

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Studi Gerak dan Waktu (Barnes h. 257)

Studi gerak dan waktu merupakan suatu ilmu yang terdiri dari teknik dan prinsip-prinsip untuk mendapatkan rancangan terbaik dari sistem kerja. Teknik dan prinsip kerja ini digunakan untuk mengatur komponen-komponen sistem kerja yang terdiri dari manusia dengan sifat, kemampuannya, bahan peralatan kerja, perlengkapan, serta lingkungan kerja.

Dengan menggunakan teknik-teknik dan prinsip-prinsip tersebut maka dalam komponen sistem kerja dapat diatur sehingga berada dalam suatu komposisi yang memungkinkan tercapainya suatu tujuan.

2.1.2 Pengertian Pengukuran Waktu

Untuk mengukur kebaikan suatu sistem kerja diperlukan prinsip-prinsip pengukuran kerja (*Work Measurement*) yang meliputi teknik-teknik pengukuran waktu psikologis dan fisiologis. Sebagai bagian dari pengukuran kerja tersebut, pengukuran waktu (*time study*) bertujuan untuk mendapatkan waktu baku penyelesaian pekerjaan yang dijadikan waktu setandar, yaitu

waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh seorang pekerja normal untuk menyelesaikan pekerjaannya, yang dijalankan dengan sistem kerja terbaik.

Meskipun pengukuran waktu pada awalnya lebih banyak diterapkan dalam kaitannya dengan upah perangsang, namun pada saat ini pengukuran waktu dan teknik-teknik pengukuran kerja lainnya memiliki manfaat di berbagai bidang antara lain : (Barnes, h 257-259)

1. Untuk menentukan jadwal dan perencanaan kerja.
2. Untuk menentukan standar biaya dan membantu persiapan anggaran.
3. Untuk memperkirakan biaya sebuah produk sebelum di produksi, termasuk mempersiapkan penawaran dan harga jual.
4. Untuk menentukan pemanfaatan mesin, jumlah mesin yang dapat dioperasikan seorang operator dan membantu penyeimbangan lini perakitan.
5. Untuk menentukan standar waktu yang digunakan sebagai dasar pemberian upah perangsang bagi tenaga kerja langsung dan tidak langsung.
6. Untuk menentukan standar waktu yang digunakan sebagai dasar pengendalian biaya tenaga kerja.

2.1.2.1 Teknik dan Pengukuran Waktu

❖ **Pengukuran waktu kerja dengan metode pengukuran langsung**

Penelitian kerja dan analisa metode kerja pada dasarnya akan memusatkan perhatiannya pada bagaimana suatu macam pekerjaan akan diselesaikan. Dengan mengaplikasikan prinsip dan teknik pengaturan cara kerja yang optimal dalam sistem kerja tersebut, maka akan diperoleh alternatif metoda pelaksanaan kerja yang dianggap memberikan hasil yang paling efektif dan efisien. Suatu pekerjaan akan dikatakan diselesaikan secara efisien apabila waktu penyelesaiannya berlangsung paling singkat. Untuk menghitung waktu baku (*standard time*) penyelesaian pekerjaan guna memilih alternatif metoda kerja yang terbaik, maka perlu diterapkan prinsip-prinsip dan teknik-teknik pengukuran kerja (*work measurement atau time study*). Pengukuran waktu kerja ini akan berhubungan dengan usaha-usaha untuk menetapkan waktu baku yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Secara singkat pengukuran kerja adalah penetapan keseimbangan antara kegiatan manusia yang dikontribusikan dengan unit *output* yang dihasilkan.

❖ **Pengukuran waktu kerja dengan jam henti (*Stop Watch Study*)**

Penelitian kerja dan analisis metode kerja akan memusatkan perhatian pada bagaimana suatu pekerjaan akan diselesaikan. Suatu pekerjaan akan dikatakan selesai secara efektif apabila waktu penyelesaian paling singkat. Untuk menghitung waktu baku (*standard time*) penyelesaian

pekerjaan guna memilih alternative metode kerja yang terbaik maka perlu diterapkan prinsip-prinsip dan teknik-teknik pengukuran kerja.

Waktu baku ini merupakan waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja yang memiliki tingkat kemampuan rata-rata untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Disini sudah meliputi kelonggaran waktu yang diberikan dengan memperhatikan situasi dan kondisi pekerjaan yang harus diselesaikan. Teknik pengukuran waktu yang digunakan adalah pengukuran waktu kerja secara langsung yaitu pengukuran kerja dilaksanakan ditempat dimana pekerjaan yang diukur dijalankan. Dengan cara menggunakan jam henti (*stopwatch time study*).

