

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Pengukuran waktu

Pengukuran waktu adalah pekerjaan yang mengamati pekerja dan mencatat waktu kerjanya. Posisi pengukuran yang baik adalah posisi agak menyimpang di belakang operator sejauh 1,5 meter sehingga operator tidak merasa canggung dan terganggu gerakannya.

2.1.1 Pengukuran pendahuluan.

Tujuan melakukan pengukuran pendahuluan adalah untuk mengetahui berapa kali pengukuran harus dilakukan untuk tingkat ketelitian dan keyakinan yang diinginkan.

Langkah – langkah pemrosesan hasil pengukuran adalah sebagai berikut :

- a. Hasil pengukuran dikelompokkan ke dalam sub grup dan hitung rata – rata sub grup.
- b. Hitung harga rata – rata dari rata – rata sub grup.

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

Dimana : \bar{x}_i adalah harga rata – rata dari sub grup yang terbentuk.

k adalah banyaknya subgroup yang terbentuk.

- c. Hitung standar deviasi sebenarnya dari waktu penyelesaian.

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

Dimana : N jumlah pengamatan pendahuluan yang telah dilakukan.

X_i adalah hasil pengukuran waktu.

- d. Hitung standar deviasi dari distribusi harga rata – rata subgroup.

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Dimana : n adalah besarnya subgroup.

2.1.2 Menguji keseragaman data.

Keseragaman data ini bertujuan untuk mengetahui apakah hasil pengukuran waktu cukup seragam. Suatu data dikatakan seragam apabila berada dalam rentang batas control tertentu. Rentang batas control tersebut adalah Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB) dimana rumusnya adalah :

$$BKA = \bar{x} + z \sigma_{\bar{x}}$$

$$BKB = \bar{x} - z \sigma_{\bar{x}}$$

Dimana : z adalah bilangan konversi pada distribusi normal sesuai dengan tingkat kepercayaan yang dipergunakan, misalnya :

- Tingkat kepercayaan = 90 %, maka $z = 1,65$
- Tingkat kepercayaan = 95 %, maka $z = 2,00$
- Tingkat kepercayaan = 99 %, maka $z = 3,00$

Hasil pengukuran dikatakan seragam bila semua harga rata – rata sub grup berada dalam batas control. Bila tidak maka sub grup tersebut dibuang dan tidak diperhitungkan dalam menghitung kecukupan data.

2.1.3 Menghitung kecukupan data.

Kecukupan data dihitung setelah semua harga rata – rata sub grup yang berada dalam batas control. Rumus kecukupan data ini adalah :

$$N' = \left(\frac{z \sqrt{N \sum X_{ij}^2 - (\sum X_{ij})^2}}{\sum X_{ij}} \right)^2$$

Dimana :

N' = jumlah data pengukuran data minimum yang dibutuhkan.

N = jumlah pengamatan pendahuluan yang telah dilakukan.

Jumlah pengukuran waktu dikatakan cukup apabila jumlah pengukuran minimum yang dibutuhkan secara teoritis lebih kecil atau sama dengan jumlah pengukuran pendahuluan yang sudah dilakukan ($N' \leq N$). Jika jumlah pengukuran masih belum terpenuhi, maka harus dilakukan pengukuran lagi sampai jumlah pengukuran tersebut cukup (Sutalaksana, Iftikar Z.).

2.1.4 Tingkat ketelitian dan keyakinan.

Pengukuran yang ideal adalah pengukuran dengan data yang sangat banyak untuk memperoleh jawaban pasti. Tetapi hal ini tidak mungkin karena adanya keterbatasan waktu, biaya dan tenaga. Oleh karena itu dibutuhkan pengukuran kerja dengan jumlah yang tidak terlalu memakan waktu, biaya, dan tenaga. Tetapi hasilnya

dapat dipercaya, yaitu pengukuran waktu yang disesuaikan dengan tingkat kepercayaan dan keyakinan yang digunakan.

Tingkat ketelitian dan kepercayaan adalah suatu pencerminan tingkat kepastian yang diinginkan 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 harus dicari).

Sedangkan tingkat kepercayaan menunjukkan besarnya kepercayaan pengukur bahwa hasil yang diperoleh memenuhi syarat ketelitian tadi, yang juga dinyatakan dalam persen.

2.1.5 Metode Pengukuran Waktu Kerja.

Penelitian kerja dan analisa metode kerja pada dasarnya akan memusatkan perhatiannya pada bagaimana suatu pekerjaan akan diselesaikan.

