

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1. Penelitian Cara Kerja

Pada laporan skripsi ini penelitian cara kerja menggunakan metode penelitian yang dilakukan melalui *operation process chart*. Dan dalam perhitungan untuk menghitung rata-rata waktu siklus dengan uji kenormalan, uji keseragaman data dan uji kecukupan data.

Dan menghitung waktu baku menggunakan rumus-rumus, metode penyesuaian (*Westinghouse*), dan juga memakai faktor kelonggaran.

Untuk penelitian dengan menggunakan metode *operation process chart* adalah untuk mendapatkan gambaran keseluruhan mengenai proses pembuatan *Hanger* Tipe TAC 6212.

Adapun cara penelitian kerja dengan menggunakan *operation process chart* adalah sebagai berikut :

- Menggambarkan peta *operation process chart* sesuai dengan layout gambar
- Menentukan operasi-operasi yang akan dilakukan, mulai dari kegiatan pertama yang harus dilakukan sampai pada kegiatan yang terakhir.
- Menentukan alat-alat perkakas pembantu yang digunakan (seperti obeng) untuk merakit setiap komponen tersebut.

- Dan yang terakhir menentukan waktu operasi yang diperoleh dari perhitungan dengan *stopwatch*.

2.2. Pengukuran Waktu Jam Henti

Untuk mendapatkan hasil yang baik, yaitu dapat dipertanggungjawabkan maka tidaklah cukup sekedar melakukan beberapa kali pengukuran dengan menggunakan jam henti. Banyak faktor yang harus diperhatikan agar dapat diperoleh waktu yang pantas untuk pekerjaan yang bersangkutan dan lain-lainnya. Dibawah ini adalah sebagian langkah yang perlu diikuti agar maksud diatas dapat dicapai.

➤ Penetapan Tujuan Pengukuran

Sebagaimana halnya dengan berbagai kegiatan lain, tujuan melakukan kegiatan harus ditetapkan terlebih dahulu. Dalam pengukuran waktu, hal-hal yang penting diketahui dan ditetapkan adalah untuk apa hasil pengukuran digunakan, beberapa tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan yang diinginkan dari hasil pengukuran tersebut.

➤ Melakukan Penelitian

Yang dicari dari pengukuran waktu adalah waktu yang pantas diberikan kepada pekerja untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Tentu suatu kondisi yang ada dapat dicari waktu yang pantas tersebut, artinya akan didapat juga waktu yang pantas untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kondisi yang bersangkutan.

Tujuan dari melakukan penelitian pendahuluan adalah untuk mempelajari kondisi kerja dan cara kerja kemudian memperbaikinya. Untuk memperbaiki kondisi kerja dan cara kerja diperlukan pengetahuan dan penerapan sistem kerja yang baik.

➤ Memilih Operator

Operator yang akan melakukan pekerjaan yang diukur bukanlah orang yang begitu saja diambil dari pabrik. Orang ini harus memenuhi beberapa persyaratan tertentu agar pengukuran dapat berjalan baik, dan hasilnya dapat diandalkan. Syarat-syarat adalah berkemampuan normal dan dapat diajak bekerja sama.

Jika jumlah pekerja yang tersedia ditempat kerja yang bersangkutan banyak maka akan terlihat perbedaan kemampuan diantara mereka, yaitu dari kemampuan rendah sampai tinggi.

Kembali kepada tujuan mengukur waktu yaitu untuk mendapatkan waktu penyelesaian, maka dapat dilihat kenyataan kemampuan pekerja tersebut namun orang dicari bukanlah orang yang berkemampuan tinggi atau rendah, karena orang-orang demikian hanya meliputi sebagian kecil saja dari seluruh pekerja yang ada. Jadi yang dicari adalah orang yang dapat menyelesaikan pekerjaan yang secara wajar dan berkemampuan rata-rata.

➤ Melatih Operator

Walaupun operator yang baik telah didapatkan kadang-kadang masih terdapat kendala-kendala lainnya seperti kondisi kerja dan tata cara kerja yang dipakai tidak sama dengan yang biasa dijalankan operator.

Hal ini terjadi jika pada saat penelitian pendahuluan kondisi kerja atau cara kerja sesudah mengalami perubahan. Dalam keadaan ini operator harus dilatih terlebih dahulu karena sebelum diukur operator harus terbiasa dengan kondisi dan cara kerja yang telah ditetapkan atau dibakukan itu.

➤ Menguraikan Pekerjaan Atas Elemen Pekerjaan

Disini pekerjaan dipecah menjadi elemen pekerjaan yang merupakan gerakan bagian dari pekerjaan yang bersangkutan, elemen-elemen inilah yang diukur waktu siklusnya. Waktu siklus adalah waktu penyelesaian satu satuan produksi sejak bahan baku mulai diproses ditempat kerja yang bersangkutan.

Ada beberapa alasan yang menyebabkan pentingnya melakukan penguraian pekerjaan atas elemen-elemennya. Pertama untuk menjelaskan catatan tentang tata cara kerja yang dibakukan. Pada langkah pertama telah dikemukakan bagaimana kondisi dan cara kerja yang dianggap baik dibakukan, yaitu menyatakan secara tertulis untuk kemudian digunakan sebagai pegangan sebelum, pada saat-saat, dan sesudah pengukuran waktu. Salah satu cara membakukan cara kerja adalah dengan membakukan pekerjaan berdasarkan elemen-elemennya.