Ada tiga aturan didalam membagi suatu operasi kerja kedalam elemen-elemen kerja, yaitu :

1. Elemen-elemen kerja dibuat sedetail dan sependek mungkin tetapi masih mudah untuk diukur waktunya dengan teliti.
2. *Handling time* seperti *loading* dan *unloading* harus dipisahkan dari *machining*. *Handling* ini biasanya merupakan pekerjaan yang dilaksanakan secara manual oleh operator dan aktivitas pengukuran kerja mutlak berkonsentrasi disini karena berhubungan dengan masalah *performance rating*.
3. Elemen-elemen kerja yang konstan harus dipisahkan dengan elemen kerja yang *variable*. Elemen kerja yang konstan disini adalah elemen-

elemen yang bebas dari pengaruh ukuran berat, panjang ataupun bentuk dari benda kerja yang diukur.

2.1.3 Melakukan Pengukuran Waktu

2.1.3.1 Uji Keseragaman Data

Test keseragaman data perlu dilakukan guna menetapkan waktu setandar. Test keseragaman data bisa dilaksanakan dengan cara visual dan/atau mengaplikasikan peta kontrol (*control chart*).

Test keseragaman data secara visual dilakukan dengan mudah dan cepat. Disini hanya melihat data yang terkumpul dan mengidentifikasi data yang terlalu “ekstrim”, data ekstrim adalah data yang terlalu besar atau terlalu kecil dan jauh menyimpang dari trend rata-ratanya. Data terlalu ekstrim dibuang dan tidak dimasukkan dalam perhitungan selanjutnya.

Peta kontrol adalah suatu alat yang tepat guna mengetest keseragaman data yang diperoleh dari hasil pengamatan. Data yang dikatakan seragam yaitu berasal dari sistem yang sama, bila berada diantara kedua batas kontrol, dan tidak seragam yaitu berasal dari sistem sebab yang berbeda, jika berada diluar batas kontrol. (Sritomo, h 194)

$$BKA = \bar{x} + Z(\sigma_x)$$

$$BKB = \bar{x} - Z(\sigma_x)$$

Dimana Z = bilangan konversi dari tingkat kepercayaan yang diinginkan ke distribusi normal.

Tingkat kepercayaan = 90% maka $Z=1,65$

95% maka $Z = 2,00$

99% maka $Z = 3,00$

2.1.3.2 Uji kecukupan data (Walpole, 1987)

Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah data waktu siklus telah cukup atau belum. Uji kecukupan data dihitung setelah semua nilai data berada dalam batas kendali, jumlah pengukuran dikatakan cukup bila N' (Jumlah data yang diperlukan sesuai dengan tingkat kepercayaan dan tingkat ketelitian yang telah ditentukan) lebih kecil atau sama dengan N (Jumlah data dari pengukuran waktu sebelumnya).

$$N' = \left\{ \left(\frac{K / s \sqrt{N(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}}{(\sum X_i)} \right) \right\}^2$$

2.1.3.3 Uji Kenormalan Data

Uji kenormalan data bertujuan untuk menentukan apakah data yang diperoleh telah berdistribusi normal / tidak. Uji yang dipakai adalah uji kebaikan suai (*Goodness of fit test*) yang didasarkan pada seberapa baik kesesuaian antara frekuensi

yang diamati dalam data contoh dengan frekuensi harapan yang didasarkan pada sebaran yang dihipotesiskan.

Uji kenormalan data didasarkan pada rumus :

$$X^2 = \sum \left(\frac{o_i - e_i}{e_i} \right)^2$$

dimana o_i = Frekuensi pengamatan dalam sel ke-i

e_i = Frekuensi harapan dalam sel ke-i

langkah-langkah dalam uji kenormalan data

1. Hitung rata-rata & Standar deviasi sampel

$$\bar{x} = \frac{\sum X_i}{n_i}$$

dimana $\bar{x}$ = harga rata-rata sampel

n_i = jumlah sub grup

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

dimana N = Jumlah data seluruhnya

2. Hitung *range*

$$\text{Range} = X_{\text{maks}} - X_{\text{min}}$$

3. Hitung jumlah kelas

$$\text{Jumlah kelas} = 1 + 3,33 \text{ Log } N$$

4. Tentukan lebar (interval) kelas

$$I = \frac{R}{K}$$

dimana I = lebar kelas

$R = \text{range}$

$K = \text{Jumlah kelas}$

5. Tentukan interval untuk setiap kelas
 6. Tentukan batas atas untuk setiap kelas
 7. Hitung frekuensi teramati (o_i) untuk setiap interval kelas
 8. Hitung nilai z normal pada setiap kelas

$$Z = \frac{\text{Batas atas} - \bar{x}}{\sigma}$$

9. Tentukan luas daerah berdasarkan nilai Z dengan berpedoman pada tabel luas wilayah dibawah kurva normal

$$P(Z) = P(Z_a < Z < Z_a)$$

$$= P(Z_a < Z_a) - P(Z_a > Z_a)$$

10. Hitung frekuensi harapan (e_i) setiap kelas

$$e_i = P(Z) \times N$$

11. Hitung total nilai χ^2 hitung yang diperoleh

$$\chi^2 \text{ hitung} = \sum \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

12. tentukan nilai $\chi^2 (\alpha, v)$ tabel
13. jika χ^2 hitung $> \chi^2$ tabel, data tidak berdistribusi normal
jika χ^2 hitung $< \chi^2$ tabel, data berdistribusi normal

2.1.3.4 Penyesuaian

Pengukuran waktu bertujuan menentukan waktu baku penyelesaian suatu pekerjaan yang diperoleh dari kondisi dan cara kerja yang wajar, yaitu dengan melakukan penyesuaian sehingga diperoleh waktu normal .

