Mencegah terhentinya produksi karena kekurangan bahan.
- 5) Memperkecil investasi dalam persediaan dan biaya pergudangan.
- 6) Mencapai penggunaan mesin yang optimal.
- 7) Menghilangkan risiko kelangkaan bahan baku (untuk yang bersifat musiman).

Sistem pengendalian persediaan merupakan serangkaian kebijakan pengendalian untuk menentukan:

- 1) Tingkat persediaan yang harus dijaga
- 2) Kapan menambah persediaan harus dilakukan

3) Berapa besar pesanan harus diadakan.

Sehingga menjamin ketepatan dalam jumlah dan waktu.

Berdasarkan fungsinya, persediaan dapat dikelompokkan 4 jenis persediaan, yaitu:

- 1) *Batch stock/lot size inventory*, persediaan diadakan dalam jumlah besar yang dibutuhkan pada saat tertentu. Disini terjadi pembelian besar-besaran, yang tujuannya adalah:
 - a) Memperoleh potongan harga.
 - b) Efisiensi produksi.
 - c) Hemat biaya angkut.
- 2) *Fluctuation stock*, jumlah persediaan disesuaikan dengan jumlah permintaan yang sifatnya berfluktuasi dan tidak beraturan (jumlah persediaan tidak tetap dalam satu periode).
- 3) *Anticipation stock*, persediaan diadakan untuk menghadapi fluktuasi permintaan yang dapat diramalkan, berdasarkan pola musiman dalam satu tahun. Selain itu untuk menjaga kemungkinan sulitnya perolehan bahan baku.
- 4) *Pipeline inventory*, persediaan yang sedang dalam proses pengiriman dari tempat asal barang dipergunakan.

Jenis persediaan berdasarkan jenis dan posisi barang dalam urutan pengerjaan produk, antara lain:

- 1) Bahan baku (*raw materials stock*), meliputi semua bahan yang digunakan dalam proses produksi untuk menghasilkan suatu produk.
- 2) Bagian produk/parts yang dibeli (*purchased parts/component stock*), yaitu barang-barang yang terdiri dari *parts* yang dipesan dari perusahaan lain, yang dapat secara langsung di *assembling* dengan *parts* lain, tanpa melalui proses produksi. Jadi bentuk barang yang merupakan *parts* ini tidak mengalami perubahan bentuk.
- 3) Bahan pembantu/barang perlengkapan (*supplies stock*), yaitu bahan yang diperlukan/ digunakan dalam proses produksi agar berhasil dengan baik, contoh: minyak pelumas yang digunakan untuk memperlancar jalannya mesin produksi.
- 4) Barang setengah jadi/barang dalam proses (*work in process/process stock*).
- 5) Barang jadi (*finished goods stock*).

Biaya-biaya yang timbul dari adanya persediaan, antara lain:

- 1) Biaya pemesanan (*ordering cost*), yaitu biaya yang dikeluarkan untuk pemesanan. Yang termasuk biaya ini antara lain:
 - a) Biaya administrasi pembelian dan penempatan order (*cost of placing order*).
 - b) Biaya pengangkutan dan bongkar muat (*shipping and handling cost*).
 - c) Biaya penerimaan.
 - d) Biaya pemeriksaan.
- 2) Biaya yang terjadi dari adanya persediaan (*inventory carrying cost*), disebut juga sebagai biaya untuk mengadakan persediaan (*stock holding cost*), biaya ini berhubungan dengan tingkat rata-rata persediaan yang selalu ada di gudang, sehingga besarnya bervariasi tergantung jumlah barang di gudang. Yang termasuk dalam biaya ini, antara lain:
 - a) Biaya pergudangan (*storage cost*) terdiri dari:
 - Biaya sewa gudang.
 - Upah dan gaji tenaga pengawas dan pelaksana pergudangan.
 - Biaya peralatan *material handling* di gudang.
 - Biaya administrasi gudang, dll.

- b) Pajak kekayaan atas investasi dalam persediaan untuk jangka waktu satu tahun, dihitung atas dasar investasi dari persediaan rata-rata selama satu tahun.
 - c) Resiko ketinggalan jaman/menjadi tua.
 - d) Kerusakan.
 - e) Kecurian.
 - f) Turunnya nilai/harga barang dalam persediaan.
 - g) Bunga atas modal yang diinvestasikan dalam *inventory* untuk mengganti hilangnya kesempatan menggunakan modal tersebut. Dalam investasi lain sehingga disebut sebagai *cost of forgone investment opportunity*.
- 3) Biaya kekurangan persediaan (*out of stock cost*), yaitu biaya tambahan yang dikeluarkan sebagai berikut:
- a) Pelanggan meminta/memesan suatu barang, sedangkan barang/bahan yang dibutuhkan tidak tersedia.
 - b) Pengiriman kembali pesanan (*order*).
- 4) Biaya yang berhubungan dengan kapasitas (*capacity associated cost*), terdiri dari:
- a) Biaya kerja lembur
 - b) Biaya latihan
 - c) Biaya pemberhentian kerja
 - d) Biaya pengangguran (*idle time cost*)
- Biaya ini terjadi karena adanya penambahan/pengurangan kapasitas produksi.
Hal yang menyebabkan terjadinya persediaan, antara lain:
- 1) Tertundanya penjualan.
 - 2) Kehilangan penjualan.
 - 3) Kehilangan pelanggan.

Sistem produksi memiliki berbagai bentuk persediaan. Diperlukan biaya untuk mengadakan persediaan. Sehingga berbagai persediaan tidak diinginkan bila penyimpanannya tidak berkontribusi langsung dan hanya menjadi biaya tanpa nilai tambah.

Pengendalian persediaan harus mampu memastikan material dan produk tersedia pada saat dibutuhkan dan dalam kuantitas yang diminta. Tujuannya adalah menentukan berbagai kebijakan persediaan yang tepat dan menjadikan semua biaya tetap minimum.

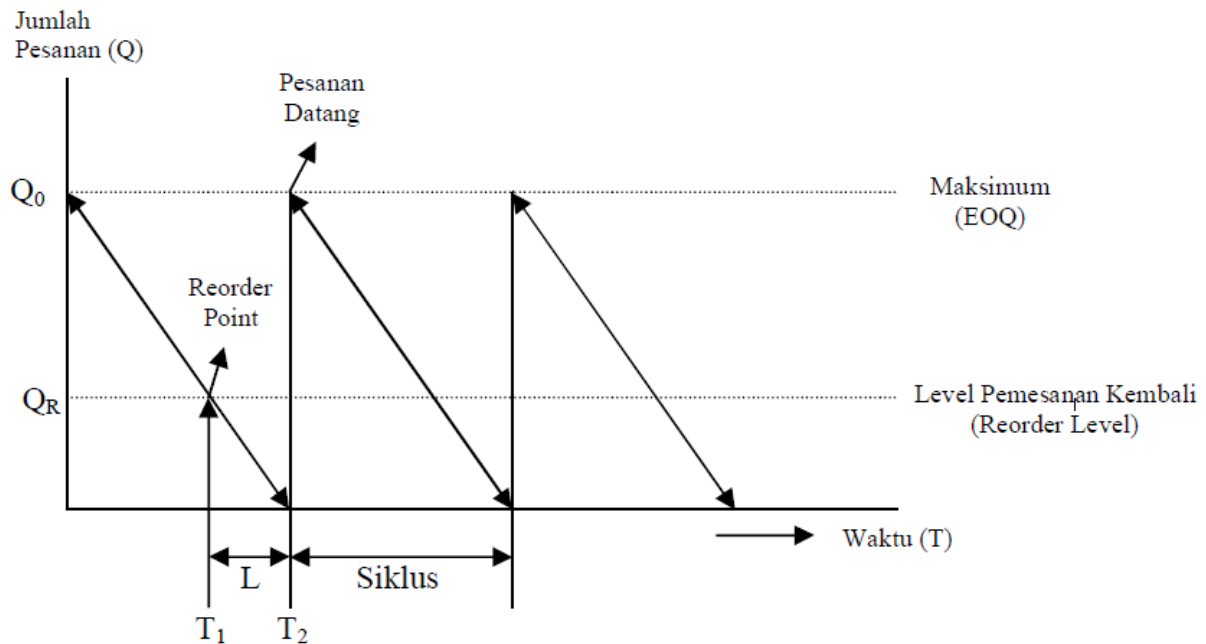
Permasalahan persediaan akan menjawab:

- 1) Berapa banyak yang akan dipesan pada suatu waktu?
- 2) Kapan (atau seberapa sering) melakukan pemesanan?