Kedua adalah untuk memungkinkan melakukan penyesuaian bagi setiap elemen karena keterampilan bekerjanya operator belum tentu sama untuk semua bagian dari gerakan-gerakan kerjanya.

Sebab ketiga melakukan pembagian kerja menjadi elemen-elemen pekerjaan adalah untuk memudahkan mengamati terjadinya elemen yang tidak baku yang mungkin saja dilakukan pekerja.

Dan alasan yang keempat adalah untuk memungkinkan dikembangkannya data waktu standar atau tempat kerja yang bersangkutan, ini merupakan sebab maka pembagian pekerjaan atas elemen-elemennya harus mengikuti aturan khusus.

Sehubungan dengan langkah-langkah ini, ada beberapa pedoman penguraian pekerjaan atas elemen-elemennya, yaitu :

- Sesuai dengan ketelitian yang diinginkan, uraikan pekerjaan menjadi elemen-elemennya seterperinci mungkin, tetapi masih dapat diamati oleh indera pengukur dan dapat direkam waktunya oleh jam henti yang digunakan.
- Untuk memudahkan, elemen-elemen pekerjaan hendaknya berupa satu atau beberapa elemen gerakan misalnya seperti yang dikembangkan oleh gilberth.
- Jangan sampai ada elemen yang tertinggal, jumlah dari semua elemen harus tepat sama dengan satu pekerjaan yang bersangkutan.
- Elemen yang satu hendaknya dipisahkan dari elemen yang lain secara jelas. Batas-batas diantaranya harus dapat dengan mudah diamati agar tidak ada keragu-raguan dalam menentukan bagaimana suatu elemen berakhir dan bilamana elemen berikutnya bermula.

➤ Menyiapkan alat-alat pengukuran

Menyiapkan alat-alat pengukuran merupakan langkah terakhir sebelum melakukan pengukuran yaitu menyiapkan alat-alat yang diperlukan. Alat-alat tersebut adalah :

- Jam henti
- Lembaran-lembaran pengamatan
- Pena atau pensil
- Papan pengamatan

2.3. Pengujian Data

2.3.1. Uji kenormalan Data

Uji kenormalan data bertujuan untuk menentukan apakah data-data yang diperoleh telah terdistribusi normal atau tidak. Uji yang dipakai adalah uji kebaikan suai (*Goodness of Fit Test*), uji kebaikan suai digunakan untuk mengetahui apakah suatu populasi mengikuti suatu distribusi teoritik tertentu. Uji ini didasarkan pada seberapa baik kesesuaian antara frekuensi yang teramati dalam sampel dengan frekuensi harapan yang didasarkan pada distribusi yang dihipotesiskan (Walpole, P632).

Untuk mengetahui apakah data yang akan digunakan sudah berdistribusi normal atau tidak, maka perlu dilakukan uji normalitas dengan uji kolmogorov Smirnov menggunakan program SPSS.

Ketentuan yang digunakan dalam uji Kolmogorov Smirnov adalah :

1. Jika probabilitas (*Asymp. Sig*) > 0.05 maka data berdistribusi normal.
2. Jika probabilitas (*Asymp. Sig*) < 0.05 maka data tidak berdistribusi normal.

2.3.2. Uji Keseragaman Data

Setelah data diuji kenormalannya maka langkah selanjutnya adalah uji keseragaman data, dimana langkah-langkah melakukan uji keseragaman data (Sutalaksana et al, P132) adalah sebagai berikut :

1. Hitung rata-rata sub group

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Dimana :

\bar{x} = Harga nilai rata-rata dari sub group ke-i

n = Besarnya sub group

2. Hitungan harga rata-rata dari rata-rata sub group

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum x_i}{N}$$

Dimana :

N = Jumlah pengamatan

3. Hitung standar deviasi

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{\bar{x}})^2}{N - 1}}$$

4. Hitung standar deviasi dari distribusi harga rata-rata sub group

$$\delta_x = \frac{\delta}{\sqrt{n}}$$

5. Penentuan batas-batas kontrol

$$BKA = \bar{\bar{x}} + 2\delta_x$$

$$BKA = \bar{\bar{x}} - 2\delta_x$$

Batas-batas kontrol tersebut menunjukkan batas keseragaman atau tidaknya suatu sub group. Dalam perhitungan selanjutnya data yang akan digunakan adalah data-data yang berada dalam batas kontrol tersebut.

2.3.3. Uji Kecukupan Data

Hal yang terakhir dalam pengujian data pengukuran adalah uji kecukupan data. Jumlah pengukuran yang diperlukansangat berkaitan erat dengan tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan yang dikehendaki. Sedangkan data dan jumlah pengukuran yang dipergunakan dalam uji kecukupan data merupakan data merupakan data dan jumlah dari pengukuran yang seragam.

Dimana langkah-langkah melakukan uji kecukupan data adalah sebagai berikut :

1. Tentukan tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan yang dikehendaki
2. Tentukan rumus untuk menghitung N'

$$N' = \left[\frac{K / S \sqrt{N(\sum Xi^2) - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right]^2$$

Dimana :

N' = Jumlah pengamatan minimum

N = Jumlah pengamatan yang telah dilakukan

K = Tingkat keyakinan

S = Tingkat ketelitian

Jika $N' < N$, maka pengamatan yang dilakukan dianggap cukup dan dilanjutkan dengan perhitungan waktu baku. Tetapi jika $N' > N$, maka dengan tingkat keyakinan dan ketelitian yang demikian perlu dilakukan pengamatan lagi sebanyak N' dikurangi N .