Penyesuaian adalah suatu proses dimana analisis pengukuran waktu membandingkan performansi operator, dalam hal ini kecepatan dalam pengamatan. Dan konsep pengukur sendiri tentang bekerja secara wajar, pengertian wajar disini adalah suatu keadaan dimana operator bekerja secara normal, sedangkan normal adalah suatu keadaan jika operator yang dianggap berpengalaman dapat bekerja tanpa usaha yang berlebihan sepanjang hari kerja yang ditetapkan dan menunjukkan kesungguhan dalam melakukan pekerjaannya.

Penyesuaian dimaksudkan untuk mengukur kewajaran kerja yang di tunjukkan oleh operator, ketidak wajarannya yang terjadi misalnya, bekerja tidak sungguh-sungguh, terburu-buru, atau menjumpai kesulitan-kesulitan seperti kondisi ruangan yang buruk. Penyesuaian dilakukan dengan mengalikan

waktu siklus rata-rata atau waktu elemen rata-rata dengan suatu harga (P) yang disebut faktor penyesuaian (Sutalaksana,1979, h138)

- *Westinghouse System's Rating*

Westinghouse company (1927) juga memperkenalkan sistem yang dilaksanakan bedaux. Di sini selain kecakapan dan usaha yang telah dinyatakan oleh Bedaux sebagai faktor yang mempengaruhi *performance* manusia. Maka *westinghouse* menambahkan lagi dengan kondisi kerja (*Working condition*) dan kekonsistenan (*consistency*) dari operator dalam melakukan kerja. Keterampilan atau *skill* didefinisikan sebagai kemampuan mengikuti cara kerja yang ditetapkan. Latihan dapat meningkatkan keterampilan, tetapi hanya sampai ketempat tertentu saja, tingkat mana merupakan kemampuan maksimal yang dapat diberikan pekerja yang bersangkutan. Keterampilan juga dapat menurun yaitu bila telah terlampau lama tidak menangani pekerjaan tersebut, atau karena sebab-sebab lain seperti kesehatan yang terganggu, rasa *fatigue* yang berlebihan, pengaruh lingkungan sosial dan sebagainya. Sedangkan usaha atau *effort* adalah kesanggupan yang ditunjukan operator ketika melakukan pekerjaannya. Kondisi kerja atau *condition* pada cara *westinghouse* adalah kondisi fisik lingkungannya seperti keadaan pencahayaan, temperatur dan kebisingan ruangan. Bila tiga faktor lainnya yaitu keterampilan, usaha dan konsisitensi merupakan apa yang dicerminkan oleh operator, maka kondisi kerja merupakan suatu diluar operator yang diterima apa adanya oleh operator tanpa banya kemampuan untuk memperbaikinya. Kondisi kerja dibagi enam kelas yaitu : *ideal, excellent, good, fair*

and poor. Kondisi ideal tidak selalu sama bagi setiap pekerja membutuhkan kondisi ideal sendiri-sendiri.

Pada dasarnya kondisi ideal adalah kondisi yang paling cocok untuk pekerjaan yang bersangkutan, yaitu yang memungkinkan *performance* maksimal dari pekerja. Kondisi *poor* adalah kondisi lingkungan yang tidak membantu jalannya pekerjaan bahkan sangat menghambat pencapaian *performance* yang baik. Faktor lain yang harus diperhatikan adalah konsistensi (*consistency*). Faktor ini perlu diperhatikan karena kenyataan bahwa setiap pengukuran waktu angka-angka yang dicatat tidak pernah semua sama, waktu penyelesaian yang ditunjukkan pekerja selalu berubah-ubah. Faktor konsistensi juga dibagi atas enam kelas yaitu : *perfect, excellent, good, average, fair* dan *poor*. Seorang yang bekerja *perfect* adalah yang dapat bekerja dengan waktu penyelesaian yang boleh dikatakan tetap dari waktu ke waktu. Untuk itu *westinghouse* telah membuat suatu tabel *performance rating* yang berisi nilai-nilai angka yang berdasarkan tingkatan yang ada untuk masing-masing faktor tersebut. Untuk menormalkan waktu yang ada maka hal ini dilakukan dengan jalan mengalikan waktu yang diperoleh dengan jalan keempat rating faktor yang sesuai dipilih dengan *performance* yang ditunjukkan oleh operator. Contoh apabila waktu rata-rata yang diukur dari suatu elemen kerja adalah 2,5 menit dan *rating performance* operator adalah sebagai berikut:

