

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pengukuran Kerja dan Waktu Baku

Pengukuran kerja merupakan suatu tehnik untuk mengukur waktu yang diperlukan oleh seorang pekerja yang memenuhi syarat pada tingkat ketrampilan normal dalam melakukan suatu pekerjaan tertentu menurut suatu metode kerja tertentu pula.

Sedangkan waktu baku adalah waktu yang di butuhkan secara wajar oleh seorang pekerja normal untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Waktu baku ini di dapat dengan melakukan pengamatan secara langsung. Pengukuran ini biasanya dilakukan pada pekerja yang bekerja secara berulang-ulang. Pengukuran waktu dengan jumlah data pengamatan sebanyak 12 kali dari tiap-tiap elemen operasi yang diamati, pengukuran waktu kerja berdasarkan sub grup.

2.2 Beberapa Uraian Sebelum Melakukan Pengukuran

Sebelum melakukan pengukuran ada beberapa hal yang perlu dilakukan :

- a. Menentukan Tujuan Pengukuran.
- b. Melakukan pemisahan kegiatan.
- c. Meresiapkan peralatan
- d. Pengujian keseragaman data.
- e. Uji kecukupan data

- f. Menentukan faktor penyesuaian.
- g. Menentukan faktor kelonggaran.
- h. Perhitungan waktu baku.

2.1.1. Menetapkan Tujuan Pengukuran.

Dalam hal ini, penetapan tujuan pengukuran harus dilakukan terlebih dahulu. Pada pengukuran waktu kerja, perlu diketahui besarnya tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan. Tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan adalah pencerminan tingkat kepastian yang diinginkan oleh peneliti. Dalam hal ini, tingkat ketelitian sebesar 5%, menunjukkan penyimpangan hasil pengukuran dari waktu penyelesaian yang sebenarnya. Sedangkan tingkat keyakinan sebesar 99% menunjukkan besarnya keyakinan peneliti bahwa hasil yang diperoleh memenuhi syarat ketelitian tadi.

2.2.2 Melakukan Pemisahan Kegiatan.

Pekerjaan yang ingin diukur dipisahkan dari kegiatan-kegiatan lain yang mungkin terjadi. Ada beberapa pedoman dalam memisahkan pekerjaan menjadi bagian-bagian kerja, yaitu :

- a. Uraikan pekerjaan-pekerjaan tersebut dan harus dapat diamati oleh sipengukur untuk diambil sebagai data pengukuran.
- b. Usahakan jangan sampai ada bagian yang tertinggal karena merupakan suatu siklus penyelesaian pekerjaan.

- c. Ada pemisahan yang jelas antara bagian kegiatan pekerjaan untuk menentukan kapan dimulai dan berakhirnya suatu pekerjaan.

2.2.3. Menyiapkan Peralatan

Sebelum melakukan pengukuran, alat – alat yang perlu disiapkan adalah :

- Jam henti
- Lembar Pengamatan
- Pena / pensil

2.2.4. Uji Keseragaman Data

Data dikatakan seragam, yaitu berasal dari sistem sebab yang sama, bila berada diantara kedua batas kendali, dan dikatakan tidak seragam yaitu berasal dari sistem sebab yang berbeda, jika berada diluar batas kendali. Sebelum uji keseragaman data, langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Hitung harga rata-rata sub grup dengan rumus :

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

Dimana

\bar{X}_i = Nilai rata – rata sub grup ke I

k = Jumlah sub grup.

2. Menghitung harga standart deviasi sebenarnya dari waktu penyelesaian dengan rumus :

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

Dimana :

n = Jumlah pengukuran
X_j = Nilai pengukuran individu

3. Menghitung harga standart deviasi dari distribusi harga rata-rata sub grup dengan rumus :

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

Dimana :

n = Jumlah sub grup

4. Menentukan nilai – nilai batas kendali.

Ada dua batas kontrol dalam uji keseragaman data, yaitu Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB),

(tingkat ketelitian 5% dan tingkat keyakinan 99%) dengan

rumus :

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= \bar{X} + 3 \sigma_{\bar{X}} \\ \text{BKB} &= \bar{X} - 3 \sigma_{\bar{X}} \end{aligned}$$

2.2.5. Uji Kecukupan Data.

Setelah pengujian keseragaman data maka dilakukan uji kecukupan data. Uji kecukupan data dilakukan untuk melihat apakah data-data yang diperoleh benar-benar mencukupi untuk dipakai dalam perhitungan berikutnya, dengan rumus :

$$N' = \left[60 \sqrt{\frac{N \sum X_j^2 - (\sum X_j)^2}{\sum X_j}} \right]^2$$

Dimana :

N = Jumlah pengamatan.