2.4. Tingkat Ketelitian dan Tingkat Keyakinan

Yang dicari dengan melakukan pengukuran-pengukuran ini adalah waktu yang sebenarnya dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Karena waktu penyelesaian ini tidak pernah diketahui sebelumnya maka harus diadakan pengukuran-pengukuran. Yang ideal tentunya dilakukan pengukuran-pengukuran yang sangat banyak, karena dengan demikian diperoleh jawaban yang pasti, namun sebaliknya jika tidak dilakukan beberapa kali pengukuran dapat diduga hasilnya sangat kasar, sehingga yang diperlukan adalah jumlah pengukuran yang tidak membebankan waktu, tenaga, dan biaya yang besar tetapi hasilnya tidak dapat dipercaya.

Dengan tidak dilakukannya pengukuran yang banyak sekali ini, pengukuran akan kehilangan sebagian kepastian akan ketepatan atau rata-rata waktu penyelesaian yang sebenarnya. Tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan adalah pencerminan tingkat kepastian yang diinginkan oleh pengukur setelah memutuskan tidak akan melakukan pengukuran yang sangat banyak.

Tingkat ketelitian menunjukkan penyimpangan maksimum hasil pengukuran dari waktu penyelesaian sebenarnya. Hal ini biasanya dinyatakan dalam persen (dari waktu penyelesaian sebenarnya, yang seharusnya dicari). Sedangkan tingkat ketelitian menunjukkan besarnya keyakinan pengukur bahwa hasil yang diperoleh memenuhi syarat ketelitian tadi (ini pun dinyatakan dalam persen). Jadi tingkat ketelitian 10% dan tingkat keyakinan 95% memberi arti bahwa pengukur membolehkan rata-rata hasil pengukurannya menyimpang sejauh 10% dari rata-rata sebenarnya, dan kemungkinan berhasil mendapatkan hasil ini adalah 95%.

2.5. Faktor Penyesuaian

Setelah pengukuran berlangsung, pengukur harus mengamati kewajaran kerja yang ditunjukkan operator. Ketidakwaaran dapat saja terjadi misalnya bekerja tanpa kesungguhan, sangat cepat seolah-olah pekerjaan tersebut diburu oleh waktu, atau karena menjumpai kesulitan-kesulitan seperti karena kondisi ruangan yang buruk. Sebab-sebab seperti ini mempengaruhi kecepatan kerja yang berakibat terlalu singkat atau terlalu panjangnya waktu penyelesaian. Hal ini jelas tidak diinginkan karena

waktu baku yang dicari adalah waktu yang diperoleh dari kondisi dan cara kerja yang baku dan diselesaikan secara wajar.

Andai kata ketidakwajaran ada maka pengukur harus pengetahuinya dan menilai seberapa jauh hal itu terjadi. Penilaian perlu diadakan karena berdasarkan inilah penyesuaian dilakukan. Jadi jika pengukur mendapatkan harga rata-rata silus/elemen yang diketahui diselesaikan dengan kecepatan yang tidak wajar oleh operator, maka agar harga rata-rata tersebut menjadi wajar, pengukur harus menormalkannya dengan melakukan penyesuaian.

Biasanya penyesuaian dilakukan dengan mengalikan waktu siklus rata-rata atau waktu elemen rata-rata dengan suatu harga “**p**” yang disebut faktor penyesuaian. Besarnya harga “**p**” tentunya sedemikian rupa sehingga hasil perkalian yang diperoleh mencerminkan waktu yang sewajarnya atau yang normal.

Beberapa cara menentukan faktor penyesuaian :

1. Cara Presentase

Cara yang paling awal digunakan dalam melakukan penyesuaian. Disini, besarnya faktor penyesuaian sepenuhnya ditentukan oleh pengukur melalui pengamatannya selama melakukan pengukuran.

2. Cara *Shumard*

Cara ini memberikan patokan-patokan penilaian melalui kelas-kelas *performance* kerja dimana setiap kelas mempunyai nilai sendiri-sendiri.

Kelas-kelas tersebut dibagi menjadi beberapa kelas seperti :

Tabel. 2.1 Tabel penyesuaian menurut cara *Shumard*

Kelas	Penyesuaian	Kelas	Penyesuaian
Super fast	100	Good -	65
Fast +	95	Normal	60
Fast	90	Fair +	55
Fast -	85	Fair	50
Excellent	80	Fair -	45
Good +	75	Poor	40
Good	70		

3. Cara *Weshinghouse*

Cara ini mengarahkan penilaian pada 4 faktor yang dianggap menentukan kewajaran atau ketidakwajaran dalam bekerja yaitu Keterampilan, Usaha, Kondisi kerja dan Konsistensi.

Keterampilan terbagi atas : *Super skill, Excellent Skill, Good Skill, Average Skill, Fair Skill, dan Poor Skill.*

Usaha terbagi atas : *Excessive effort, Excellent effort, Good effort, Average effort, Fair effort, dan Poor effort.*

Kondisi kerja terbagi atas : *Ideal, Excellent, Good, Average, Fair dan Poor.*

Konsistensi terdiri atas : *Perfect, Excellent, Good, Average, Fair dan Poor.*

2.6. Faktor Kelonggaran

Kelonggaran diberikan untuk tiga hal yaitu untuk kebutuhan pribadi, menghilangkan rasa *fatigue*, dan hambatan-hambatan yang tidak dapat dihindarkan.