- *Excellent skill* (B2) = +0,08
- *Good effort* (C2) = +0,02

$$\begin{aligned}
 - \text{Good condition (C)} &= + 0,02 \\
 - \text{Good Consistency (C)} &= + 0,01 \\
 &+ 0,13
 \end{aligned}$$

Maka waktu normal untuk menyelesaikan elemen-elemen kerja tersebut adalah
 $2,5 \times 1,13 = 2,825$ (Sritomo, hal 197)

2.1.3.5 Kelonggaran (Sutalaksana, 1979, h. 149)

a. Kelonggaran Waktu Untuk Kebutuhan Pribadi (Personal Allowance)

Pada dasarnya setiap pekerja haruslah diberikan kelonggaran waktu untuk keperluan yang bersifat kebutuhan pribadi. Jumlah waktu longgar untuk kebutuhan personil dapat ditentukan dengan jalan melaksanakan aktivitas *time study* sehari kerja penuh atau dengan metode sampling kerja. Besarnya waktu untuk kelonggaran pribadi untuk pekerja pria berbeda dengan pekerja wanita. Misalnya untuk pekerjaan ringan pada kondisi kerja normal pria memerlukan 2-2,5% dan wanita 5% (persentase ini dari waktu normal), atau sepuluh sampai 24 menit setiap hari akan dipergunakan untuk kebutuhan yang bersifat personil apabila operator bekerja selama 8 jam per hari tanpa jam istirahat resmi. Meskipun jumlah waktu longgar untuk kebutuhan personil yang dipergunakan ini akan bervariasi tergantung pada individu pekerjaanya dibandingkan dengan jenis pekerjaan yang dilaksanakannya, akan tetapi kenyataannya untuk pekerjaan-pekerjaan yang berat dan kondisi kerja ruang tidak enak (terutama temperatur

tinggi) akan menyebabkan kebutuhan waktu untuk personil ini lebih besar lagi. *Allowance* untuk hal ini bisa lebih besar dari 5%.

b. Kelonggaran Waktu Untuk Melepaskan Lelah (*Fatigue Allowance*)

Kelelahan fisik manusia bisa disebabkan oleh beberapa penyebab diantaranya adalah kerja yang membutuhkan banyak pikiran (lelah mental) dan kerja fisik. Masalah yang dihadapi untuk menetapkan jumlah waktu yang diijinkan untuk melepaskan lelah adalah sangat sulit dan kompleks. Di sini waktu yang dibutuhkan untuk keperluan istirahat sangat tergantung pada individu yang bersangkutan. Interval waktu dari siklus kerja dimana pekerja akan memikul beban kerja secara penuh, kondisi lingkungan fisik pekerjaan dan faktor-faktor lainnya. Lama waktu periode istirahat dan frekuensi pengadaanya akan tergantung pada jenis pekerjaannya. Barang kali yang paling umum dilakukan adalah memberikan satu kali periode istirahat yang diberikan berkisar 5 sampai 15 menit.

c. Kelonggaran Waktu Karena Keterlambatan-Keterlambatan (*Delay Allowance*)

Dalam melaksanakan pekerjaan, pekerja tidak akan lepas dari berbagai hambatan-hambatan. Keterlambatan atau *delay*, bisa disebabkan faktor-faktor yang sulit untuk dihindarkan. (*unavoidable delay*) karena berada diluar kemampuan pekerja untuk mengendalikannya, tetapi bisa juga di sebabkan oleh beberapa faktor yang sebenarnya masih bisa dihindari, misalnya mengobrol yang berlebihan dan menganggur dengan sengaja. Macam dan lamanya keterlambatan untuk suatu aktivitas kerja dapat ditetapkan dengan teliti dengan

melaksanakan aktivitas time study secara penuh bisa juga dengan kegiatan sampling kerja. Elemen-elemen kerja yang secara keseluruhan tidak dianggap sebagai *delay* akan tetapi harus diamati dan diukur sebagaimana elemen-elemen kerja lainnya yang termasuk dalam siklus operasi.

2.1.3.6 Waktu Baku (Sutalaksana, 1979, h. 164)

Untuk dapat membentuk data waktu baku yang baik, maka pembentukannya pun harus mengikuti langkah-langkah teratur. Untuk mendapatkan hasil yang baik maka dapat dilakukan dengan pengukuran waktu dengan jam henti (*stop watch*). Dan hal ini masih harus diperhatikan dalam pengukuran menentukan interval dan tingkat harga yang diukur.

Cara perhitungan waktu baku sering disebut sebagai cara sintesa, karena pada umumnya pekerjaan yang diteliti bila diuraikan terdiri dari beberapa elemen pekerjaan yang kecil atau terdiri dari beberapa kegiatan.