Rumus diatas mempergunakan tingkat ketelitian 5% dan tingkat keyakinan 99%.

2.2.6. Menentukan faktor Penyesuaian.

Faktor penyesuaian merupakan tahap yang harus dilakukan karena ketidak wajaran yang menghasilkan ketidak normalan data merupakan satu hal yang biasa terjadi. Berikut ini ada beberapa cara untuk menentukan faktor penyesuaian yang biasa digunakan.

1. Metode Persentase

Cara persentase merupakan cara untuk menentukan faktor penyesuaian yang paling sederhana dengan rumus :

$$W_n = W_s \times p$$

Dimana :

W_s = waktu siklus / waktu rata – rata dari tiap elemen operasi

p = faktor penyesuaian

2. Metode Shumard.

Cara Shumard memberikan patokan – patokan penilaian melalui kelas – kelas performance kerja dimana setiap kelas memiliki nilai-nilai sendiri – sendiri . Dalam metode Shumard , besarnya faktor penyesuaian terhadap seorang pekerja ditentukan berdasarkan perbandingan antara standart penilaian dari kelas performance pekerja tersebut dengan kelas performance kerja normal adalah 60, dan performance dinilai Exelent yaitu 80.

$$p = 80/60 = 1,33$$

Bila diketahui waktu siklus = Z, maka waktu normalnya :

$$W_n = Z \times 1,33 = 1,33 Z \text{ detik.}$$

Tabel 2.1. Penyesuaian menurut cara Shumard

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

3. Metode Westinghouse

Dalam metode ini, besarnya faktor penyesuaian ditentukan oleh 4 faktor yaitu, ketrampilan, usaha, kondisi kerja, konsistensi. Setiap faktor tersebut mempunyai kelas-kelas, dimana setiap kelas

mempunyai besaran atau nilai tertentu. Dalam menghitung faktor penyesuaian, bagi keadaan yang dianggap wajar, maka besarnya faktor penyesuaian ditambah dengan nilai standart penilaian dari keempat faktor yang diperhitungkan. Sebagai contoh, misalkan pengukuran waktu terhadap penyelesaian suatu pekerjaan menghasilkan waktu rata-rata (Waktu siklus) sebesar 124,6 detik dan waktu penyelesaian ini diperoleh pekerja dengan ketrampilan yang dinilai fair (E1) dengan kondisi dinilai Excellent (B), dan kondisi yang dinilai Poor (F), maka komulasi dari standart penilaian keempat faktor tersebut adalah :

Ketrampilan	:	fair (F1)	=	- 0,05
Usaha	:	good (C2)	=	+ 0,02
Konsisi	:	Excellent (B)	=	+ 0,04
Konsistensi	:	poor (F)	=	- 0,04
<hr/>				
Total	:		=	- 0,03

Maka, besarnya faktor penyesuaian p adalah $1 + (- 0,03) = 0,97$.

Berarti waktu normal untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut adalah :

$$\begin{aligned}
 W_n &= W_s \times p \\
 &= 124,6 \times 0,97 \\
 &= 120,9 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Tabel 2.2. Penyesuaian menurut Westinghouse