Untuk permasalahan pengendalian persediaan, metode yang umumnya digunakan adalah metode *Economic Order Quantity* (EOQ) atau metode jumlah pesanan ekonomis, yang memiliki asumsi untuk penggunaannya, antara lain:

- 1) Barang yang dipesan dan disimpan hanya satu macam.
- 2) Kebutuhan/permintaan barang diketahui dan konstan.
- 3) Biaya pemesanan dan biaya penyimpanan diketahui dan konstan.
- 4) Barang yang dipesan, harus diterima dalam satu *batch*.
- 5) Harga barang tetap dan tidak tergantung dari jumlah yang dibeli (tidak ada potongan kuantitas).
- 6) Waktu tenggang (*lead time*) diketahui dan konstan.

Hubungan jumlah unit dan waktu dalam model EOQ terlihat dalam Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Grafik Model EOQ
(Sumber: Nurcahyo, 2005)

Gambar 5.1 menyatakan bahwa pada periode ke-0, jumlah persediaan yang ada adalah sebesar Q_0 . Kemudian berkurang secara linear seiring waktu sesuai penggunaannya. Pada saat persediaan mencapai titik Q_R , yaitu pada T_1 , dilakukan pemesanan sejumlah Q_0 unit. Material dikirim dari agen selama L hari. L adalah *lead time*, yaitu selisih waktu mulai dari pemesanan hingga barang tiba di gudang. Barang sejumlah Q_0 datang digudang pada saat T_2 .

Biaya pemesanan per tahun

$$= \text{Frekuensi Pesanan} \times \text{Biaya Pesan} = \frac{D}{Q} \times S$$

Biaya penyimpanan per tahun

$$= \text{Persediaan Rata-rata} \times \text{Biaya Penyimpanan} = \frac{D}{2} \times H$$

Total biaya per tahun

$$= \text{Biaya Pemesanan} + \text{Biaya penyimpanan} = \left(\frac{D}{Q} \times S\right) + \left(\frac{D}{2} \times H\right)$$

EOQ terjadi bila:

$$\text{Biaya Pemesanan} = \text{Biaya penyimpanan} \leftrightarrow \left(\frac{D}{Q} \times S\right) + \left(\frac{D}{2} \times H\right)$$

Sehingga:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Q^* adalah EOQ, yaitu jumlah pemesanan yang memberikan biaya total persediaan rendah.

Dimana:

- Q^* = Kuantitas pesanan optimal/EOQ (unit/pesanan)
- D = Permintaan tahunan (unit/tahun)
- S = Biaya pemesanan per pesanan (satuan mata uang/pesanan)
- H = Biaya penyimpanan per unit/tahun (satuan mata uang/unit/tahun)
= $h \times c$
- h = Biaya penyimpanan (% terhadap nilai barang)
- C = Harga barang (satuan mata uang/unit)
- Q = Jumlah pesanan (unit/pesanan)
- F = Frekuensi pemesanan (kali/tahun)
- T = Jarak waktu antar pesanan (tahun, hari)
- TC = Biaya total persediaan (satuan mata uang/tahun)

Contoh 5.1.: KASUS PENGENDALIAN PERSEDIAAN

Sebuah perusahaan memiliki permintaan tahunan sebesar 1000 unit/tahun. Untuk kebutuhan produksinya, perusahaan tersebut menerapkan sistem persediaan dengan biaya penyimpanan sebesar \$0,50 per unit/tahun. Adapun biaya pemesanan untuk materialnya adalah \$10 per pesanan. Tentukan jumlah pesanan yang optimal.

Solusi:

Diketahui:

- $D = 1000$ unit/tahun
- $H = \$0,50$ per unit/tahun
- $S = \$10$ per pesanan

Maka:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2(1000)(10)}{0,50}} = \sqrt{40000}$$

$$Q^* = 200 \text{ unit}$$

$$F = \frac{D}{Q} = \frac{1000}{200}$$

$$F = 5 \text{ kali/tahun}$$

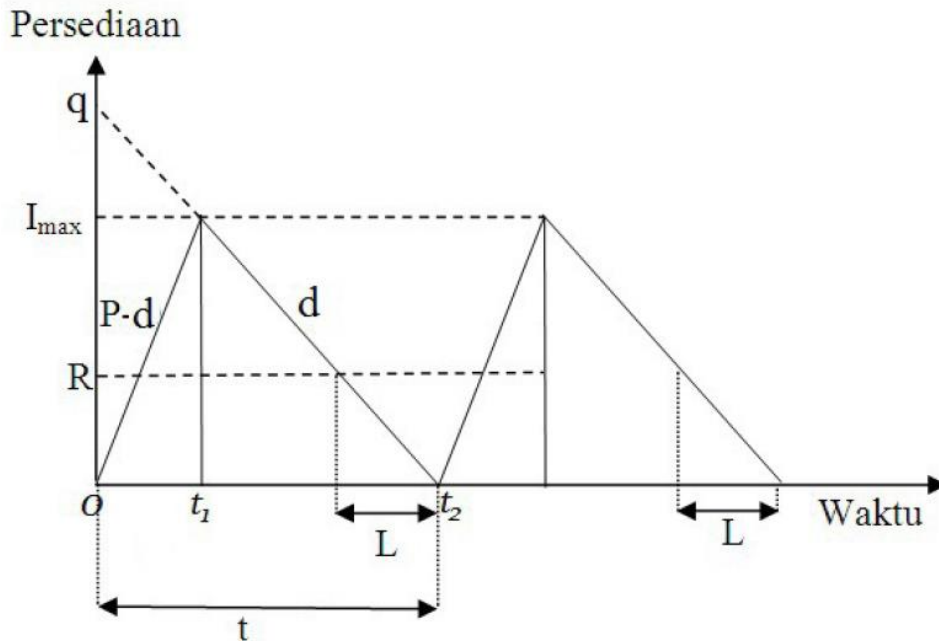
$$T = \frac{\text{Jumlah hari kerja pertahun}}{\text{Frekuensi pesanan}} = \frac{365}{5}$$

$$T = 73 \text{ hari}$$

5.3. Pengendalian Produksi

Pengendalian produksi terkait dengan perencanaan detail tingkat pabrik dan eksekusi produksi untuk memastikan kapabilitas yang diminta tersedia pada saat dibutuhkan.

Model pengendalian produksi yang umum digunakan adalah metode *Economic Production Quantity* (EPQ), yang merupakan model persediaan dimana pengadaan bahan baku berupa komponen tertentu diproduksi secara massal dan dipakai sendiri sebagai sub komponen suatu produk jadi oleh perusahaan. Deskripsi model persediaan EPQ dapat dilihat melalui Gambar 5.2.