Skema penentuan waktu baku ditunjukkan dalam gambar 2.1 (Sutalaksana, 1974, h 164)



Gambar 2.1 Skema Penentuan Waktu Baku

Keterangan :

- Waktu Siklus (WS) merupakan waktu yang didapat dari hasil pengamatan secara langsung dengan pengukuran *stopwatch*.

- Waktu Normal (WN) adalah waktu kerja yang mempertimbangkan faktor penyesuaian.
- Waktu Baku (WB) adalah waktu kerja yang mempertimbangkan faktor penyesuaian dan faktor kelonggaran.

- Perhitungan waktu normal

Rumus untuk menghitung waktu normal adalah sebagai berikut :

$$W_n = W_s \times P$$

Dimana W_n = Waktu normal

W_s = Waktu siklus

P = Penyesuaian

- Perhitungan waktu baku

Rumus untuk menghitung waktu baku adalah sebagai berikut :

(Sutalaksana, h. 164)

$$W_b = W_n \times (1 + ALL)$$

Dimana W_b = Waktu baku

W_n = Waktu normal

ALL = Faktor kelonggaran %

2.1.4 Peta Proses Operasi (operation proces Chart)

Peta proses operasi merupakan suatu diagram yang menggambarkan langkah-langkah proses yang akan dialami bahan baku mengenai urutan-urutan operasi dan pemeriksaan. Sejak dari awal sampai menjadi produk jadi

utuh maupun sebagai komponen, dan juga memuat informasi-informasi yang diperlukan untuk analisa lebih lanjut, seperti : waktu yang dihabiskan, material yang digunakan, dan tempat atau alat atau mesin yang dipakai, dan untuk jelasnya dapat dilihat pada lampiran (Sutalaksana, h 21)

2.1.5 Diagram Pendahulu (*Precedence Diagram*)

Diagram pendahulu/lebih dikenal dengan sebutan *precedence diagram* merupakan suatu gambaran grafik dari urutan pekerjaan yang memperhatikan keseluruhan dan ketergantungan antar masing-masing operasi, dimana suatu operasi tertentu tidak dapat dikerjakan sebelum operasi yang mendahuluinya dikerjakan terlebih dahulu, diagram ini dibuat berdasarkan peta proses operasi dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran.

2.1.6 Keseimbangan Lini (*Line Balancing*)

2.1.6.1 Definisi.

Keseimbangan lini merupakan suatu metode penugasan sejumlah pekerjaan atau elemen kerja produksi sehingga setiap stasiun kerja tersebut memiliki waktu yang tidak melebihi waktu siklusnya keterkaitan sejumlah pekerjaan dalam satu lini produksi harus dapat dipertimbangkan dalam menentukan pembagian pekerjaan ke dalam masing-masing stasiun kerja, dengan demikian dapat dikatakan *line balancing* merupakan proses untuk membagi pekerjaan kedalam stasiun kerja sedemikian rupa sehingga

mempunyai waktu penyelesaian yang mendekati sama. Tujuannya adalah untuk memenuhi waktu siklus atau kapasitas produksi yang diinginkan dengan menggunakan stasiun kerja yang minimum, hubungan atau saling keterkaitan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya di gambarkan oleh *precedence diagram* atau diagram pendahuluan (Elyased. A, h 259 ; Badworth, David, h 361)

2.1.6.2 Terminologi Keseimbangan Lini

Terminologi keseimbangan lintasan, antara lain (Elyased.A. h 345)

1. Produk rakitan (*Assembled Product*)

adalah produk yang telah melewati proses dari serangkaian stasiun kerja dimana produk akan menjadi lengkap dan sempurna setelah melewati stasiun terakhir.

2. Elemen Kerja

Adalah bagian dari keseluruhan pekerjaan dalam proses perakitan.

3. Stasiun Kerja (*Work station*)

adalah sebuah lokasi pada lini perakitan atau pembuatan suatu produk, dimana pekerjaan diselesaikan baik secara manual maupun otomatis.

4. Total Waktu Pengerjaan (*Total Work Content*)

Adalah jumlah dari seluruh waktu pengerjaan setiap elemen pekerjaan dari suatu lintasan.

5. Waktu proses stasiun kerja (*Work station proses time*)

Merupakan penjumlahan dari seluruh waktu pengerjaan setiap elemen kerja yang berada didalam stasiun kerja tersebut.

6. Waktu siklus (*Cycle time*)

Adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 1 unit produk dari lini perakitan dengan asumsi setiap Assembly mempunyai kecepatan yang konstan.

$$CT = \frac{\text{Production time / day}}{\text{Output / day}}$$

7. Diagram Pendahuluan (*Precedence Diagram*)

Adalah suatu gambaran secara grafis dari urutan pekerjaan yang memperlihatkan keseluruhan operasi pekerjaan dan ketergantungan masing-masing elemen kerja, dimana elemen kerja tertentu tidak dapat dikerjakan sebelum elemen kerja yang mendahuluinya dikerjakan terlebih dahulu.