Dengan mengaplikasikan prinsip dan teknik pengaturan cara kerja yang optimal dalam system kerja tersebut maka akan diperoleh alternative metode pelaksanaan kerja yang dianggap memberikan hasil yang paling efektif dan efisien.

Suatu pekerjaan akan dikatakan selesai secara efisien jika waktu selesainya berlangsung paling singkat.

Untuk menghitung waktu baku penyelesaian pekerjaan guna memilih *alternative* metode kerja yang terbaik maka perlu diterapkan prinsip dan teknik pengukuran kerja.

Pengukuran waktu kerja ini akan berhubungan dengan usaha – usaha untuk menetapkan waktu baku yang dibutuhkan guna menyelesaikan suatu pekerjaan.

Pengukuran waktu kerja adalah metode penetapan keseimbangan antara kegiatan manusia yang di kontribusikan dengan unit output yang dihasilkan.

Waktu baku ini diperlukan untuk :

- Perencanaan kebutuhan pekerja.
- Estimasi biaya produksi.
- Penjadwalan produksi dan pembuatan anggaran.
- Perencanaan system pemberian bonus dan insentif bagi karyawan berprestasi.
- Indikasi keluaran yang mampu dihasilkan oleh seorang pekerja.

Teknik pengukuran waktu kerja dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu pengukuran secara tidak langsung dan secara langsung (Sitalaksana, 1979).

1. Pengukuran tidak langsung.

Pengukuran dilakukan tanpa harus ditempat pekerjaan, yaitu dengan membaca tabel – tabel yang tersedia asalkan mengetahui jalannya pekerjaan melalui elemen – elemen pekerjaan atau elemen – elemen gerakan.

2. Pengukuran secara langsung.

Merupakan pengukuran yang dilakukan di tempat dimana pekerjaan yang bersangkutan dilakukan. Dalam hal ini ada 2 cara yaitu :

- Dengan Jam Henti, yaitu pengukuran waktu menggunakan jam henti (Stopwatch) sebagai alatnya.
- Sampling pekerjaan, yaitu pengukuran dilakukan dengan mengambil beberapa *sample* dari suatu kelompok pekerjaan yang akan dihitung waktu kerjanya. Pengamatan dilakukan secara acak dengan bantuan tabel *random*.

Langkah – langkah untuk pelaksanaan pengukuran waktu kerja dengan jam henti ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Definisi pekerjaan yang akan diteliti untuk diukur waktunya dan beritahukan maksud dan tujuan pengukuran ini kepada pekerja yang dipilih untuk diamati dan supervisor yang ada.
2. Catat semua informasi yang berkaitan erat dengan penyelesaian pekerjaan seperti layout, karakteristik dan spesifikasi peralatan kerja yang digunakan.
3. Bagi operasi kerja dalam elemen – elemen kerja secara detail dalam batas kemudahan untuk pengukuran waktu kerja.

4. Amati, ukur, dan catat waktu kerja yang dibutuhkan oleh operator untuk menyelesaikan elemen – elemen kerja tersebut.
5. Tetapkan jumlah siklus kerja yang harus diukur dan dicatat. Teliti apakah jumlah siklus kerja yang dilaksanakan ini sudah memenuhi syarat atau tidak.
6. Tetapkan *rate of performance* dari operator saat melaksanakan aktivitas kerja yang diukur dan dicatat waktunya tersebut. *Rate of performance* ini ditetapkan untuk setiap elemen kerja yang ada dan hanya ditujukan untuk *performance* operator.
7. Sesuaikan waktu pengamatan berdasarkan *performance* kerja yang ditunjukkan oleh operator sehingga akhirnya akan diperoleh waktu kerja normal.
8. Tetapkan waktu longgar (*allowance time*) yang bertujuan memberikan fleksibilitas. Waktu longgar ini digunakan untuk menghadapi kondisi – kondisi untuk kebutuhan pribadi, faktor kelelahan, keterlambatan material, dll.
9. Tetapkan waktu kerja baku (*standart time*) yaitu jumlah total antara waktu normal dan waktu longgar.

Langkah – langkah sebelum pengukuran waktu.

Agar tujuan pengukuran dapat tercapai maka ditetapkan pedoman langkah – langkah yang perlu dilakukan dalam melakukan persiapan dan pelaksanaan pengukuran, adapun langkah – langkah tersebut antara lain : (Satalaksana, 1979).

1. Menentukan tujuan pengukuran.

Tujuan pengukuran adalah untuk apa hasil pengukuran tersebut, yang mana hal ini selanjutnya akan menentukan besarnya tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan yang diinginkan.