Gambar 5.2. Grafik Model EPQ
(Sumber: Soraya, 2013)

Dari Gambar 5.2 dapat diketahui bahwa jumlah produksi selama waktu t harus memenuhi jumlah permintaan harian (d) selama waktu t tersebut, dinotasikan sebagai: $q = dt$. Produksi dilakukan pada masa $[0, t_1]$ dengan tingkat produksi sebesar P , seiring dengan pemenuhan permintaan. Karena jumlah produksi adalah $q = t_1 \cdot P$, maka $t_1 = \frac{q}{P}$. Pada masa ini, persediaan mencapai maksimum, yaitu sebesar $I_{max} = t_1(P - d)$, sedangkan rata-rata persediaan adalah $\bar{I} = t_1 \left(\frac{P-d}{2} \right)$. Pada masa $[t_1, t_2]$ proses produksi berhenti, sedangkan permintaan tetap dipenuhi, sehingga terjadinya penurunan persediaan sebesar d . Jika persediaan telah mencapai tingkat R , maka harus dilakukan pengadaan bahan baku untuk proses produksi selanjutnya selama masa L .

Untuk pengendalian produksi dengan menggunakan metode EPQ digunakan persamaan:

$$Q_p^* = \sqrt{\frac{2DS}{H \left(1 - \frac{d}{p}\right)}}$$

Dimana:

- Q_p^* = Kuantitas pesanan optimal (EPQ)
- D = Permintaan tahunan
- S = Biaya pemesanan per pesan atau biaya set-up
- H = Biaya penyimpanan per unit/tahun
- d = Rata-rata permintaan harian
- p = Rata-rata produksi harian

Contoh 5.2.: Kasus Pengendalian Produksi

Sebuah perusahaan memiliki peramalan penjualan sebesar 1000 unit untuk tahun depan dengan permintaan harian rata-rata 4 unit. Untuk saat ini, produksi harian perusahaan tersebut sebesar 8 unit dengan biaya pemesanan material sebesar \$10 per pesanan dan biaya penyimpanan sebesar \$0,50 per unit/tahun. Tentukan jumlah pesanan yang optimal.

Solusi:

Diketahui:

- $D = 1000$ unit/tahun
- $d = 4$ unit
- $p = 8$ unit
- $S = \$10$ per pesanan
- $H = \$0,50$ per unit/tahun

Maka:

$$Q_p^* = \sqrt{\frac{2DS}{H\left(1 - \frac{d}{p}\right)}} = \sqrt{\frac{2(1000)(10)}{0,50\left(1 - \frac{4}{8}\right)}} = 282,8 \approx 283 \text{ unit}$$

$$Q_p^* = 282,8 \approx 283 \text{ unit}$$

5.4. Keseimbangan Lini Perakitan

Istilah Keseimbangan Lini atau *Line Balancing* atau *Assembly Line Balancing* merupakan suatu metode penugasan sejumlah pekerjaan ke dalam stasiun kerja-stasiun kerja yang saling berkaitan dalam satu lini produksi sehingga setiap stasiun kerja memiliki waktu yang tidak melebihi waktu siklus dari stasiun kerja tersebut.

Keterkaitan sejumlah pekerjaan dalam suatu lini produksi harus dipertimbangkan dalam menentukan pembagian pekerjaan ke dalam masing-masing stasiun kerja. Hubungan atau saling keterkaitan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya digambarkan dalam suatu *precedence diagram* atau diagram pendahuluan, sedangkan hubungan itu disebut *precedence job* atau *precedence network*. (Bedworth, David. D, 1982; Elsayed, A, 1985)

Dalam suatu perusahaan yang mempunyai tipe produksi masal, yang melibatkan sejumlah besar komponen yang harus dirakit, perencanaan produksi memegang peranan yang penting dalam membuat penjadwalan produksi, terutama dalam pengaturan operasi-operasi atau penugasan kerja yang harus dilakukan.

Bila pengaturan dan perencanaannya tidak tepat, maka setiap stasiun kerja di lintas perakitan mempunyai kecepatan produksi yang berbeda. Hal ini akan mengakibatkan lintas perakitan tersebut tidak efisien karena terjadi penumpukan material/produk setengah jadi di antara stasiun kerja yang tidak berimbang kecepatan produksinya. Akibat sampingan lainnya adalah kompensasi biaya-biaya yang hilang serta akibat psikologis yang negatif bagi si pekerja.

Persoalan keseimbangan lintasan perakitan bermula dari adanya kombinasi penugasan kerja kepada operator atau grup operator yang menempati tempat kerja tertentu. Karena penugasan elemen kerja (*work elemen*) yang berbeda akan menyebabkan perbedaan dalam sejumlah waktu yang tidak produktif dan variasi jumlah pekerja yang dibutuhkan untuk menghasilkan output produksi tertentu di dalam suatu lintas perakitan.

Masalah kombinasi tersebut menjadi masalah penyeimbangan lintas perakitan, penyeimbangan operasi atau stasiun kerja dengan tujuan untuk mendapatkan waktu yang sama di setiap stasiun kerja sesuai dengan kecepatan produksi yang diinginkan.

Masalah utama yang dihadapi dalam lintasan produksi adalah: (Biegel, 1992)

- 1) Kendala sistem, yang erat kaitannya dengan *maintenance* (perawatan).
- 2) Menyeimbangkan beban kerja pada beberapa stasiun kerja (*work station*), untuk:
 - a) Mencapai suatu efisiensi yang tinggi
 - b) Memenuhi rencana produksi yang telah dibuat

Gejala ketidakseimbangan lintasan produksi, antara lain:

- a) Adanya stasiun kerja yang sibuk dan *idle* yang menyolok.
- b) Adanya *work in process* (produk setengah jadi) pada beberapa stasiun kerja.

Sedangkan hal-hal yang dapat mengakibatkan ketidakseimbangan pada lintasan produksi, antara lain:

- a) Rancangan lintasan yang salah.
- b) Peralatan atau mesin sudah tua sehingga seringkali *breakdown* dan perlu di *set-up* ulang.
- c) Operator yang kurang terampil dan metode kerja yang kurang baik.

Rancangan lintasan produksi yang seimbang bertujuan: (Elsayed, 1985)

1. Untuk menyeimbangkan beban kerja yang dialokasikan pada setiap stasiun kerja sehingga pekerjaan dapat selesai dalam waktu yang seimbang dan mencegah terjadinya *bottleneck*.
2. Menjaga lini perakitan agar tetap lancar dan kontinu berlangsung.

Pada usaha pencapaian keseimbangan lini, terdapat beberapa cara yang dikenal, antara lain: (Buffa Elwood S, 1984)

1) Penumpukan material

Cara ini dengan membuat tumpukan material pada stasiun kerja yang lambat. Kemudian pada stasiun kerja ini harus melakukan kerja lembur atau menambah tenaga kerja. Cara ini merupakan cara yang paling mudah, tetapi tidak menjadikan lebih baik karena dengan adanya penumpukan material akan mengakibatkan pemborosan waktu pada stasiun kerja yang lain dan pemborosan ruangan yang dipakai.

2) Pergerakan operator

Caranya adalah apabila seorang operator mempunyai waktu operasi yang lebih cepat dari operator lainnya, ia dapat bergerak sepanjang lini produksi tersebut untuk membantu operator lainnya yang waktu operasinya lebih lama.

3) Pemecahan elemen pekerjaan

Cara ini dilakukan jika suatu operasi membutuhkan waktu yang lebih singkat daripada stasiun kerja lainnya. Operator tersebut dapat menangani lebih dari satu operasi, misalnya menyusun sub rakitan jika operasi ini dilakukan di luar lininya atau membantu operasi lainnya maupun bekerja pada lini yang lain.