2.1.6.3 Ukuran Performansi Keseimbangan Lintasan

Hal-hal yang menjadi ukuran untuk mengetahui performansi keseimbangan lintasan adalah sebagai berikut :

1. Efisiensi Stasiun Kerja (*Stasiun efficiency*)

Adalah rasio dari waktu stasiun kerja terhadap waktu siklus atau waktu stasiun kerja terbesar

$$SE = \frac{Wb_{st}}{CT} \times 100\%$$

2. Efisiensi Lini (*Line Efficiency*)

Adalah rasio dari total waktu stasiun terhadap keterkaitan waktu siklus dengan jumlah stasiun kerja yang dinyatakan dalam persentase

$$LE = \frac{\sum Wb_{Si}}{k(CT)} \times 100\%$$

dimana LE = *Line Efficiency*

Wb_{Si} = Waktu baku stasiun kerja i

K = Jumlah stasiun kerja

CT = Waktu Siklus (Wb. Maks)

3. Waktu menganggur (*Idle time*)

Adalah selisih antara waktu siklus dengan waktu stasiun, perbedaan antara waktu siklus dengan waktu stasiun di sebut juga idle time

- Waktu menganggur = $Wd - W_i$
- Total waktu menganggur = $n Wd - \sum_{i=1}^n w_i$
- Dimana Wd = Waktu stasiun kerja terbesar

W_i = Waktu sebenarnya pada setiap stasiun

n = jumlah stasiun kerja

4. Keseimbangan waktu senggang (*Balance Delay*)

adalah 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

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

atau

$$BD = \frac{k \cdot CT - \sum w_{b_{st}}}{k \cdot CT} \times 100\%$$

5. SI (*Smoothness Index*)

Adalah suatu index yang menunjukkan kelancaran relatif dari suatu keseimbangan lini perakitan. Suatu SI sempurna jika nilainya 0 atau disebut *perfect balance*.

$$SI = \sqrt{\sum (CT - W_{b_{st}})^2}$$

2.1.6.4 Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam penyeimbangan lini

Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Tentukan hubungan antara pekerjaan-pekerjaan yang terlibat dalam suatu lini produksi dan hubungan/keterkaitan antar pekerjaan tersebut yang digambarkan dalam precedence diagram
2. Menentukan waktu siklus yang dibutuhkan dengan menggunakan rumus

$$\text{Cycle Time (CT)} = \frac{\text{Production time / delay}}{\text{Output / day}}$$

3. Menentukan jumlah minimum stasiun kerja teoritis yang dibutuhkan untuk memenuhi pembatas waktu siklus dengan rumus :

$$N = \frac{\text{Jumlah total dari waktu pekerjaan setiap elemen}}{\text{CT terpanjang}}$$

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.

2.1.6.5 Metode yang digunakan dalam Line Balancing

- Metode *Largest Candidate Rule* (Groover. M. H, 149)
- Metode *Range Positional Weight* (Bedworth, David. H, 364)
- Metode *Region Approach* (Bedworth, D. H, 370 – 371)
- Metode MALB (Mansoor Aided Line Balancing)

- **Metode *Largest Candidate Rule***

Metode ini merupakan metode yang paling sederhana, langkah-langkah penyeimbangan lini dengan metode *Largest Candidate Rule* (Groover. M. H 149)

1. Membuat *precedence diagram*
2. mengurutkan elemen kerja berdasarkan waktu proses masing-masing dari proses yang paling besar sampai yang paling kecil, dengan memperhatikan

keterkaitan antara antar operasi dimana operasi yang paling besar dikelompokkan dalam stasiun kerja yang tidak boleh melangkahi operasi pendahulunya.

3. Menyusun elemen kerja ke dalam stasiun kerja, penyusunan elemen kerja ke dalam stasiun kerja mempertimbangkan precedence diagram dan tabel LCR dan waktunya.

Dengan ketentuan sebagai berikut :

- 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
 - Elemen kerja yang memiliki waktu yang lebih besar yang dikelompokkan dalam satu stasiun kerja yang tidak boleh melangkahi elemen kerja sebelumnya.
4. Menghitung performansi lini

- **Metode Range Positional Weight.**

Metode ini dikembangkan oleh *Helgeson & Birnie*. Metode ini mengelompokkan pekerjaan-pekerjaan kedalam stasiun kerja menurut beban pembebanan masing-masing dalam *precedence diagram*, berat pembebanan yang disebut dengan *positional weight* dihitung dengan menjumlahkan waktu proses elemen pekerjaan mulai dari elemen pertama sampai dengan elemen

terakhir menurut urutan pengerjaan dalam *precedence diagram*, (Bedworth, David. H 364)

Langkah-langkah penyeimbangan lini dengan metode range positional weight.