1. Kelonggaran untuk kebutuhan pribadi

Yang termasuk ke dalam kebutuhan pribadi disini adalah, hal-hal seperti minum sekadarnya untuk menghilangkan rasa haus, ke kamar kecil, bercakap-cakap dengan teman sekerja sekedar untuk menghilangkan ketegangan ataupun kejemuhan kerja.

2. Kelonggaran untuk menghilangkan rasa *fatigue*

Rasa *fatigue* tercermin antara lain dari menurunnya hasil produksi baik jumlah maupun kualitas. Karenanya salah satu cara untuk menentukan besarnya kelonggaran ini adalah dengan melakukan pengamatan sepanjang hari kerja dan mencatat pada saat-saat dimana hasil produksi menurun. Tetapi masalahnya adalah kesulitan kedalam menentukan pada saat-saat mana menurunnya hasil produksi disebabkan oleh timbulnya rasa *fatigue* karena masih banyak kemungkinan lain yang dapat menyebabkannya.

3. Kelonggaran untuk hambatan-hambatan yang tak terhindarkan

Contohnya ialah :

- Menerima atau meminta petunjuk kepada pengawas
- Melakukan penyesuaian-penyesuaian mesin
- Memperbaiki kemacetan-kemacetan singkat

- Mengasah peralatan potong
- Mengambil alat-alat khusus atau bahan khusus dari gudang

2.7. Data Waktu Baku

Penelitian dengan data waktu baku mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan dengan penelitian langsung, terutama dalam segi ongkos dan kecepatan. Pada prinsipnya data waktu baku berisi dari waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang telah diteliti (diukur) pada waktu yang lalu. Dengan demikian bila pekerjaan tersebut diulang, waktu yang pantas untuk menyelesaikannya sudah diketahui.

Memang karena diperlukannya biaya tinggi dalam pembentukan data waktu baku, cara ini mendatangkan keuntungan bila pekerjaan dilakukan secara terus-menerus. Pemakaian data waktu baku dalam penelitian akan mendatangkan beberapa keuntungan, diantaranya :

1. Dengan adanya data waktu baku, waktu yang terhemat oleh seorang pengukur akan cukup besar.
2. Dengan adanya penghematan waktu, untuk keperluan pekerjaan yang cukup banyak, pengukur yang diperlukan tidak sebanyak jumlah pengukur dengan cara langsung.
3. Dengan adanya data waktu baku, pengukur dengan mudah dapat menaksir berapa waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

4. Penentuan berapa lamanya waktu penyelesaian untuk pekerjaan yang bersangkutan dapat dilakukan tanpa harus berada di tempat pekerjaan akan langsung.

Cara penelitian data waktu baku sering disebut sebagai cara *sintesa*, karena pada umumnya pekerjaan yang diteliti bila diuraikan terdiri dari beberapa elemen pekerjaan yang lebih kecil atau terdiri dari beberapa kegiatan. Dalam pembentukan data waktu baku, untuk setiap elemen pekerjaan diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Karena faktor-faktor yang berpengaruh biasanya tidak hanya satu dan karena itu cara mempengaruhinya berbeda-beda dengan cara sendiri-sendiri maupun dalam interaksi-interaksi diantaranya maka hubungan yang tepat antara pengaruh faktor-faktor ini dengan waktu harus dicari dengan sebaik-baiknya.

2.7.1. Perhitungan Waktu Siklus

Waktu siklus (Sutalaksana et al, P137) adalah waktu penyelesaian satu satuan produk sejak bahan baku mulai diproses sampai menjadi barang jadi.

Waktu siklus biasanya dipengaruhi oleh *output* yang dikehendaki selama periode waktu operasi, dimana rumus perhitungan waktu siklus adalah :

$$W_s = \frac{\sum X_i}{N}$$

Dimana :

X_i = Waktu penyelesaian yang teramati selama pengukuran

2.7.2. Perhitungan Waktu Normal

Waktu normal siklus (Sutalaksana et al, P137) adalah waktu siklus dikalikan dengan faktor penyesuaian. Rumusnya perhitungan waktu normal adalah :

$$W_n = W_s \times P$$

Dimana :

W_n = Waktu normal

W_s = Waktu siklus

P = Faktor Penyesuaian

2.7.3. Perhitungan Waktu Baku

Waktu baku (Sutalaksana et al, P137) adalah waktu total yang diperlukan oleh operator untuk melakukan pekerjaannya ditambah faktor kelonggaran. Rumusnya perhitungan waktu baku adalah :

$$\text{Waktu baku} = \frac{\text{waktu normal} \times 100\%}{100\% - \text{Allowance}}$$

2.8. *Line Balancing*

2.8.1. Definisi *Line Balancing*

Line Balancing adalah suatu keadaan proses operasi produksi yang saling bergantung dan mempunyai waktu penyelesaian pada setiap stasiun kerja yang

sama atau kira-kira sama, sehingga diharapkan penyelesaian proses produksi dari stasiun kerja ke stasiun kerja lainnya berjalan dengan lancar dan dengan kecepatan yang tetap atau seimbang. Keseimbangan lini produksi bermula dari lini produksi massal, dimana dalam proses produksinya harus dibagikan kepada seluruh operator sehingga beban kerja operator merata. Jadi dalam *line balancing* mempelajari bagaimana kita merancang suatu lintasan produksi agar tercapai keseimbangan beban yang dialokasikan pada setiap stasiun kerja dalam menghasilkan produk.