2. Melakukan penelitian pendahuluan.

Penelitian pendahuluan bertujuan untuk melihat dan mempelajari sistem dan kondisi kerja yang ada sekarang dengan maksud melakukan perbaikan, jika diperlukan dan disesuaikan dengan kondisi yang ada, kemudian membakukan system dan kondisi kerja yang telah dianggap baik dan wajar tersebut.

3. Memilih dan melatih operator.

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang baik dan dapat dibakukan, operator yang dipilih untuk diukur hendaknya berkemampuan normal dan mau diajak bekerja sama.

4. Menguraikan pekerjaan atas elemen – elemen.

Pengukuran terhadap suatu operasi secara menyeluruh tidak dapat memberikan hasil yang tepat sehingga perlu dipecah untuk lebih mempermudah.

5. Menyiapkan alat – alat pengukuran.

Dalam melakukan pengukuran waktu perlu dipersiapkan alat – alat bantu berikut, lembar pengamatan, jam henti (*Stopwatch*), alat tulis, papan pengamatan.

2.1.6 Menghitung waktu baku.

Kegiatan pengukuran waktu dikatakan selesai jika semua data yang diperoleh telah seragam dan jumlahnya telah memenuhi tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan yang diinginkan. Selanjutnya adalah mengolah data untuk menghitung waktu baku yang diperoleh dengan langkah – langkah :

1. Menghitung waktu siklus.

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

2. Menghitung waktu normal.

$$W_n = W_s \times p$$

Dimana ;

p adalah faktor penyesuaian.

Faktor ini diperhitungkan bila operator bekerja dengan tidak wajar, sehingga hasil perhitungan waktu perlu disesuaikan untuk mendapatkan waktu penyelesaian pekerjaan yang normal.

$P = 1$, Bila operator bekerja dengan wajar.

$P \leq 1$, Bila operator bekerja dengan lambat.

$P \geq 1$, Bila operator bekerja dengan cepat.

3. Menghitung waktu baku.

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

Dimana ;

A adalah kelonggaran (*allowance*) yang diberikan kepada operator untuk menyelesaikan pekerjaannya.

Kelonggaran ini diberikan untuk hal – hal seperti kebutuhan probadi, menghilangkan rasa *fatigue*, dan gagasan yang mungkin terjadi yang tidak dapat dihindarkan oleh operator (Sitalaksana, Iftikar Z, 180).

2.1.7 Penyesuaian.

Selama pengukuran berlangsung pengukur harus mengamati kewajaran kerja yang ditunjukkan operator. Ketidakwaajaran dapat saja terjadi, misalnya bekerja tanpa kesungguhan, sangat lambat karena disengaja, sangat cepat seolah dikejar waktu atau menjumpai kesulitan seperti kondisi ruangan yang buruk. Hal – hal inilah yang mempegaruhi kecepatan kerja yang berakibat terlalu cepat atau lambat dalam menyelesaikan suatu pekerjaan.

Waktu baku yang telah kita cari adalah waktu yang diperoleh dari kondisi dan cara kerja yang diselesaikan secara wajar dan benar oleh operator. Bila ketidakwaajaran terjadi, maka pengukuran harus menilainya dan berdasarkan penilaian inilah penyesuaian dilakukan.

Metode dalam menentukan faktor penyesuaian.

Beberapa metode yang digunakan dalam menentukan faktor penyesuaian adalah :

a. Metode Presentase.

Metode ini merupakan cara yang paling awal digunakan dalam melakukan penyesuaian dan merupakan cara yang paling mudah dan sederhana. Kelemahan cara ini adalah mudah terlihat kekurangtelitian akibat dari kasarnya cara penilaian. Pada metode ini faktor penyesuaian sepenuhnya ditentukan oleh si pengukur melalui pengamatannya selama melakukan

pengukuran. Waktu normal diperoleh dengan mengalikan waktu siklus dengan faktor penyesuaiannya (dalam persentase).

b. Metode Schumard.

Schumard memberikan batasan penilaian melalui kelas – kelas performa kerja dimana setiap kelas mempunyai nilai sendiri – sendiri.

c. Metode Westinghouse.

Metode ini terdiri dari 4 faktor yang menentukan kewajaran dan ketidakwajaran dalam bekerja, yaitu ketrampilan, usaha, kondisi kerja, dan konsistensi.

Ketrampilan atau *skill* merupakan kemampuan mengikuti cara kerja yang ditetapkan. Latihan dapat meningkatkan ketrampilan hingga tingkat tertentu. Ketrampilan dapat menurun bila terlalu lama tidak menangani pekerjaan tersebut, kesehatan terganggu, rasa fatigue berlebihan dan lain – lain.