1. Menentukan bobot posisi (*positional weight*) masing-masing elemen kerja yaitu jumlah waktu operasi tersebut dengan operasi yang mengikutinya langkah ini dilakukan dengan cara membuat *precedence matrix* yang akan menunjukkan keterkaitan suatu operasi dengan operasi pengikutnya.
2. mengurutkan bobot posisi dimulai dari stasiun kerja yang memiliki bobot posisi terbesar sampai dengan yang terkecil
3. menyusun elemen-elemen kerja ke dalam stasiun kerja, dengan kriteria total waktu operasi lebih kecil dari waktu siklus ($W_b \text{ maks}$) yang ditetapkan penyusunan elemen-elemen kerja ini harus mempertimbangkan dua hal yaitu :
 - Waktu siklus, total waktu elemen kerja tidak boleh lebih dari waktu siklus yang ditetapkan.
 - *Precence diagram*, elemen kerja harus disusun menurut predence diagram, satu elemen tidak boleh melewati elemen sebelumnya.
4. Menghitung performasi lini.

- **Metode *Region Approach***

Metode *Region Approach* dikembangkan oleh Mansoor untuk mengatasi kekurangan metode bobot posisi, metode ini juga belum mampu menghasilkan hasil optimal, namun sudah cukup baik dan mendekati

optimal, pada dasarnya metode ini membagi precedence diagram dan wilayah-wilayah (*Region*) menurut prioritas kerja (Bedworth. D. H 370-371) dengan kata lain, dasar dari metode ini adalah memprioritaskan elemen kerja berdasarkan pembagian wilayah-wilayah, dimana elemen yang memiliki waktu lebih besar dalam wilayah yang sama mendapat prioritas utama.

Langkah-langkah penyeimbangan lini dengan metode Region Approach

1. Membuat *precedence diagram*
2. Membagi operasi dalam wilayah kekiri kekanan dengan syarat dalam satu daerah tidak boleh ada operasi yang saling bergantung. Kumpulkan semua pekerjaan ke wilayah *precedence* yang terakhir, hal ini akan menyakinkan bahwa pekerjaan dengan sedikitnya ketergantungan akan paling sedikit di pertimbangkan untuk pekerjaan paling akhir dalam jadwal.
3. Mengurutkan waktu pekerjaan dalam tiap-tiap wilayah dari yang terbesar hingga terkecil ini akan menyakinkan pekerjaan terbesar akan di pertimbangkan terlebih dahulu dan memberikan kesempatan untuk memperoleh kombinasi yang lebih baik dengan pekerjaan-pekerjaan yang lebih kecil
4. Mengumpulkan pekerjaan-pekerjaan dengan urutan sebagai berikut :
 - Mula-mula wilayah paling kiri
 - Dalam sebuah wilayah, didahulukan pekerjaan yang memiliki waktu terbesar
5. Mengelompokkan elemen kerja dalam stasiun kerja berdasarkan syarat tidak melebihi waktu siklus yang ditetapkan

6. Meneruskan hingga semua elemen pekerjaan ditempatkan pada semua stasiun kerja.
7. Menghitung performansi lini

- **Metode MALB (*Mansoor Aided Line balancing*)**

Metode *MALB* merupakan penyempurnaan dari metode *Rank Positional Weight* (RPW) dengan memperhatikan waktu senggang (*slack time*). Adapun langkah-langkah dan contoh perhitungan dengan menggunakan metode *MALB* adalah sebagai berikut :

- Gambar jaringan *precedence diagram* (terdapat pada lampiran) sesuai dengan keadaan sebenarnya. Kemudian tentukan *positional weight* (bobot posisi) untuk setiap elemen pekerjaan dari suatu operasi yang memiliki waktu penyelesaian (waktu siklus) terpanjang mulai dari awal pekerjaan hingga ke akhir elemen pekerjaan yang memiliki waktu penyelesaian (waktu siklus) terendah.
- Urutkan elemen pekerjaan berdasarkan *positional weight* pada langkah ke-1 diatas. Elemen pekerjaan yang memiliki *positional weight* tertinggi diurutkan pertama kali.
- Lanjutkan dengan menempatkan elemen pekerjaan yang memiliki *positional weight* tertinggi pada variable penampung, lalu hitung waktu senggangnya. Bila sesuai dengan prohibit table, tempatkan pada variable penampung. Bila waktu proses lebih besar dari *cycle time*, pindahkan proses terakhir ke variabel

penampung berikutnya dan hitung waktu senggangnya. Waktu senggang merupakan hasil pengurangan dari waktu siklus dengan besar *positional weight* (bobot posisi) pada elemen yang bersangkutan. Adapun contoh perhitungan tabel Stasiun I yang elemen pekerjaannya sudah ditempatkan ke variabel penampung dan sudah dihitung waktu senggangnya.

- Ulangi langkah ke-3 diatas sampai seluruh elemen pekerjaan sudah ditempatkan.