Istilah *Line Balancing* atau penyeimbangan lini atau dengan nama lain *assembly line balancing* adalah suatu metode penugasan terhadap sejumlah pekerja ke dalam stasiun-stasiun kerja yang saling berkaitan dalam suatu lini produksi sehingga setiap stasiun kerja memiliki waktu stasiun yang besarnya tidak melebihi waktu siklus dari stasiun kerja tersebut. Hubungan atau saling keterkaitan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya digambarkan dalam suatu *precedence diagram* atau diagram pendahulu.

2.8.2. Bagian-Bagian *Line Balancing*

1. Work Elemen

Merupakan bagian dari keseluruhan pekerjaan dalam proses perakitan. Umumnya digunakan symbol N dalam mendefinisikan jumlah total dari elemen kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu perakitan dan simbol i untuk elemen kerjanya.

2. *Workstation (WS)*

Adalah lokasi pada lini perakitan atau pembuatan suatu produk dimana pekerjaan diselesaikan baik dengan manual maupun otomatis

3. *Cycle Time (CT)*

Cycle Time atau waktu siklus adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menghasilkan sebuah unit pada tiap stasiun. Jika waktu yang dibutuhkan untuk elemen-elemen kerja pada satu stasiun melampaui waktu siklus lini, maka stasiun tersebut mengalami keterlambatan. *Cycle Time* dinyatakan dalam :

$$CT = \frac{\text{Waktu Pr oduksi Perhari}}{\text{Output Perhari}}$$

4. *Station Time (ST)*

Station Time atau waktu stasiun adalah jumlah waktu dari elemen-elemen kerja yang ditunjukkan pada stasiun kerja yang sama. Waktu stasiun tidak boleh melampaui waktu siklus.

5. Waktu Menganggur

Waktu Menganggur adalah selisih antara waktu stasiun dengan waktu perstasiun kerja. Perbedaan antara waktu stasiun dengan waktu siklus disebut juga dengan *idle time (ID)*.

6. *Precedence constrains*

Merupakan suatu aturan dimana suatu elemen kerja dapat dikerjakan apabila satu atau beberapa elemen kerja telah dikerjakan terlebih dahulu.

7. *Precedence Diagram*

Merupakan suatu aturan kerja pada *Precedence constrains* yang dituangkan dalam bentuk gambar.

8. Efisiensi Lini (*line efficiency*)

Adalah perbandingan dari total waktu perstasiun kerja terhadap keterkaitan waktu siklus dengan jumlah stasiun kerja, yang dinyatakan dalam persentase.

$$LE = \frac{\sum ST_k}{(k)(W_{maks})} \times 100\%$$

Dimana :

ST_k = Total waktu baku di stasiun kerja ke-k

W_{maks} = Waktu baku terbesar di stasiun kerja

CT_R = ST_k terbesar

9. *Balance Delay*

Merupakan perbandingan antara waktu menggangur dengan waktu siklus dan jumlah stasiun kerja, atau dengan kata lain jumlah antara *balance delay* dan *line efficiency* sama satu.

$$BD = \frac{(k)(W_{maks}) - \sum ST_k}{(k)(W_{maks})} \times 100\%$$

10. *Smoothness Index*

Merupakan suatu index yang menunjukkan kelancaran relative dari suatu keseimbangan lini perakitan. Rumus perhitungan *smoothness index* adalah :

$$SI = \sqrt{\sum (CT_R - ST_k)^2}$$

2.9. Metode Keseimbangan Lini Produksi

Dalam menyeimbangkan suatu lini produksi terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, salah satunya adalah metode *heuristic*. Model *heuristic* ini menggunakan aturan-aturan yang logis dalam memecahkan masalah. Inti dari pendekatan secara *heuristic* ini adalah untuk mengaplikasikan kegiatan yang dapat mengurangi bentuk permasalahan secara efektif, sehingga model ini dirancang untuk menghasilkan strategi yang relative baik dengan dengan mengacu pada batasan-batasan tertentu. Model *heuristic* ini banyak digunakan dalam masalah yang berkaitan dengan keseimbangan lini produksi. Kriteria pokok pendekatan dengan metode ini adalah pemecahan yang lebih baik dan lebih cepat.