Usaha atau effort merupakan kesungguhan yang diberikan atau ditunjukkan operator dalam melakukan pekerjaannya.

Kondisi kerja merupakan kondisi fisik lingkungannya seperti keadaan pencahayaan, temperatur, dan kebisingan ruangan. Faktor ini disebut faktor manajemen karena pihak ini yang berwenang merubah dan memperbaikinya.

Dalam keadaan wajar faktor $p = 1$ sedangkan terhadap penyimpangan dari keadaan ini harga p ditambah dengan angka – angka yang sesuai dengan keempat faktor diatas.

Westinghouse telah membuat tabel yang berisikan nilai – nilai angka yang berdasarkan tingkatan yang ada untuk tiap – tiap faktor tersebut diatas.

Table Westinghouse.

SKILL		EFFORT		CONDITION		CONSISTENCY	
+0.15 A1	Superskill	+0.13 A1	Superskill	+0.06 A	Ideal	+0.04 A	Ideal
+0.13 A2		+0.12 A2					
+0.11 B1	Excellent	+0.1 B1	Excellent	+0.04 B	Excellent	+0.03 B	Excellent
+0.08 B2		+0.08 B2					
+0.06 C1	Good	+0.05 C1	Good	+0.02 C	Good	+0.01 C	Good
+0.03 C2		+0.02 C2					
+0.00	Average	+0.00 D	Average	+0.00	Average	0.00 D	Average
-0.05 E1	Fair	-0.04 E1	Fair	-0.03 E	Fair	-0.02 E	Fair
-0.10 E2		-0.08 E2					
-0.16 F1	Poor	-0.12 F1	Poor	-0.07 F	Poor	-0.04 F	Poor
-0.22 F2		-0.17 F2					

d. Metode Objektif.

Metode ini memperhatikan 2 faktor yaitu kecepatan dan tingkat kesulitan pekerjaan. Kecepatan kerja adalah kecepatan dalam melakukan pekerjaan dalam pengertian biasa.

Jika operator bekerja normal maka $p = 1$. Kecepatannya terlalu tinggi $p > 1$ dan kecepatannya terlalu lambat $p < 1$. Cara menentukan p ini sama dengan cara untuk menentukan faktor penyesuaian dengan persentase.

2.1.8 Kelonggaran.

Waktu normal suatu pekerjaan tidak terdiri atas kelonggaran. Suatu hal yang tidak mungkin bahwa seseorang terus menerus bekerja seharian tanpa gangguan. Operator mungkin mengambil waktu untuk kebutuhan pribadi, istirahat dan hambatan – hambatan yang tidak dapat dihindarkan.

Macam – macam jenis kelonggaran adalah sebagai berikut :

1. Kelonggaran untuk kebutuhan pribadi.

Yang termasuk kebutuhan pribadi adalah hal – hal seperti minum sekedar menghilangkan rasa haus, untuk menghilangkan ketegangan atau kejemuhan dalam bekerja.

Kebutuhan seperti ini adalah mutlak, bila dilarang akan mengakibatkan pekerja stress dan tidak dapat bekerja dengan baik sehingga produktivitas menurun.

2. Kelonggaran untuk menghilangkan rasa fatigue.

Rasa *fatigue* tercermin bila menurunnya hasil produksi baik jumlah maupun kualitas.

Bila rasa *fatigue* telah datang dan pekerja harus bekerja untuk menghasilkan performa normalnya maka usaha yang dikeluarkan pekerja tersebut lebih besar dari keadaan normal dan hal ini akan menambahkan rasa *fatigue*.

3. Kelonggaran untuk hambatan yang tak terhindarkan.

Yang termasuk dalam hambatan tak terhindarkan adalah menerima atau meminta petunjuk atasan, melakukan penyesuaian mesin, memperbaiki kemacetan – kemacetan singkat, mengasah peralatan gerinda dan lain – lain.

Hal – hal seperti itu hanya dapat diusahakan serendah mungkin.

2.1.9 Keseimbangan Lini.

Suatu sistem produksi yang berjalan lancar merupakan suatu tujuan perusahaan dan departemen produksi khususnya.

Dalam sebuah perusahaan yang memakai system produksi massal penyempitan arus (*bottle neck*) produksi merupakan salah satu hal yang harus dikurangi seminimal mungkin sehingga arus produksi dapat berjalan dengan optimal dengan cara menyeimbangkan beban kerja yang ada ke dalam stasiun – stasiun kerja tertentu untuk menghasilkan suatu produk.