2.2 Kerangka Pemikiran

1. Visi dan Misi

Pengamatan diawali dengan mengetahui visi dan misi yang dimiliki oleh perusahaan berdasarkan visi dan misi tersebut dapat diketahui kearah mana perusahaan akan menjalankan usahanya.

2. Kebijakan Perusahaan

Kebijakan perusahaan di dapat setelah mengetahui visi dan misi yang di miliki oleh perusahaan, dengan kata lain, kebijakan diturunkan dari visi misi perusahaan sesudah rencana produksi dibuat, tahap selanjutnya adalah menjadwalkan jumlah produk yang telah direncanakan untuk dimasukkan dalam proses pengerjaannya sebelum dilakukan proses pengerjaan maka perusahaan perlu membuat kebijakan mengenai jumlah tenaga kerja yang diperlukan bahan baku, proses produksi, pasilitas ruang operasi, dan lain-lain agar proses dapat berjalan dengan lancar dan hasilnya sesuai dengan rencana yang diinginkan.

3. *Strategic Objektif*

Strategic objectives ini berupa sasaran atau target yang ingin dicapai oleh bagian produksi, berupa sejumlah output yang ingin dihasilkan setiap harinya.

4. *Critical Performance Measures*

Critical Performance Measures merupakan pengukuran batas kritis performansi perusahaan, pengukuran ini dilihat dari kondisi awal stasiun dengan efisiensi lini (*line efficiency*) efisiensi stasiun kerja (*station efficiency*), waktu menganggur (*idle time*), *balance delay*, dan *smoothness index*. Pengukuran kritis ini selanjutnya mengarah kepada pengukuran efisiensi dari masing-masing stasiun kerja.

5. *Analisis system berjalan*

Analisis system berjalan ini dilakukan dengan mengamati keadaan sistem atau kondisi produksi perusahaan pada saat pengamatan dilakukan, setelah mengamati dan mengetahui operasi yang terjadi dibagian produksi, maka ditampilkan sebuah peta proses operasi yang sering disebut dengan OPC. Keadaan perusahaan yang diamati meliputi penggunaan bahan baku proses produksi dan output yang dihasilkan perhari serta *existing* beban kerja setiap stasiun kerja.

Apabila sistem telah berjalan baik, maka dapat disimpulkan keadaan produksi perusahaan berjalan dengan baik dan untuk menyempurnakannya dapat diberikan saran yang lebih bermanfaat. Namun, jika sistem yang berjalan ternyata tidak sesuai dengan standar yang ingin dicapai perusahaan atau dengan kata lain terjadi ketidaksesuaian antara hasil aktual dengan target yang ditentukan , maka

langkah selanjutnya adalah mencari faktor penyebabnya dan melakukan upaya minimasi ketidaksesuaian tersebut.

6. Studi Pustaka

Langkah ini dilakukan guna menyimpulkan teori-teori dari berbagai sumber kepustakaan yang berguna sebagai landasan dalam pengumpulan dan pengolahan data dalam rangka menyelesaikan masalah yang sedang diamati.

7. Keseimbangan Lini

Berdasarkan hasil analisa dari analisa sistem berjalan yang tidak seimbang beban kerja di setiap stasiun kerja maka permasalahan utama yang mendasar tersebut diuji coba dengan menggunakan metode-metode yang terdapat dalam keseimbangan lini antara lain :

- ❖ Metode *Large Candidate Rules*
- ❖ Metode *Ranked positional weight*
- ❖ Metode *Region Approach*
- ❖ Metode MALB (*Mansoor Aided Line Balancing*)

8. Pilih metode terbaik dengan efisiensi terbesar

Setelah dilakukan perhitungan dengan keempat metode tersebut didapatkan hasil yang terbaik, yaitu metode yang memilih efisiensi lini terbesar, serta *idle time* dan *smoothness index* terkecil.

9. Rencana implementasi

Rencana implementasi diadakan dengan maksud untuk mengetahui kondisi penerapan metode penyelesaian masalah yang diusulkan, apakah dalam

pelaksanaanya menemukan banyak hambatan atau kekurangan dengan demikian maka metode yang ditetapkan tersebut dapat dilakukan setelah didapat hasil dari metode keseimbangan lini dengan efisiensi terbesar.

10. Analisa

Analisa ini mengacu pada hasil rencana implementasi tindakan perbaikan apa saja yang telah dilakukan untuk mengatsi hambatan yang terjadi selama rencana implementasi, seperti metode penyelesaian yang diusulkan pada bagian mana harus diadakan perbaikan, titik-titik kritis mana yang perlu diberikan pengawasan secara kontinu dan lain sebagainya.

11. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan Saran pada akhirnya diberikan setelah diketahui hasil analisa akhir kesimpulan ini juga merupakan bagian penutup dari hasil pengamatan di perusahaan yang bersangkutan.