Berikuti ini adalah beberapa metode *heuristic* yang umum dikenal dalam menyelesaikan masalah keseimbangan lini, yaitu :

2.9.1. Metode Helgesson Bernie / Metode *Ranked Positional Weight* (RPW)

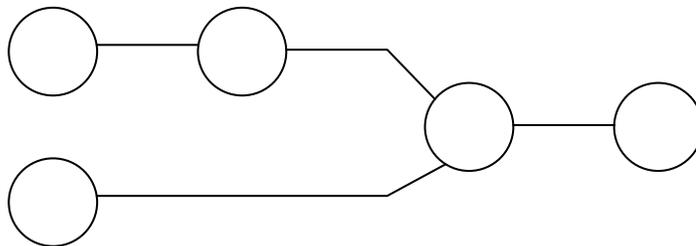
Pendekatan ini menggunakan cara penjumlahan waktu dari operasi-operasi yang terkontrol dalam sebuah stasiun kerja dengan operasi tertentu yang disebut sebagai bobot posisi. Pengurutan operasi yang menurun dilakukan menurut bobot posisinya yang mengarah. Pada teknik perancangan dari teknik pengurutan bobot posisi (*ranked positional weight technique*). Metode *heuristic* ini mengutamakan waktu elemen kerja yang terpanjang, dimana elemen kerja ini akan diprioritaskan terlebih dahulu untuk ditempatkan dalam stasiun kerja yang kemudian diikuti oleh elemen kerja yang lain yang memiliki waktu elemen yang lebih rendah.

Berikut ini adalah tahapan-tahapan yang perlu dilakukan dalam menyelesaikan keseimbangan lini dengan metode ini :

1. Tentukan *precedence diagram* sesuai dengan keadaan yang sebenarnya
2. Tentukan *positional weight* (bobot posisi) untuk setiap elemen pekerjaannya dari suatu operasi dengan memperhatikan *precedence diagram*. Cara penentuan bobot posisinya adalah sebagai berikut :

$\text{Bobot (RPW)} = \text{Waktu Proses Operasi Tersebut} + \text{Waktu Proses Operasi Berikutnya}$
--

Contoh :



Gambar 2.1. Contoh Penentuan Bobot Posisi

Berarti :

- Bobot untuk operasi 1 adalah $2+3+4+5 = 13$
- Bobot untuk operasi 2 adalah $3+3+5 = 11$
- Bobot untuk operasi 3 adalah $4+3+5 = 12$; dan seterusnya

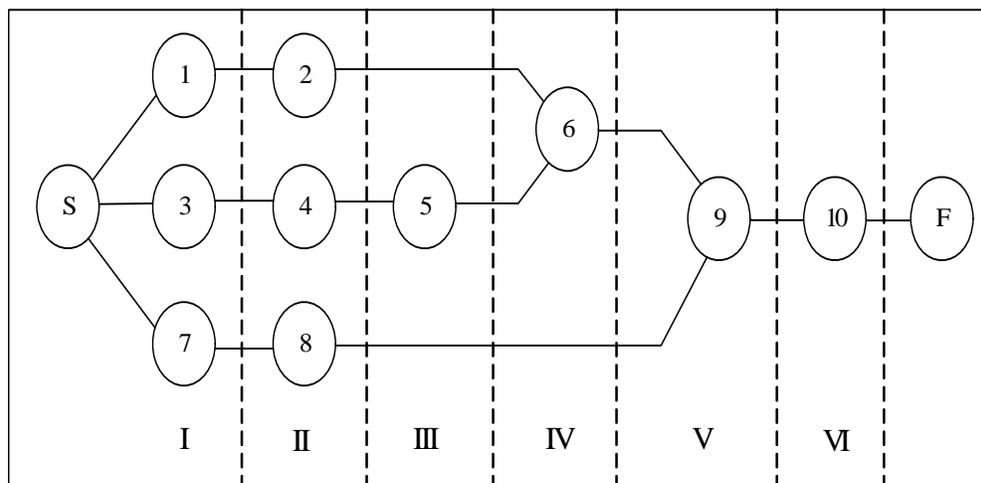
3. Urutkan elemen operasi berdasarkan bobot posisi yang telah didapatkan pada langkah kedua. Pengurutannya dimulai dari elemen operasi yang memiliki bobot posisi yang terbesar.
4. lanjutkan dengan penempatan elemen pekerjaan yang memiliki bobot posisi terbesar sampai yang terkecil kesetiap stasiun kerja.
5. Jika pada setiap stasiun kerja terdapat waktu yang berlebihan (dalam hal ini waktu tiap stasiun kerja melebihi waktu maksimumnya), maka ganti elemen kerja yang dalam stasiun kerja tersebut ke stasiun kerja berikutnya selama tidak menyalahi diagram *precedence*.
6. Ulangi lagi langkah ke-4 dan ke-5 diatas sampai seluruh elemen pekerjaan telah ditempatkan kedalam stasiun kerja.

2.9.2. Metode *Region Approach*

Pendekatan ini melibatkan pertukaran antara pekerjaan setelah dipeoleh keseimbangan lintasan mula-mula. Dengan pendekatan ini kombinasi dari pekerjaan yang sesuai untuk pertukaran akan menjadi dangat kaku dan tidak layak untuk jaringan yang besar. Sebagai dasar pembobotannya adalah OPC yang ditransformasikan menjadi *precedence diagram* dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Tentukan *precedence diagram* sesuai dengan keadaan yang sebenarnya

2. Pembagian operasi kedalam *precedence diagram* dalam beberapa *region* atau daerah dari kiri kekanan, dengan syarat dalam satu daerah tidak boleh ada operasi yang saling bergantung. Kumpulkan semua pekerjaan kewilayah *precedence* yang terakhir. Hal ini akan menjamin bahwa pekerjaan dengan sedikit ketergantungan akan paling sedikit dipertimbangkan untuk pekerjaan yang paling akhir dalam penjadwalannya.