2.1.10 Definisi Line Ballancing.

Line blancing / Keseimbangan lini merupakan suatu metode penugasan sejumlah pekerjaan ke dalam stasiun – stasiun kerja yang saling berkaitan dalam suatu 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 dengan yang lainnya digambarkan dalam suatu *precedence* diagram atau diagram pendahuluan, sedangkan hubungan itu disebut dengan *precedence job* atau *precedence network*.

2.1.11 Permasalahan line balancing.

Dalam suatu perusahaan dengan tipe berproduksi secara massal dengan melibatkan sejumlah besar komponen yang harus dirakit, perencanaan produksi, terutama dalam pengaturan operasi – operasi atau penugasan kerja yang harus dilakukan.

Jika dalam pengaturan – pengaturan dan perencanaan yang tidak tepat, maka setiap stasiun kerja di lintasan perakitan mempunyai kecepatan produksi yang berbeda. Hal ini akan mengakibatkan lintas perakitan tersebut tidak efisien karena terjadi penumpukan material / produk setengah jadi diantara stasiun kerja yang tidak berimbang kecepatannya.

Akibat dari hal itu adalah kompensasi biaya – biaya yang hilang serta akibat psikologis bagi pekerja yang negatip.

Masalah dalam Line Balancing bermula dengan adanya kombinasi penugasan kerja kepada operator atau group 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 dalam suatu lintasan perakitan.

Masalah kombinasi penugasan kerja tersebut menjadi masalah penyeimbangan lintasan 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 dalam *line balancing* adalah :

1. Kendala sistem yang erat kaitannya dengan *maintenance* (perawatan).
2. Menyeimbangkan beban kerja pada beberapa stasiun kerja (*work station*) untuk mendapatkan :
 1. Efisiensi yang tinggi.
 2. Sesuai dengan rencana produksi yang telah dibuat.

Gejala – gejala yang timbul dalam *line balancing* antara lain :

1. Adanya stasiun kerja yang sibuk dan idle secara menyolok.
2. Adanya *work in process* (produk setengah jadi) pada beberapa stasiun kerja.

Hal – hal yang dapat mengakibatkan terjadinya ketidak seimbangan lintasan produksi adalah :

1. Rancangan proses produksi yang salah.
2. Peralatan atau mesin sudah tua sehingga sering dilakukan *breakdown maintenance* dan *setup* ulang.
3. Operator yang kurang terampil.
4. Metode kerja yang kurang baik.

Tujuan dilakukan rancangan keseimbangan lintasan adalah :

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 *continue* berlangsung.

Cara – cara yang dilakukan untuk membuat keseimbangan lini antara lain :

1. Penumpukan material.

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 murah tetapi tidak menjadi lebih baik karena dengan adanya penumpukan material akan mengakibatkan pemborosan waktu pada stasiun kerja yang lain dan pemborosan ruangan yang dipakai.

2. Pergerakan operator.

Apabila seorang operator mempunyai waktu operasi yang lebih cepat dari operator lainnya maka ia dapat bergerak sepanjang lini produksi untuk membantu operator yang lain 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 diluar lininya atau membantu operasi lainnya maupun bekerja pada lini yang lain.

4. Perbaikan operasi

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

5. Perbaikan peformasi operator.

Pada umumnya operasi yang mengalami kemacetan (*bottleneck*) dapat diseimbangkan melalui penambahan latihan pada operator yang

bersangkutan atau pergantian operator dengan operator lainnya yang bekerja lebih cepat dan lebih baik.

Peformasi keseimbangan lini produksi yang baik dapat diketahui melalui efisiensi lini dan efisiensi dari stasiun kerja. Semakin tinggi efisiensinya berarti peformasi keseimbangan lini produksi juga semakin baik.

6. Pengelompokkan 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.

Beberapa ukuran yang dapat digunakan untuk mengetahui bahwa suatu keseimbangan lini dalam sebuah lintasan tercapai secara optimal antara lain :

1. Lintas perakitan bersifat seimbang, bahwa setiap stasiun kerja mendapat tugas yang sama nilainya diukur dengan waktu.
2. Stasiun – stasiun kerja berjumlah minimum.
3. Jumlah waktu menganggur di setiap stasiun – stasiun kerja sepanjang lintasan perakitan minimum.

Dari uraian diatas kesimpulan tentang keseimbangan lini perakitan berdasarkan hubungan antara :

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.

2.1.12 Terminologi Keseimbangan Lini..

1. *Work Element*.

Bagian dari keseluruhan pekerjaan proses assembly. Pada umumnya N di definisikan sebagai jumlah total dari element kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu assembly dan i adalah element kerja.

2. *Workstation*.