4) Perbaikan operasi

Cara ini harus ditempuh melalui perbaikan metode kerja khususnya jika terdapat operasi yang lebih lama dibandingkan dengan yang lainnya dan memerlukan waktu set up yang lama. Studi gerakan akan selalu menghasilkan cara yang lebih baik untuk melakukan pekerjaan dan akan mengurangi waktu kerja yang dibutuhkan.

5) Perbaikan performansi operator

Pada umumnya operasi yang mengalami kemacetan (*bottleneck*) dapat diseimbangkan melalui penambahan latihan pada operator yang bersangkutan atau pergantian operator dengan operator yang bekerja lebih cepat atau lebih baik. Performansi keseimbangan lini produksi yang baik dapat diketahui melalui efisiensi lini dan efisiensi dari stasiun kerja.

6) Pengelompokan operasi

Cara ini berusaha untuk mengelompokkan beberapa operasi atau elemen kerja hasil pembagian ke dalam grup-grup atau stasiun-stasiun kerja secara seimbang, sehingga setiap grup memiliki waktu kerja yang sama panjang.

Pada umumnya, merencanakan suatu keseimbangan di dalam sebuah lini perakitan meliputi usaha yang bertujuan untuk mencapai suatu kapasitas optimal, dimana tidak terjadi penghambatan fasilitas. Tujuan tersebut dapat tercapai bila:

- 1) Lini perakitan bersifat seimbang, setiap stasiun kerja mendapat tugas yang sama nilainya diukur dengan waktu.
- 2) Stasiun-stasiun kerja berjumlah minimum.
- 3) Jumlah waktu menganggur di setiap stasiun kerja sepanjang lini perakitan minimum.

Dengan demikian, kriteria yang umum digunakan dalam suatu keseimbangan lini perakitan adalah:

- 1) Minimum waktu menganggur.
- 2) Minimum keseimbangan waktu senggang (*balance delay*).

Selain itu ada pula yang menggunakan maksimum efisiensi, tetapi pada prinsipnya ketiga hal tersebut sama. Waktu menganggur biasanya digunakan untuk menyatakan ukuran ketidakseimbangan suatu lini produksi.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa keseimbangan lini perakitan tersebut didasarkan pada hubungan, antara lain:

- 1) Kecepatan produksi (*production rate*).
- 2) Operasi-operasi yang diperlukan dan urutan-urutan kebergantungan (*sequence*).
- 3) Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap operasi (*work element time*).
- 4) Jumlah operator/pekerja yang melakukan operasi tersebut.

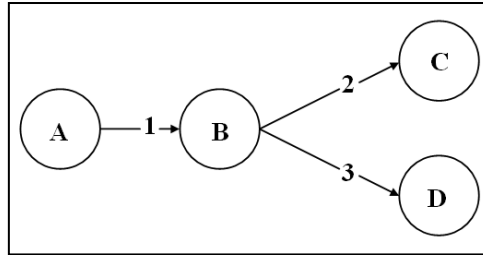
5.4.1. Terminologi *Line Balancing*

Beberapa istilah yang ada dalam *line balancing*, antara lain:

- 1) *Work Element*, merupakan bagian dari keseluruhan pekerjaan dalam proses assembly. Umumnya, N didefinisikan sebagai jumlah total dari elemen kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu assembly dan i adalah elemen kerja.
- 2) *Workstation (WS)*, merupakan lokasi pada lini *assembly* atau pembuatan suatu produk dimana pekerjaan diselesaikan baik manual maupun otomatis. Jumlah minimum dari stasiun kerja adalah K , dimana K harus $\leq i$.
- 3) *Minimum Rational Work Element* (Elemen Kerja Terkecil), untuk menyeimbangkan pekerjaan dalam setiap stasiun yang ada maka pekerjaan tersebut harus dipecah menjadi elemen-elemen pekerjaan. Elemen kerja minimum adalah elemen pekerjaan terkecil dari suatu pekerjaan yang tidak dapat dibagi-bagi lagi.
- 4) *Total Work Content* (Total Waktu Pengerjaan), merupakan jumlah dari seluruh waktu pengerjaan setiap elemen pekerjaan dari suatu lini.
- 5) *Workstation Process Time* (Waktu Proses Stasiun Kerja), merupakan elemen pekerjaan yang diselesaikan dalam satu stasiun kerja (*work station*) dapat terdiri dari satu elemen pekerjaan atau lebih. Waktu proses dalam stasiun kerja merupakan penjumlahan dari seluruh waktu pengerjaan setiap elemen kerja yang berada di dalam stasiun kerja tersebut.
- 6) *Precedence Constraints* (Pembatas Pendahulu), dalam menyelesaikan suatu elemen pekerjaan seringkali terdapat urutan-urutan teknologi yang harus terpenuhi sebelumnya agar elemen itu dapat dijalankan.
Beberapa tipe pembatas dalam keseimbangan lini adalah:
 - a) Pembatas teknologi (*technological restriction*). Pembatas ini disebut juga *precedence constraints* dalam bahasa keseimbangan lintasan. Yang dimaksud dengan pembatas teknologi adalah proses pengerjaan yang sudah tertentu, misalnya suatu proses tidak mungkin dikerjakan bila proses sebelumnya belum dikerjakan, atau suatu proses harus dilakukan langsung segera setelah penyelesaian suatu proses tertentu. Urutan proses serta ketergantungannya digambarkan dalam suatu diagram ketergantungan (*precedence diagram*) dan *operating process chart* (OPC).
 - b) Pembatas Fasilitas (*facility restriction*). Pembatas disini adalah akibat adanya fasilitas / mesin yang tidak dapat dipindahkan (fasilitas tetap).
 - c) Pembatas Posisi (*positional restriction*). Membatasi pengelompokan elemen-elemen kerja karena orientasi produk terhadap operator yang sudah tertentu.
- 7) *Zoning constraint*. Terdiri atas *Positive Zoning Constraint* dan *Negative Zoning Constraint*. *Positive Zoning Constraint* berarti bahwa elemen-elemen pekerjaan tertentu harus ditempatkan saling berdekatan dalam stasiun kerja yang sama.
- 8) *Negative Zoning Constraint* menyatakan bahwa jika satu elemen pekerjaan dengan elemen pekerjaan lain sifatnya saling mengganggu maka sebaiknya tidak ditempatkan saling berdekatan. Sebagai ilustrasi, suatu elemen pekerjaan dengan elemen pekerjaan membutuhkan koordinasi yang baik dan hati-hati sebaiknya tidak ditempatkan berdekatan dengan stasiun kerja yang menimbulkan kegaduhan dan getaran keras / berat.
- 9) *Precedence Diagram* (Diagram Pendahulu), adalah suatu gambaran secara grafis dari suatu urutan pekerjaan yang memperlihatkan keseluruhan operasi pekerjaan dan ketergantungan masing-masing operasi pekerjaan tersebut dimana elemen pekerjaan tertentu tidak dapat dikerjakan sebelum elemen

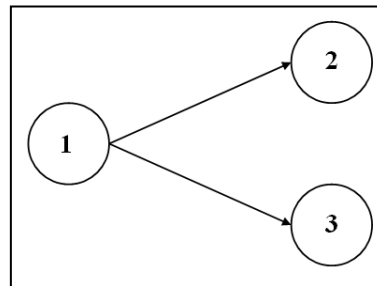
pekerjaan yang mendahuluinya dikerjakan lebih dulu. Diagram pendahuluan dapat dibuat dengan 2 alternatif, yaitu:

- a) Diagram AOA (*Activity on Arrow*), dimana setiap aktivitas digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan 2 *node* (lingkaran), seperti pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3. Diagram AOA

- b) Diagram AON (*Activity on Node*), dimana setiap aktivitas digambarkan dalam bentuk lingkaran (*node*), sedangkan tanda panah menunjukkan aliran aktivitas, seperti pada gambar 5.2.