Faktor	Kelas	Lambang	Penyesuaian
Ketrampilan	Superskill	A1	+ 0,15
		A2	+ 0,13
	Excellent	B1	+ 0,11
		B2	+ 0,08
	Good	C1	+ 0,06
		C2	+ 0,03
	Average	D	0,00
	Fair	E1	- 0,05
		E2	- 0,10
	Poor	F1	- 0,16
F2		- 0,22	
Usaha	Excessive	A1	+ 0,13
		A2	+ 0,12
	Excellent	B1	+ 0,10
		B2	+ 0,08
	Good	C1	+ 0,05
		C2	+ 0,02
	Average	D	0,00
	Fair	E1	- 0,04
		E2	- 0,08
	Good	F1	- 0,12
F2		- 0,17	
Kondisi kerja	Ideal	A	+ 0,06
	Excellenty	B	+ 0,04
	Good	C	+ 0,02
	Average	D	0,00
	Fair	E	- 0,03
	Poor	F	- 0,07
Konsistensi	Perfect	A	+ 0,04
	Excellent	B	+ 0,03
	Good	C	+ 0,01
	Average	D	0,00
	Fair	E	- 0,02
	Poor	F	- 0,04

4. Metode Objektif

Dalam metode ini, besarnya faktor penyesuaian, p , ditentukan oleh dua faktor, yaitu kecepatan kerja (dilambangkan dengan p_1) dan

tingkat kesulitan pekerjaan (dilambangkan dengan p_2) dimana $p = p_1 \times p_2$. Untuk faktor kecepatan kerja, besarnya p_1 ditentukan secara subjektif oleh peneliti. Jika operator dianggap wajar maka nilai $p_1 = 1$, Jika operator dianggap terlalu cepat $p_1 > 1$, Jika operator dianggap terlalu lambat maka besarnya $p_1 < 1$. Untuk faktor tingkat kesulitan pekerjaan, telah disusun berdasarkan kelas-kelas, dimana setiap kelas mempunyai besaran atau nilai tertentu. Besarnya p_2 adalah 1 ditambah dengan komulasi nilai nilai yang sesuai dengan kelas – kelas tertentu.

Sebagai contoh, suatu pekerjaan memerlukan gerakan-gerakan lengan bagian atas, siku, pergelangan tangan, dan jari (C), tanpa menggunakan pedal kaki (F), kedua tangan bekerja secara bergantian (H), Koordinasi tangan dengan tangan sangat dekat (L), alat yang digunakan hanya memerlukan sedikit kontrol (O), dan berat benda yang ditangani 2,3 kg (B – 5). Dengan kondisi tersebut, maka besarnya faktor penyesuaian p_2 adalah :

Bagian badan yang digunakan	:	C = 2
Pedal kaki	:	F = 0
Penggunaan tangan	:	L = 7
Koordinasi mata dengan tangan	:	L = 7
Peralatan	:	O = 1
Berat	:	B5 = 13
=====		
Total		= 23

Berdasarkan nilai komulasi tersebut diatas, maka besarnya faktor p^2 adalah $1 + 0,23 = 1,23$. Dengan demikian, jika dalam melakukan pekerjaan tersebut operator dinilai terlalu lambat, maka faktor penyesuaian untuk faktor kecepatan kerja, p^1 misalkan diberi nilai 0,90, maka besarnya faktor penyesuaian untuk pekerjaan tersebut adalah :

$$p = 0,90 \\ = 1,11$$

2.2.7 Perhitungan Faktor Kelonggaran

Pada kajian sebelumnya telah dikemukakan bahwa untuk menentukan waktu baku dan waktu standart, maka harus mengikut sertakan faktor kelonggaran. Kelonggaran ini diberikan untuk tiga hal pokok yaitu kebutuhan pribadi, menghilangkan rasa lelah, dan untuk hambatan-hambatan yang tidak dapat dihindarkan. Ketiga hal tersebut merupakan hal-hal yang secara nyata dibutuhkan oleh pekerja, dan yang selama pengukuran tidak diamati atau tidak dicatat.

1. Kelonggaran untuk kebutuhan pribadi

Yang termasuk dalam kebutuhan pribadi adalah hal-hal seperti minum (menghilangkan rasa haus) ke kamar kecil, bercakap sekedarnya dengan teman untuk menghilangkan rasa tegang atau kejemuhan. Besarnya kelonggaran ini berbeda-beda untuk satu jenis pekerjaan dengan jenis pekerjaan yang lain.

2. Kelonggaran untuk menghilangkan rasa lelah.

Rasa lelah (Fatigue) tercermin dari menurunnya hasil produksi, baik dalam kualitas maupun kuantitas. Jika pada saat rasa lelah telah datang, dan pekerja harus bekerja untuk menghasilkan kinerja normal, maka usaha yang dilakukan oleh pekerja akan lebih besar dari usaha pada kondisi normal. Jika hal ini terus berlangsung, maka pekerja tersebut akan mengalami kelelahan total.