Lokasi pada lini assembly atau pembuatan suatu produk dimana pekerjaan diselesaikan baik manual maupun otomatis. Jumlah minimum dari stasiun kerja adalah K, dimana $K \leq i$.

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 lagi dibagi.

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

Jumlah dari seluruh waktu pengerjaan setiap elemen pekerjaan dari suatu lini.

5. *Workstation Process Time* (Waktu Proses Stasiun Kerja).

- Elemen pekerjaan 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 Constrains* (Pembatas Pendahulu).

Dalam menyelesaikan suatu elemen pekerjaan seringkali terdapat urutan – urutan teknologi yang harus terpenuhi sebelumnya agar elemen itu dapat dijalankan.

Contoh : Pemasangan saklar harus dilakukan dahulu penyambungan terhadap kabel.

Beberapa tipe pembatas dalam *line balancing* adalah :

- Pembatas teknologi.

Pembatas ini disebut juga precedence constrains dalam bahasa keseimbangan lintasan. Yang dimaksud dengan pembatas teknologi adalah proses pengerjaan yang tertentu dan tidak dapat

dirubah lagi, misalnya sebuah proses tidak mungkin dikerjakan terlebih dahulu jika proses sebelumnya telah selesai dikerjakan. Urutan proses dan ketergantungannya digambarkan dalam suatu diagram ketergantungan (*precedence diagram*) dan *Operating process chart* (OPC).

- Pembatas fasilitas (*facility restriction*)

Pembatas disini akibat adanya fasilitas / mesin yang tidak dapat dipindahkan (*fasilitas tetap*).

- Pembatas posisi (*positional restriction*).

Membatasi pengelompokan elemen – elemen kerja karena orientasi produk terhadap operator yang sudah tertentu.

- *Zoning constraint*.

Zoning constraint terdiri atas *Positive Zoning Constraint* dan *Negative Zoning Constraint*.

Positive Zoning Constraint berarti bahwa elemen – elemen pekerjaan tertentu harus saling berdekatan dalam stasiun kerja yang sama.

Negative Zoning Constraint menyatakan bahwa jika satu elemen pekerjaan membutuhkan koordinasi yang baik dan hati – hati sebaiknya tidak di tempatkan berdekatan dengan stasin kerja yang menimbulkan kegaduhan dan getaran keras / kuat.

7. *Precendece Diagram* (*Diagram Pendahuluan*).

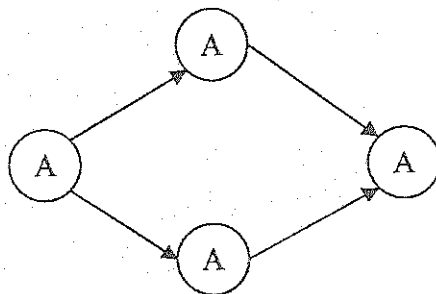
Diagram pendahuluan adalah suatu gambaran secara grafis dari suatu urutan pekerjaan yang memperlihatkan keseluruhan operasi pekerjaan dan ketergantungan masing - masing operasi pekerjaan tersebut dimana elemen pekerjaan tertentu tidak dapat dikerjakan sebelum elemen pekerjaan yang mendahuluinya dikerjakan lebih dulu.

Diagram pendahuluan dapat dibuat dengan 2 alternatif, yaitu :

1. *Diagram AOA* (*Activity on Arrow*).

Dimana setiap kegiatan digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan 2 node. Pada jaringan ini hanya ada satu node pada awal dan akhir proyek sehingga kegiatan semu (*dummy*) hanya terdapat pada jaringan AOA.

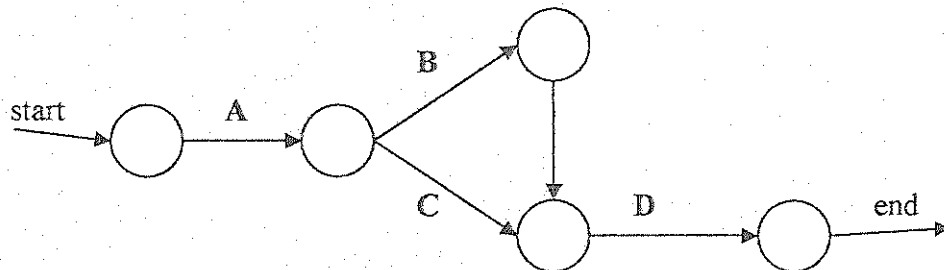
Contoh :



2. Diagram AON (*Activity on Node*).

Diagram dimana setiap aktivitas digambarkan dalam bentuk linkaran (*node*), sedangkan tanda panah menunjukkan aliran aktivitas. Pada jaringan ini tidak terdapat aktivitas semu (*dummy*).