Gambar 2.2. Pembagian Wilayah Pada Metode *Region Approach*

3. Pengurutan waktu pekerjaan dari yang paling maksimum ke yang paling minimum kedalam setiap wilayah *precedence*. Ini akan menjamin pekerjaan terbesar akan diprioritaskan terlebih dahulu, memberikan kesempatan untuk memperoleh kombinasi yang paling baik dengan pekerjaan-pekerjaan yang lebih kecil.

Tabel 2.2. Pengurutan waktu pekerjaan

Elemen Kerja	Region	Wb (dt)	Elemen Pendahulu
1	I	5	-
2	I	4	-
3	I	3	-
4	II	5	3
5	II	4	7
6	II	3	1
7	III	2	4
8	IV	3	2,5
9	V	6	6,8
10	VI	5	9

4. Pengelompokkan pekerjaan-pekerjaan dengan urutan sebagai berikut :
 - Mula-mula wilayah paling kiri
 - Dalam sebuah wilayah, mula-mula dikerjakan pekerjaan yang mempunyai waktu yang terbesar
5. Pengelompokkan operasi kedalam stasiun kerja berdasarkan syarat yang tidak melebihi waktu maksimum yang telah ditetapkan. Pada akhir setiap stasiun kerja, harus diputuskan apakah penggunaan waktunya dapat diterima atau tidak. Jika tidak, periksa semua pekerjaan yang memiliki hubungan *precedence*. Tentukkanlah apakah penggunaan akan meningkat bila dilakukan pertukaran pekerjaan yang berada dalam wilayah yang sama atau sebelumnya dengan pekerjaan yang sedang dipertimbangkan. Bila ya, lakukan pertukaran.
6. teruskan hingga semua elemen operasi ditempatkan pada semua stasiun kerja.

2.9.3. Metode *Largest Candidate Rule* (LCR)

Metode *Largest Candidate Rule* merupakan metode yang paling sederhana.

Adapun prosedur metode tersebut secara jelas dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Tentukan *precedence diagram* sesuai dengan keadaan yang sebenarnya
2. Urutkan semua elemen operasi dari yang paling besar waktunya hingga yang paling kecil.
3. Elemen kerja pada stasiun kerja pertama diambil dari urutan yang paling atas. Elemen kerja dapat diganti atau dipindahkan ke stasiun berikutnya, apabila jumlah elemen kerja telah melebihi batas waktu siklusnya.
4. Lanjutkan proses langkah kedua, hingga semua elemen kerja telah berada dalam stasiun kerja dan memenuhi atau lebih kecil atau sama dengan waktu siklus (*cycle time*).

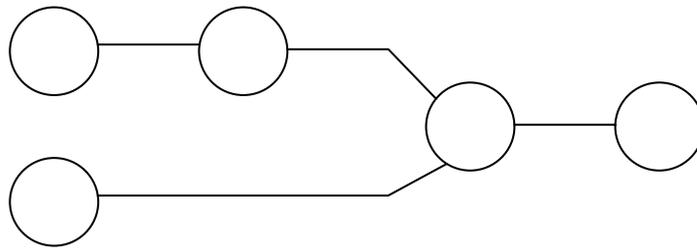
2.9.4. Metode *J-Wagon*

Metode *heuristic* ini mengutamakan jumlah elemen kerja bergantung yang terbanyak, dimana elemen kerja tersebut akan diprioritaskan terlebih dahulu untuk ditempatkan dalam stasiun kerja dan diikuti oleh elemen kerja yang lainnya yang memiliki jumlah elemen kerja bergantung yang lebih sedikit. Apabila terdapat dua elemen kerja yang memiliki bobot yang sama, maka akan diprioritaskan terlebih dahulu adalah elemen kerja yang memiliki waktu pengerjaan yang lebih besar. Sedangkan prosedur selanjutnya sama dengan metode *Ranked Positional Weight*,

yang berbeda hanyalah dalam penentuan bobotnya (bukan waktu operasi), tetapi berdasarkan jumlah operasi.

Bobot (J-Wagon) = Jumlah Proses Operasi-Operasi yang bergantung Pada Operasi
Tersebut

Contoh :



Gambar 2.3. Contoh Penentuan Bobot Posisi *J-Wagon*

Berarti :

- Bobot untuk operasi 1 adalah 3, yaitu 2, 4 dan 5
- Bobot untuk operasi 2 adalah 2, yaitu 4 dan 5
- Bobot untuk operasi 3 adalah 2, yaitu 4 dan 5 ; dan seterusnya

2.9.5. Metode *Reversed Ranked Positional Weight (Reversed RPW)*

Sebelum masuk metode *reversed ranked positional weight (Reverse RPW)*, kita harus mengenal metode *ranked positional weight (RPW)* terlebih dahulu. Cara penentuan bobot dari *reversed RPW* dimulai dari proses akhir.

$$\text{Bobot (RPW)} = \text{Waktu Proses Operasi Tersebut} + \text{Waktu Proses Operasi-Operasi Yang Mengikutinya}$$

Pengelompokkan operasi kedalam stasiun kerja dilakukan atas dasar urutan RPW (dari yang terbesar) dan juga memperhatikan pembatas berupa waktu siklus dan elemen pendahulunya. 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 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 lebih diprioritaskan (Bedworth, P364).