3. Kelonggaran untuk hambatan-hambatan yang tidak terhindarkan.

Dalam melaksanakan pekerjaan, pekerja tidak akan lepas dari berbagai hambatan. Hambatan tersebut ada yang dapat dihindarkan dan ada yang tidak dapat dihindarkan. Hambatan yang dapat dihindarkan memang benar-benar harus dihilangkan sedangkan hambatan yang tidak dapat dihindarkan harus diperkecil. Besarnya kelonggaran untuk hambatan ini berbeda-beda untuk satu jenis pekerjaan yang lain.

2.2.8 Perhitungan Waktu baku

Setelah selesai melakukan pengukuran waktu, jumlah pengukuran telah mencukupi, dan data telah seragam, maka kegiatan pengukuran telah selesai. Langkah selanjutnya adalah menentukan

waktu baku setelah sebelumnya diketahui Waktu Siklus (W_s) dan Waktu Normalnya (W_n) menghitung waktu baku

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

Dimana : A = Kelonggaran yang diperoleh berdasarkan pengamatan.

2.3. Lintasan Produksi

Lintasan produksi adalah pengaturan dari tahapan proses produksi yang ditempatkan secara berurutan, benda kerja bergerak dengan kecepatan relatif sama, melalui urutan operasi pada satu lintasan yang langsung dan wajar hingga seluruh pekerjaan selesai.

Berdasarkan karakteristik proses pengerjaan, lintas produksi dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu :

a. Lintas perakitan

Suatu lintas produksi yang terdiri dari sejumlah operasi perakitan yang dikerjakan pada berbagai tempat kerja.

b. Lintas fabrikasi.

Suatu lintasan produksi yang terdiri dari sejumlah operasi pengerjaan yang bersifat membentuk atau merubah sifat fisik atau kimiawi dari suatu benda kerja.

waktu baku setelah sebelumnya diketahui Waktu Siklus (W_s) dan Waktu Normalnya (W_n) menghitung waktu baku :

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

Dimana : A = Kelonggaran yang diperoleh berdasarkan pengamatan.

2.3. Lintasan Produksi

Lintasan produksi adalah pengaturan dari tahapan proses produksi yang ditempatkan secara berurutan, benda kerja bergerak dengan kecepatan relatif sama, melalui urutan operasi pada satu lintasan yang langsung dan wajar hingga seluruh pekerjaan selesai.

Berdasarkan karakteristik proses pengerjaan, lintas produksi dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu :

a. Lintas perakitan

Suatu lintas produksi yang terdiri dari sejumlah operasi perakitan yang dikerjakan pada berbagai tempat kerja.

b. Lintas fabrikasi.

Suatu lintasan produksi yang terdiri dari sejumlah operasi pengerjaan yang bersifat membentuk atau merubah sifat fisik atau kimiawi dari suatu benda kerja.

2.4. Keseimbangan Lintasan Produksi.

Keseimbangan lintasan produksi adalah suatu keadaan operasi saling berkaitan dan mempunyai waktu penyelesaian yang relatif sama dengan diharapkan penyelesaian produk dari operasi pertama ke operasi selanjutnya berjalan lancar dengan kecepatan tetap.

Line balanced adalah suatu teknik untuk menyeimbangkan lintasan produksi suatu produk yang harus diselesaikan dalam periode waktu tertentu sehingga diperoleh keseimbangan lintasan produksi yang terpadu pada aspek waktu penyelesaian pada setiap tingkat operasi.

Yang dimaksud dengan stasiun produksi/stasiun kerja adalah sekelompok pekerjaan dari suatu lintasan produksi yang memerlukan keahlian khusus, yang dapat diselesaikan oleh seorang operator atau suatu peralatan/mesin sesuai dengan cycle time yang ditetapkan.

Cycle time (waktu siklus) adalah waktu penyelesaian yang didasarkan pada rata-rata produksi dari suatu lintasan produksi.