Gambar 5.4. Diagram AON

- 10) *Balance Delay*, merupakan rasio dari total waktu menganggur dengan keterkaitan waktu siklus dan jumlah stasiun kerja atau dengan kata lain jumlah antara *balance delay* dan *line efficiency* sama dengan 1. Secara matematis, dapat dituliskan sebagai berikut:

$$BD = \frac{n \cdot W_d - \sum_{i=1}^n W_i}{n \cdot W_d} \times 100\%$$

Dimana:

- BD = *balance delay* = keseimbangan waktu senggang
- n = jumlah stasiun kerja
- W_d = waktu stasiun terbesar/waktu daur (*cycle time*)
- W_i = waktu sebenarnya pada setiap stasiun
- i = 1,2,3,...,n

atau

$$BD = 100\% - LE$$

Dimana:

- LE = *line efficiency* = efisiensi lini

- 11) *Assembled Product*, merupakan produk yang melewati suatu urutan stasiun kerja dimana pekerjaan-pekerjaan diatur dan mencapai pada stasiun akhir.
- 12) *Cycle Time (CT)*, merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menyelesaikan produk dari lini perakitan dengan asumsi setiap assembly mempunyai kecepatan yang konstan. Nilai minimum dari waktu siklus \geq waktu stasiun yang terpanjang.

$$T_c \geq \max T_{si}$$

- 13) *Delay Time of A Station*, merupakan selisih antara waktu siklus dengan waktu stasiun. Perbedaan antara waktu stasiun dengan waktu siklus atau disebut juga *idle time*.

$$\text{Waktu Mengganggu Stasiun} = W_d - W_i$$

$$\text{Total Waktu Mengganggu} = n \cdot W_d - \sum_{i=1}^n W_i$$

- 14) *Line Efficiency (Efisiensi Lini)*, merupakan rasio dari total waktu stasiun terhadap keterkaitan waktu siklus dengan jumlah stasiun kerja yang dinyatakan dalam persentase.

$$LE = \frac{\sum TS_i}{(K)(CT)} \times 100\%$$

Dimana:

- LE = *line efficiency* = efisiensi lini
- TS_i = *station time* atau waktu stasiun ke-i
- K = jumlah total stasiun kerja
- CT = *cycle time* atau waktu siklus terpanjang

- 15) *Station Efficiency (Efisiensi Stasiun Kerja)*, merupakan rasio dari waktu kerja terhadap waktu siklus atau waktu stasiun kerja terbesar.

$$SE = \frac{TS_i}{CT} \times 100\%$$

Dimana:

- SE = *station efficiency* (efisiensi stasiun kerja)

5.4.2. Langkah-Langkah dalam *Line Balancing*

Langkah-langkah yang perlu diketahui dalam melakukan penyeimbangan lini adalah: (Chase dan Aquilano, 1995)

- 1) Tentukan hubungan antara pekerjaan-pekerjaan yang terlibat dalam suatu lini produksi dan hubungan atau keterkaitan antara pekerjaan tersebut digambarkan dalam *precedence diagram*.
- 2) Menentukan waktu siklus yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan:

$$CT = \frac{\text{waktu produksi per hari}}{\text{output per hari (unit)}}$$

- 3) Menentukan jumlah minimum stasiun kerja teoritis yang dibutuhkan untuk memenuhi pembatas waktu siklus dengan menggunakan persamaan:

$$N = \frac{\text{jumlah total dari waktu pekerjaan setiap elemen}}{\text{waktu siklus (CT)}}$$

- 4) Memilih metode untuk melakukan penyeimbangan lini.
5) Menghitung efisiensi lini, efisiensi stasiun kerja, waktu menganggur dan balance delay berdasarkan metode yang dipilih untuk melihat performansi keseimbangan lintasan produksi.

5.4.3. Metode Keseimbangan Lini Produksi

Metode yang paling umum adalah dengan mendistribusikan elemen-elemen kerja pada beberapa stasiun sehingga memiliki waktu yang hampir sama besar. Kemudian, dilakukan pemindahan beberapa elemen kerja dari suatu stasiun ke stasiun lainnya.

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyeimbangkan lintasan produksi. Secara umum terdapat tiga metode dasar, yaitu:

1) Metode Analitik (matematik). (Riggs, James L, 1976)

Merupakan metode yang dapat menghasilkan suatu solusi optimal. Metode keseimbangan lini ini, mempunyai karakteristik dalam pemecahan masalah, adalah dalam pendekatan secara kuantitatif atau matematis. Umumnya pendekatan ini menggunakan operation research dalam mengoptimalkan lintasan, seperti penggunaan:

- a) *Linear programming*
- b) *Dynamic programming*

Penggunaan *linear programming* untuk memecahkan masalah keseimbangan lintasan dikemukakan oleh M.E. Salvenson yang memecahkan masalah ini dengan mengelompokkan operasi-operasi ke dalam sejumlah kombinasi dan menganalisa kemungkinan untuk menetapkan kombinasi-kombinasi tadi menjadi tugas sepanjang lintasan assembling. Penggunaan linear programming dalam memecahkan masalah keseimbangan lintasan ini dikemukakan oleh E.H. Bowman. Ia juga menggunakan *integer linear programming* untuk memastikan bahwa setiap tugas dibebankan hanya kepada stasiun, sedangkan Bowman menggunakan dua *integer programming* secara terpisah, tetapi prinsip dari metode yang terakhir ini adalah sama dengan Salvenson. Metode *integer linear programming* yang dikemukakan Bowman kemudian diperbaiki oleh W.W. White.

Ketiga metode untuk memecahkan masalah keseimbangan lintasan dengan menggunakan *linear programming* seperti yang telah diuraikan di atas, melibatkan banyak persamaan-persamaan matematis dan sejumlah variabel untuk mendapatkan solusinya. Meskipun pendekatan ini *exact* dan keoptimalannya dapat dijamin akan tetapi apabila persoalan lintasan *assembling* menjadi kompleks dan melibatkan banyak pekerjaan, maka pendekatan dengan linear programming ini menjadi tidak praktis.

Berkenaan dengan pemilihan alternatif atas kombinasi operasi *assembly*, J.R. Jacson mengemukakan metode keseimbangan lintasan dengan menggunakan *dynamic programming*. Ia mengemukakan prosedur eliminasi yang sistematis atas

alternatif-alternatif yang kurang berharga. Eliminasi dilakukan berturut-turut pada tingkat analisa ke arah optimasi lintas *assembly*, dengan demikian jumlah alternatif dapat dibatasi. Hal ini dimaksudkan untuk menyederhanakan analisa persoalan yang dihadapi. Metode ini lebih cocok dihitung secara manual dan untuk operasi yang masih sedikit, dengan demikian metode ini menjadi kurang praktis dan memerlukan ketelitian dan usaha yang besar dalam memecahkan persoalan lintasan assembling yang berskala besar.

Secara umum metode analitik ini memiliki prosedur yang dijelaskan sebagai berikut: (Buffa Elwood S, 1984)

- a) Tetapkan keputusan variabel, yaitu variabel x dan y .
- b) Tetapkan fungsi tujuan (Z), yaitu persamaan linear yang berkaitan dengan keputusan variabel, yang menunjukkan tujuan usaha pemecahan persoalan. Persamaan ini menaksir pengaruh tujuan dalam pemilihan nilai keputusan variabel yang berbeda.