Metode *reversed RPW* memiliki cara pengerjaan yang hampir sama dengan metode RPW, hanya saja pengerjaannya dibalik. Metode ini memberikan prioritas bagi operasi-operasi kerja yang lebih lama berada dilintasan lini. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat cara pengerjaannya sebagai berikut :

1. Gambarkan jaringan *precedence* sesuai dengan keadaan sebenarnya, kemudian diagram *precedence* dibalik atau dicerminkan dengan urutan sebagai berikut :
 - a. elemen kerja terakhir menjadi elemen kerja pertama pada diagram baru.

- b. elemen kerja terakhir kedua menjadi elemen kerja kedua pada diagram baru.
 - c. dan seterusnya.
2. Tentukan *positional weight* (bobot posisi) untuk setiap elemen pada diagram *precedence* baru sesuai dengan aturan rumus yang telah dipaparkan diatas.
3. Urutkan elemen pekerjaan berdasarkan *positional weight* pada langkah kedua diatas, elemen pekerjaan yang memiliki *positional weight* tertinggi diurutkan pertama kali.
4. Lanjutkan penempatan elemen pekerjaan yang memiliki *positional weight* tertinggi hingga terendah kesetiap stasiun kerja.
5. Jika pada 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 diatas sampai seluruh elemen pekerjaan sudah ditempatkan kedalam stasiun kerja.
7. Setelah didapatkan pembagian stasiun kerja yang baru, kemudian stasiun kerja pertama menjadi yang terakhir, stasiun kerja kedua menjadi kedua terakhir, dan seterusnya. Elemen-elemen yang ada didalamnya juga dikembalikan keposisi awal.

2.10. Kapasitas Produksi

2.10.1. Pengertian Kapasitas

Kapasitas adalah tingkat keluaran maksimum dari suatu operasi (Schroeder, P401). Menejer operasi bertanggung jawab untuk memberikan kapasitas yang cukup guna memenuhi kebutuhan perusahaan.

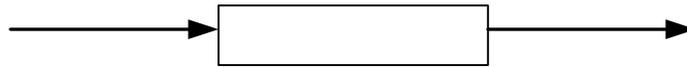
Kapasitas didefinisikan sebagai kemampuan produktif dari suatu fasilitas yang biasanya dinyatakan sebagai volume keluaran (*output*) perperiode waktu atau merupakan laju produktif maksimum atau kemampuan konversi dari suatu operasi organisasi (Handoko, P299). Definisi lain menyebutkan bahwa kapasitas adalah kemampuan pembatas dari unit produksi untuk memproduksi dalam waktu tertentu, dan biasanya dinyatakan bentuk keluaran persatuan waktu atau kapasitas dapat dikatakan merupakan laju keluaran maksimum dari suatu operasi.

Keputusan mengenai kapasitas dimaksud untuk menghasilkan jumlah produksi yang tepat, ditempat yang tepat dan dalam waktu yang tepat pula. Keputusan kapasitas harus diambil berdasarkan perkiraan permintaan dan perencanaan yang matang, agar ketersediaan kapasitas jangka panjang ditentukan dari ukuran fisik yang dipakai. Sedangkan untuk jangka pendek kapasitas dapat diperbanyak melalui subkontrak, tambahan giliran kerja (lembur) atau menyewa tempat. Perencanaan kapasitas tidak hanya menyangkut besarnya fasilitas, tetapi juga menyangkut berapa orang yang dibutuhkan dalam pengoperasiannya. Dengan kata lain, menyesuaikan antara pemenuhan permintaan pasar dan keinginan untuk menjaga

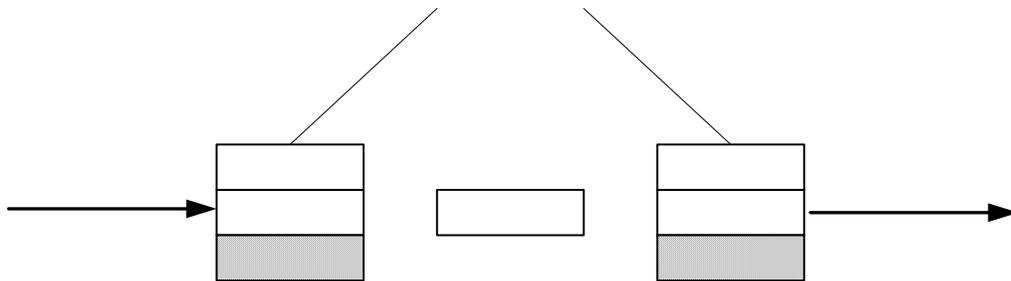
kestabilan tenaga kerja. Secara garis besar kapasitas yang ada harus dialokasikan dengan gugus-gugus tugas melalui penjadwalan tenaga kerja dan peralatan fasilitas.

2.10.2. Penetapan Kapasitas Yang Dibutuhkan

- Kapasitas produksi ditentukan oleh kemampuan mesin atau kapasitas fasilitas produksi terpasang.
- Proses produksi (Wignjosuebrotto, 1995, P322) dapat diselenggarakan melalui satu tahapan proses (*one stage*) atau melalui beberapa tahapan proses (*multiple stage*).



Gambar 2.4. Proses Produksi Satu Tahap (*one stage*)



Gambar 2.5. Proses Produksi Bertingkat (*multiple stage*)

- Dalam pengaturan sistem produksi yang baik adalah dengan menentukan jumlah mesin atau peralatan produksi yang dibutuhkan secara tepat.