Contoh



8. *Balance Delay*

Merupakan perbandingan dari total waktu mengganggu dengan keterkaitan waktu siklus dan jumlah stasiun kerja dengan kata lain jumlah antara *balance delay* dan *line efficiency* sama dengan 1.

Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Keseimbangan waktu senggang} = \frac{n.Wd - \sum W_i}{n.Wd} \times 100 \%$$

Dimana :

Keseimbangan waktu senggang = Balance delay

n = jumlah stasiun kerja.

W_d = waktu stasiun terbesar/ waktu daur (cycle time)

W_i = waktu sebenarnya pada setiap stasiun.

$i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$

atau

$BD = 100\% - LE$

9. *Assembled Product*

Produk yang melewati suatu urutan stasiun kerja dimana pekerjaan – pekerjaan diatur dan mencapai pada stasiun akhir.

10. *Cycle Time.*

Waktu rata – rata yang dibutuhkan untuk menyelesaikan produk dari lini parakitan dengan asumsi setiap assembly mempunyai kecepatan konstan.

Nilai minimum dari waktu siklus \geq waktu stasiun yang terpanjang.

11. 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*.

$$\text{Waktu menganggur} = W_d - W_i$$

$$\text{Total waktu menganggur} = n.W_d - \sum W_i$$

12. Line Efficiency (Efisiensi Lini).

Rasio dari total waktu stasiun terhadap keterkaitan waktu siklus dengan jumlah stasiun kerja yang dinyatakan dalam presentase.

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

13. Station Efficiency (Efisiensi Stasiun Kerja).

Rasio dari waktu stasiun kerja terhadap waktu siklus atau waktu stasiun kerja terbesar.

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

14. *Smoothness Index* (SI).

Menunjukkan suatu index yang menunjukkan kelancaran relatif dari suatu keseimbangan lini assembly. Suatu *smoothnes index* sempurna jika nilainya 0 atau disebut *perfect balance*.

$$SI = \sqrt{\sum (T_{Si} - T_{Si})^2}$$

Dimana :

$T_{Si} \text{ max}$ = waktu stasiun maksimum.

T_{Si} = waktu stasiun ke-i

Langkah – langkah dalam keseimbangan lini.

Langkah – langkah yang harus diketahui dalam melakukan penyeimbangan lini adalah sebagai berikut :

1. Tentukan hubungan antara pekerjaan – pekerjaan yang terlibat dalam suatu lini produksi dan hubungan atau keterkaitan antara pekerjaan tersebut yang digambarkan dalam *precedence diagram*.

2. Menentukan waktu siklus yang dibutuhkan dengan menggunakan rumus :

$$CT = \text{Production Time per hari} / \text{output per hari (unit)}$$

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

$$N = \text{jumlah total waktu pekerjaan tiap elemen} / \text{waktu siklus (CT)}$$

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 peformasi keseimbangan lintasan produksi.
6. Menghitung kapasitas produksi (*production output*) yang dihasilkan dan produktivitas pekerja (*labour productivity*).

$$\text{Kapasitas produksi} = \text{waktu produksi} / \text{waktu siklus (CT)}$$

$$\text{Produktivitas pekerja} = \text{kapasitas produksi} / \text{waktu produksi (jam)} \times \text{jumlah pekerja.}$$

2.1.13 Metode Keseimbangan Lini.

Metode keseimbangan lini secara umum terdapat 3 metode dasar. yaitu :

1. Metode Analitik (matematik).

Merupakan metode yang dapat menghasilkan suatu solusi optimal.

Contoh : Branch and Bound (kajian penelitian operasional).

2. Metode Heuristic.

Heuristic berasal dari bahasa Yunani yang berarti menemukan. Metode ini pertama kali digunakan oleh Simon and Newll untuk menggambarkan pendekatan tertentu untuk memecahkan masalah dan membuat keputusan. Model ini menggunakan aturan – aturan yang logis dalam memecahkan masalah. Inti dari pendekatan ini adalah untuk mengaplikasikan rutin secara selektif yang mengurangi bentuk permasalahan. Sebagai contoh, masalah populasi yaitu keseimbangan lini 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.

Metode heuristic tidak menjamin hasil yang optimal, tetapi model ini dirancang untuk menghasilkan strategi yang relatif lebih baik dengan

mengacu pada pembatas – pembatas tertentu. Model ini banyak dipakai dalam masalah keseimbangan lini.