Secara umum fungsi tujuan Z dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Maksimum } Z = ax + by$$

Dimana:

- a = jumlah kontribusi dari variabel x .
- b = jumlah kontribusi dari variabel y .

- c) Tetapkan batasan (*constraints*) sebagai hitungan linear yang meliputi keputusan variabel. Batasan menunjukkan restriksi pada keputusan-keputusan itu. Alternatif-alternatif dapat dibentuk melalui pemilihan nilai-nilai untuk keputusan variabel yang diperlukan untuk tekanan-tekanan itu.

2) Metode Heuristic. (Bedworth, David.D, 1982).

Heuristic berasal dari bahasa Yunani yang berarti "menemukan". Metode Heuristic ini pertama kali digunakan oleh Simon and Newll untuk menggambarkan pendekatan tertentu untuk memecahkan masalah dan membuat keputusan. Model Heuristic menggunakan aturan-aturan yang logis dalam memecahkan masalah. Inti dari pendekatan secara heuristic adalah untuk mengaplikasikan rutin secara selektif yang mengurangi bentuk permasalahan. Sebagai contoh, masalah produksi yaitu line balancing yang dapat dipecahkan dengan mengurangi keseluruhan sistem menjadi rangkaian line balancing sederhana yang dapat dipelajari secara analitis. Bentuk lain dari pengurangan adalah digunakan pada aturan yang relatif sederhana yaitu diterapkan secara berulang sampai semua hasil keputusan telah dibuat.

Model heuristic tidak menjamin hasil optimal, tetapi model ini dirancang untuk menghasilkan strategi yang relatif lebih baik dengan mengacu pada pembatas-pembatas tertentu. Model heuristic ini banyak dipakai dalam masalah *line balancing*.

Kriteria pokok pendekatan dengan metode ini adalah:

- a) Pemecahan yang lebih baik dan lebih cepat
- b) Lebih murah daripada metode yang lainnya.
- c) Usaha yang dikeluarkan relatif lebih kecil.

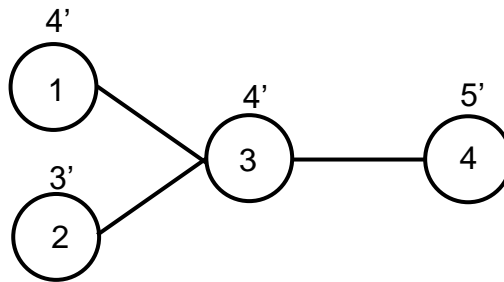
Beberapa metode heuristic yang umum dikenal, antara lain:

a) Metode Helgesson-Birnie / *Ranked Positional Weight (RPW)*

Yang dimaksud dengan bobot posisi dari suatu tugas adalah jumlah waktu pelaksanaan semua tugas-tugas yang mengikutinya. Cara penentuan bobot dari *precedence diagram* yang dimulai dari proses akhir.

Bobot (RPW) = waktu proses operasi tersebut + waktu proses operasi-operasi yang berikutnya.

Contoh pembobotan untuk RPW dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5. Contoh Pembobotan Untuk RPW

Dari Gambar 5.5 dapat di tentukan bobot untuk setiap operasi berdasarkan metode RPW, yaitu:

- Bobot untuk operasi 4 adalah 5
- Bobot untuk operasi 3 adalah $4 + \text{RPW}(4) = 4 + 5 = 9$
- Bobot untuk operasi 2 adalah $3 + \text{RPW}(3) = 3 + 9 = 12$, dan seterusnya.

Pengelompokan operasi ke dalam stasiun kerja dilakukan atas dasar urutan RPW (dari yang terbesar) dan juga memperhatikan pembatas berupa waktu siklus.

Metode Heuristic ini mengutamakan waktu elemen kerja yang terpanjang, dimana elemen kerja ini akan diprioritaskan terlebih dahulu untuk ditempatkan dalam stasiun kerja dan diikuti oleh elemen kerja yang lain yang memiliki waktu elemen yang lebih rendah. Proses ini dilakukan dengan memberikan bobot. Bobot ini diberikan pada setiap elemen kerja dengan memperhatikan diagram precedence. Dengan sendirinya elemen pekerjaan yang memiliki ketergantungan yang besar akan memiliki bobot yang semakin besar pula, dengan kata lain akan diprioritaskan. (Bedworth, David.D, 1982).

Adapun metode ini memiliki prosedur yang dapat dijelaskan sebagai berikut: (Bedworth, David.D, 1982; Elsayed, 1985; Buffa, Elwood S., 1978).

1. Gambar jaringan *precedence* sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.
2. Tentukan *positional weight* (bobot posisi) untuk setiap elemen pekerjaan dari suatu operasi yang memiliki waktu penyelesaian (waktu baku) terpanjang mulai dari awal pekerjaan hingga ke akhir elemen pekerjaan yang memiliki waktu penyelesaian (waktu baku) terendah.
3. Urutkan elemen pekerjaan berdasarkan *positional weight* pada langkah ke 2 diatas. Elemen pekerjaan yang memiliki *positional weight* tertinggi diurutkan pertama kali.
4. Lanjutkan dengan menempatkan elemen pekerjaan yang memiliki *positional weight* tertinggi hingga ke yang terendah ke setiap stasiun kerja.
5. Jika pada setiap stasiun kerja terdapat kelebihan waktu, dalam hal ini waktu stasiun melebihi waktu siklus, tukar atau ganti elemen pekerjaan yang ada dalam stasiun kerja tersebut ke stasiun kerja berikutnya selama tidak menyalahi diagram *precedence*.
6. Ulangi langkah ke-4 dan ke-5 di atas sampai seluruh elemen pekerjaan sudah ditempatkan ke dalam stasiun kerja.

b) *Region Approach*

Pendekatan ini merupakan perbaikan Helgesson-Birnie oleh Mansoor dimana dijamin memberikan hasil yang optimal. Pendekatan ini melibatkan pertukaran antara pekerjaan setelah keseimbangan mula-mula diperoleh. Pendekatan ini tidak layak

untuk jaringan yang besar serta kombinasi pekerjaannya yang dapat dipertukarkan dapat menjadi kaku. (Bedworth, David.D, 1982).

Dasarnya adalah OPC yang ditransformasikan menjadi *precedence diagram* dengan langkah-langkah sebagai berikut: (Bedworth, David D., 1982).

1. Membuat jaringan *precedence*.
2. Membagi operasi dalam *precedence diagram* dalam beberapa region / daerah dari kiri ke kanan dengan syarat dalam satu daerah tidak boleh ada operasi yang saling bergantung. Kumpulkan semua pekerjaan ke wilayah *precedence* yang terakhir. Hal ini akan meyakinkan bahwa pekerjaan dengan sedikit ketergantungan akan paling sedikit dipertimbangkan untuk pekerjaan paling akhir dalam jadwal.
3. Dalam tiap-tiap wilayah *precedence* urutkan waktu pekerjaan dari yang maksimum ke yang minimum. Ini akan meyakinkan pekerjaan terbesar akan dipertimbangkan terlebih dahulu, memberikan kesempatan untuk memperoleh kombinasi yang lebih baik dengan pekerjaan-pekerjaan yang lebih kecil.
4. Kumpulkan pekerjaan-pekerjaan dengan urutan sebagai berikut:
 - Mula-mula wilayah paling kiri.
 - Dalam sebuah wilayah, mula-mula dikerjakan pekerjaan yang terbesar.
5. Kelompokkan operasi dalam stasiun kerja, berdasarkan syarat yang tidak melebihi waktu siklus yang telah ditetapkan. Di akhir tiap-tiap stasiun kerja, putuskan apakah penggunaan waktunya dapat diterima. Jika tidak, periksa semua pekerjaan yang memiliki hubungan *precedence*. Tentukan apakah penggunaan akan meningkat bila dilakukan pertukaran pekerjaan yang *precedence* dengan pekerjaan yang sedang dipertimbangkan. Bila ya, lakukan pertukaran.
6. Teruskan hingga semua elemen pekerjaan ditempatkan pada semua stasiun kerja.
7. Susun pola aliran produksi.

c) Metode *Largest Candidate Rule*

Merupakan metode yang paling sederhana. Adapun prosedur tersebut secara detil dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Urutkan semua elemen kerja dari yang paling besar waktunya hingga yang paling kecil.
2. Elemen kerja pada stasiun kerja pertama diambil dari urutan yang paling atas. Elemen kerja pindah ke stasiun kerja berikutnya, apabila jumlah elemen kerja telah melebihi waktu siklus.
3. Lanjutkan proses langkah 2, hingga semua elemen kerja telah berada dalam stasiun kerja dan memenuhi \leq waktu siklus (*cycle time*).