Kriteria pokok pendekatan dengan metode ini adalah :

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

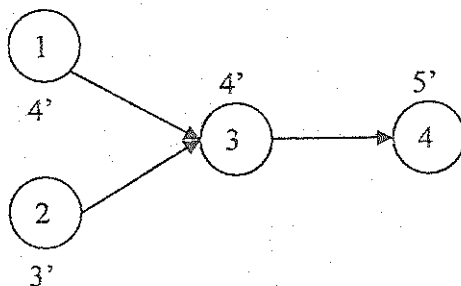
Berikut ini adalah metode heuristic yang umum dikenal :

1. Metode Helgesson-Birnie / Ranked Positional Weight (RPW).

Cara penentuan bobot dari *precedence diagram* yang dimulai dari proses akhir.

Bobot (RPW) = waktu proses operasi tersebut + waktu proses operasi berikut

Contoh :



Berarti :

- bobot untuk operasi 4 adalah 5
- bobot untuk operasi 3 adalah $4 + \text{RPW}(4) = 4 + 5 = 9$
- bobot untuk operasi 2 adalah $3 + \text{RPW}(3) = 3 + 9 = 12$,
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 stasin 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 lebih diprioritaskan. (Bedwoth, David D,364).

Adapun metode ini memiliki prosedur yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Gambar jaringan *precedence* sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.
2. Tentukan *positional weight* (bobot posisi) untuk setiap elemen pekerjaan dari satu 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 di atas. 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 dalam stasiun kerja.
5. Jika pada setiap stasiun kerja terdapat kelebihan waktu dalam hal ini waktu stasiun kerja melebihi waktu siklus, tukar atau ganti dengan elemen pekerjaan yang ada dalam stasiun kerja tersebut ke dalam stasiun kerja berikutnya selama tidak menyalahi *precedence diagram*.
6. Ulangi langkah ke-4 dan ke-5 diatas sampai seluruh elemen pekerjaan sudah ditempatkan ke dalam stasiun kerja. (Bedworth, David D. 365 ; Elsayed, 236 ; Buffa, Elwood.S,366).

2. Metode *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 dan menjadi kaku. (Bedworth, David.D, 365).

Dasarnya adalah OPC yang ditransformasikan menjadi *precedence diagram* dengan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Membuat jaringan *precedence*.
2. Membagi operasi dalam *precedence diagram* menjadi beberapa bagian / 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 akhir dalam jadwal.
3. Dalam tiap – tiap wilayah *precedence* urutkan waktu pengerjaan dari yang paling maksimum ke 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 . (Bedworth,David D,366).
3. Metode *Largest Candidate Rules*.

Merupakan metode yang paling sederhana. Adapun prosedur tersebut secara detail 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.

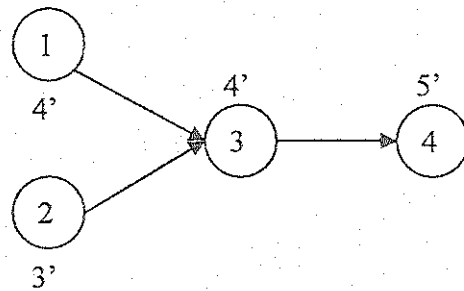
3. Lanjutkan proses langkah 2, hingga semua elemen kerja telah berada dalam stasiun kerja dan memenuhi \leq waktu siklus (cycle time).

4. 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, 407). 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 :



Berarti :

- 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

2.2 Kerangka Pemikiran.

Berdasarkan uraian diatas bahwa proses produksi yang dilakukan diarea pengemasan PT FDK Indonesia memerlukan suatu analisa untuk memberikan acuan dan menentukan standar – standar pengerjaan yang ada.

Proses pengemasan Sony Ecopack LR6 4B mempunyai aliran proses produksi yang tidak merata dan berimbang.

Hal ini dapat dilihat dengan adanya beberapa stasiun kerja yang mempunyai beban kerja berlebih sehingga tidak ada waktu untuk beristirahat dan untuk stasiun kerja yang lain mempunyai waktu siklus yang pendek sehingga pada stasiun kerja tersebut memiliki banyak waktu menganggur.

Selain hal tersebut banyak ditemukan material dalam proses antara stasiun satu dengan yang lainnya menunjukkan bahwa proses pengemasan Sony Ecopack LR6 4B tersebut tidak memiliki aliran yang bebas dan pekerjaan yang merata.

Oleh karena itu diperlukan metode analisa keseimbangan lini untuk menghitung dan menganalisa tiap – tiap stasiun kerja yang berada dalam proses kerja tersebut dengan menggunakan 3 metode analisa keseimbangan lini yaitu : metode Helgesson-Birnie / *Ranked Positional Weight*, metode *Regional Approach*, dan metode *Largest Candidate Rules*.