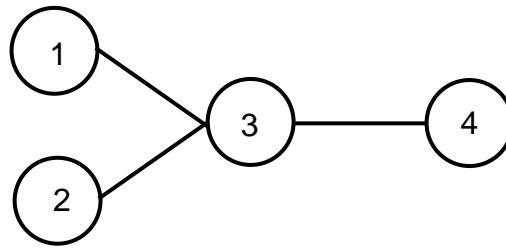
d) Metode J-Wagon

Metode heuristic ini mengutamakan jumlah elemen kerja yang terbanyak, dimana elemen kerja tersebut akan diprioritaskan terlebih dahulu untuk ditempatkan dalam stasiun kerja dan diikuti oleh elemen kerja lain yang memiliki jumlah elemen kerja yang lebih sedikit. (Aquilano & Chase, 1995)

Apabila terdapat dua elemen kerja yang memiliki nilai bobot yang sama, maka prioritas akan diberikan kepada elemen kerja yang memiliki waktu pengerjaan lebih besar. Sedangkan prosedur selanjutnya, sama dengan metode Helgesson-Birnie (*Ranked Positional Weight*), hanya saja dalam menentukan bobot yang dihitung adalah jumlah operasi (bukan waktu operasi).

Bobot (J-Wagon) = jumlah proses operasi-operasi yang bergantung pada operasi tersebut.

Contoh pembobotan untuk J-Wagon dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6. Contoh Pembobotan Untuk J-Wagon

Dari Gambar 5.6 dapat di tentukan bobot untuk setiap operasi berdasarkan metode J-Wagon, yaitu:

- Bobot untuk operasi 4 adalah 0
- Bobot untuk operasi 3 adalah 1 yaitu operasi 4
- Bobot untuk operasi 2 adalah 2 yaitu operasi 3 dan 4
- Bobot untuk operasi 1 adalah 2 yaitu operasi 3 dan 4

3) Metode Probabilistik. (Buffa Elwood S, 1984)

Metode probabilistik adalah digunakannya bentuk-bentuk distribusi yang merupakan data aktual dari waktu operasi. Metode-metode line balancing yang sebelumnya dikemukakan menggunakan asumsi waktu bahwa dari setiap elemen-elemen kerja adalah tetap atau konstan, dengan merancang kapasitas dari stasiun kerja secara deterministik berdasarkan waktu operasi rata-rata, atau menggunakan waktu standart.

Sedangkan model probabilistik mengasumsikan suatu yang lebih realistis, di mana waktu-waktu kegiatan mencerminkan distribusi kemungkinan (*probabilistic distribution*). Kemungkinan distribusi waktu-waktu kegiatan didasarkan atas tiga perkiraan waktu yang disusun untuk setiap kegiatan, yaitu:

- a) Waktu optimis, yang dimaksud dengan waktu optimis (a), ialah waktu tersingkat yang mungkin dapat dimanfaatkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan dengan syarat bahwa segala sesuatunya berjalan dengan lancar.
- b) Waktu pesimis, yang dimaksud dengan waktu pesimis (b), ialah waktu kegiatan yang paling lama dalam kondisi yang tidak menguntungkan, kecuali yang disebabkan oleh alam.
- c) Waktu yang paling mungkin dapat dicapai, yang dimaksud waktu yang paling mungkin (m), ialah waktu pengandaian (modal time) untuk distribusi waktu kegiatan.

Algoritma perhitungan akan memperkecil ke tiga perkiraan waktu tersebut sampai menjadi suatu nilai tunggal rata-rata atau nilai yang diharapkan yaitu te yang benar-benar dipergunakan dalam prosedur perhitungan. Model yang biasa mengasumsikan te ialah distribusi beta, Perkiraan mean dsan selisih distribusi dapat dihitung sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{1}{6}[a + 4m + b]$$

$$s^2 = \left[\frac{1}{6} (b - a) \right]^2$$

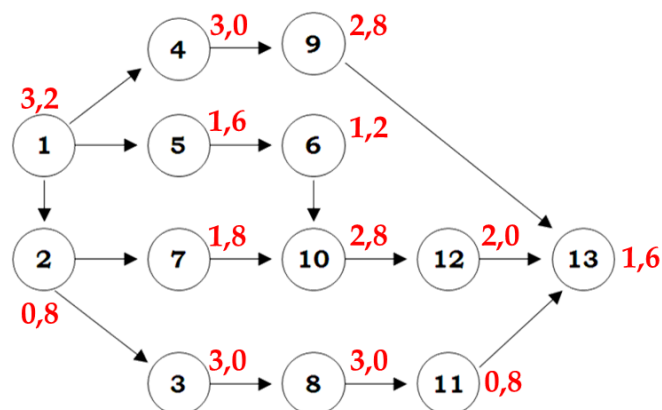
dimana:

- \bar{x} = Perkiraan mean (te)
- s^2 = Perbedaan selisih distribusi (σ_t^2)
- a = Waktu optimis
- b = Waktu pesimis
- m = Waktu yang paling mungkin

Dengan menggunakan model kemungkinan (*probabilistic model*), kita dapat melihat adanya suatu kemungkinan di mana beberapa kegiatan yang tampaknya tidak kritis dapat menjadi kegiatan yang kritis. Hal ini dapat terjadi karena adanya satu waktu pelaksanaan yang lama untuk suatu kegiatan, atau beberapa waktu pelaksanaan yang lama untuk berbagai kegiatan yang sudah berada pada lintasan yang penting.

Contoh 5.3.: Keseimbangan Lini

Buatlah keseimbangan lini dari *precedence diagram* pada Gambar 5.7. Asumsikan hasil produksi sebesar 10 unit per jam. (Ket.: Angka warna merah adalah waktu setiap elemen kerja dalam satuan menit).



Gambar 5.7. *Precedence Diagram* Contoh 5.3

Solusi:

1) Tentukan *Cycle time* (c)

$$c = \left(\frac{1}{r} \right) \times 3600 \text{ detik} = \left(\frac{1}{10} \right) \times 3600 \text{ detik}$$

$$c = 360 \text{ detik} = 6 \text{ menit}$$

2) Total waktu keseluruhan (t_{total})

$$t_{\text{total}} = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n$$

$$t_{\text{total}} = 27,6 \text{ menit}$$

3) Jumlah *work station* (n) berdasar *theoretical minimum* (TM)

$$n = \frac{t_{total}}{c} = \frac{27,6 \text{ menit}}{6 \text{ menit}}$$

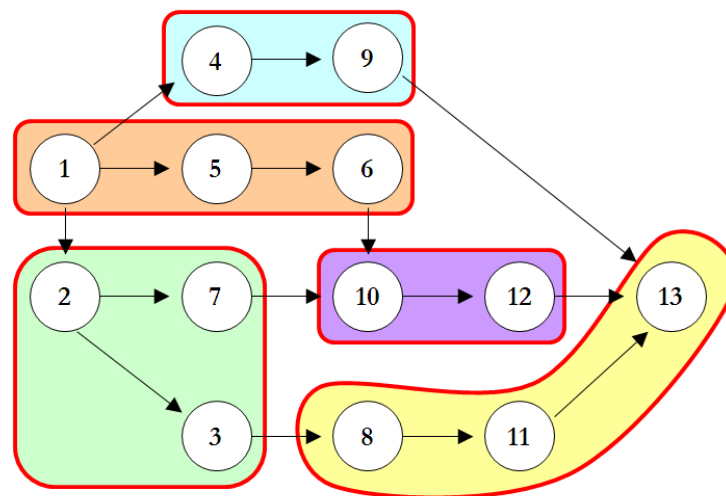
$$n = 4,6 \approx 5 \text{ stasiun kerja}$$

4) Kemudian lakukan penggabungan stasiun kerja dengan syarat jika waktunya dijumlahkan tidak melebihi *cycle time* dan urutan serta keterkaitan kegiatan harus sesuai. Hasil penggabungan stasiun kerja dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Hasil Penggabungan Stasiun Kerja Contoh 5.3

Stasiun Kerja	Alternatif Elemen Kerja	Elemen Kerja Terpilih	Waktu Elemen Kerja	Waktu Kumulatif	Waktu Mengganggu (<i>Idle Time</i>)
S1	a) 1 – 5 – 6	1	3,2	3,2	2,8
	b) 1 – 2 – 7	5	1,6	4,8	1,2
	c) 1 – 2 – 5	6	1,2	6,0	0,0
S2	a) 2 – 3 – 7	2	0,8	0,8	5,2
	b) 2 – 7 – 10	3	3,0	5,6	0,4
		7	1,8	2,6	3,4
S3	a) 4 – 9	4	3,0	3,0	3,0
		9	2,8	5,8	0,2
S4	a) 8 – 11	10	2,8	2,8	3,2
	b) 8 – 10	12	2,0	4,8	1,2
	c) 10 – 12				
S5	a) 8 – 11 – 13	8	3,0	3,0	3,0
		11	0,8	3,8	2,2
		13	1,6	5,4	0,6

Untuk gambar *precedence diagram* hasil penggabungan dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8. Precedence Diagram Hasil Penggabungan

5) Jumlah waktu mengganggu kumulatif tiap station (i)

$$i = 0 + 0,4 + 0,2 + 1,2 + 0,6$$

$$i = 2,4 \text{ menit}$$

6) Tingkat pengangguran

$$= \frac{i}{n \times c} \times 100\%$$

$$= \frac{2,4}{5 \times 6} \times 100\% = 8\%$$

7) Tingkat efisiensi

$$= \frac{t}{n \times c} \times 100\%$$

$$= \frac{27,6}{5 \times 6} \times 100\% = 92\%$$

Jadi, dengan cara ini operasional perusahaan 92% telah dilakukan secara efisien.

Link Jurnal

<http://ejurnal.esaunggul.ac.id/index.php/inovisi/article/view/1909/1702>

Kuis

1. Sistem pengendalian persediaan merupakan serangkaian kebijakan pengendalian untuk menentukan, **kecuali**:
 - a. Biaya yang harus dikeluarkan
 - b. Tingkat persediaan yang harus dijaga
 - c. Kapan menambah persediaan harus dilakukan
 - d. Berapa besar pesanan harus diadakan
2. Tujuan pengendalian persediaan, yaitu:
 - a. Memastikan material dan produk tersedia pada saat dibutuhkan
 - b. Menentukan berbagai kebijakan persediaan yang tepat dan menjadikan semua biaya tetap minimum
 - c. Memastikan material dan produk tersedia dalam kuantitas yang diminta
 - d. Memastikan material dan produk tersedia dengan biaya yang minimum
3. Metode yang umum digunakan untuk model persediaan dimana pengadaan bahan baku berupa komponen tertentu diproduksi secara massal dan dipakai sendiri sebagai sub komponen suatu produk jadi oleh perusahaan, adalah:
 - a. Metode Kesimbangan Lini
 - b. Metode *Economic Order Quantity* (EOQ)
 - c. Metode *Economic Production Quantity* (EPQ)
 - d. Metode *Ranked Potitional Weight* (RPW)

4. Yang merupakan gejala ketidakseimbangan lintasan produksi, adalah:
 - a. Rancangan lintasan yang salah.
 - b. Adanya stasiun kerja yang sibuk dan *idle* yang menyolok.
 - c. Peralatan atau mesin sudah tua sehingga seringkali *breakdown* dan perlu di *set-up* ulang.
 - d. Operator yang kurang terampil dan metode kerja yang kurang baik.

5. Yang **bukan** termasuk dalam metode heuristik keseimbangan lini adalah:
 - a. Metode Helgesson-Birnie (*Ranked Positional Weight/RPW*)
 - b. Metode *Region Approach*
 - c. Metode J-Wagon
 - d. Metode Analitik (Matematik)

Tugas

Jawablah pertanyaan dibawah ini yang bersumber dari modul dan jurnal yang saudara baca sebelumnya:

1. Dari link jurnal dalam pembelajaran ini, jelaskan:
 - a. Latar belakang dan tujuan dari penelitian tersebut.
 - b. Metode yang digunakan pada penelitian tersebut.
 - c. Hasil dari penelitian tersebut.
 - d. Manfaat dari hasil penelitian tersebut.

Referensi

- Assauri. Sofjan, 1978, Management Produksi Dan Operasi, Lembaga Penerbit FEUI, Jakarta
- Bedworth, D. David dan Bailey. James E., 1982, Integrated Production And Control System”, John Wiley & Sons, New York
- Biegel. John E., 1992, Pengendalian Produksi: Suatu Pendekatan Kuantitatif, Cetakan Pertama, Penerbit Akademika Pressindo Jakarta
- Chase. Richard B, Aquilano. Nicholas J., 1995, Production and Management Manufacturing and Services, 7th edition, Irwin
- Elsayed, A., Bourder. Thomas D., 1994, Analysis And Control of Production System”, Prentice Hall International, Inc.
- Elwood. Buffa, 1973, Operation Management: Problem and Model”, 4th edition, John Wiley & Sons, New York
- Elwood. Buffa, 1984, Manajemen Produksi/Operasi, Jilid 2, Edisi keenam, Erlangga
- Heizer. Jay and Render. Barry, 2011, Operation Management, 10th Ed., Pearson Prentice Hall
- Hicks, 1994, Industrial Engineering and Management: A New Perspective, 2nd ed.
- Nurchahyo. Widyat, 2005, Pengantar Teknik Industri, Modul Perkuliahan, Fakultas Teknik Universitas Tama Jagakarsa
- Rigg, James L., 1976, Production System, Planning, Analysis and Control, 2nd edition, John Wiley & Sons, New York
- Soraya. Ira, 2013, Model Persediaan Economic Production Quantity (EPQ) Dengan Mempertimbangkan Deteriorasi, Jurnal Matematika Unand, Vol.3, No.3, Hal. 50-58, ISSN: 2303-2910
- Turner, 1993, Introduction to Industrial and System Engineering, 3rd ed., Prentice Hall
- Wignjosoebroto. S, 2003, Pengantar Teknik dan Manajemen Industri, Guna Widya