2.4.1. Metode Keseimbangan Lintasan

Dalam menyeimbangkan lintasan produksi, ada berbagai metode dan cara pendekatan yang berbeda. Meskipun berbeda tetapi mempunyai prinsip dan tujuan yang sama yaitu mengoptimalkan lintasan produksi untuk mendapatkan penggunaan tenaga kerja dan fasilitas kerja yang efisien.

Metode-metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah keseimbangan lintasan produksi.

1. Metode analisis

Dasar pemecahan metode ini adalah operation research seperti penggunaan program linier dan program dinamis.

2. Metode probabilistik

Metode digunakan untuk menghitung adanya variasi waktu elemen kerja dalam lintasan produksi yang diakibatkan oleh adanya perubahan kecepatan kerja dari tenaga kerja.

3. Metode heuristik

Metode ini tidak menjamin solusi jawab yang optimum.

Kriteria pokok pendekatan metode ini adalah pemecahan lebih baik dan lebih cepat, lebih murah dan lebih efisien.

Secara umum, terdapat beberapa langkah dalam pemecahan masalah keseimbangan lintasan produksi :

1. Mengidentifikasi tugas-tugas individual atau aktivitas yang akan dilakukan.
2. Menentukan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap tugas itu.
3. Menetapkan precedence constraints, jika ada, yang berkaitan dengan setiap tugas itu.
4. Menentukan output dari assembly line yang dibutuhkan.
5. Menentukan waktu total yang tersedia untuk memproduksi output itu.

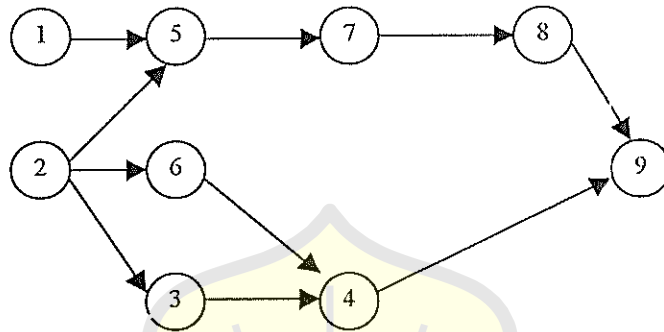
6. Menghitung cycle time yang dibutuhkan, misalnya :Waktu diantara penyelesaian produk yang dibutuhkan untuk menyelesaikan output yang diinginkan dalam batas toleransi dari waktu (batas waktu yang diinginkan).
7. Memberikan tugas-tugas kepada pekerja atau mesin .
8. Menetapkan minimum banyaknya stasiun kerja yang dibutuhkan untuk memproduksi output yang diinginkan.
9. Menilai efektifitas dan efisiensi dari seluruh solusi
10. Mencari terobosan-terobosan untuk perbaikan proses terus menerus.

2.4.1.1. Precedence Diagram

Precedence Diagram merupakan gambaran secara grafis dari suatu urutan pekerjaan yang memperlihatkan keseluruhan operasi pengerjaan dan ketergantungan masing-masing operasi tersebut. Contoh diagram dapat dilihat pada gambar 2.2.

Operasi diberi tanda lingkaran dengan nomor didalam lingkaran yang membedakan macam pekerjaan dan angka diluar lingkaran menyatakan waktu pengerjaan masing-masing pekerjaan atau operasinya. Sedangkan ketergantungan setiap operasi digambarkan dengan anak panah sebagai gambaran. Pada gambar 2.2. dapat dilihat bahwa operasi nomor 5 baru dapat dikerjakan apabila operasi nomor 1 dan 2 sudah selesai dikerjakan. Demikian juga dengan operasi nomor 6 dan 3 baru dapat dikerjakan. Operasi nomor 5, 6 dan 3 tidak memiliki hubungan

ketergantungan satu sama lain. Demikian seterusnya sampai operasi terakhir nomor 9, operasi ini akan menunggu sampai selesainya operasi nomor 8 dan nomor 4 selesai dikerjakan.



Gb.2.2. Contoh Precedence Diagram

2.4.1.2. Tinjauan Beberapa Metode Keseimbangan Lintasan

Didalam keseimbangan lintasan assembling ada 2 macam pendekatan yang dapat digunakan yaitu :

1. Mengoptimalkan jumlah stasiun kerja jika diberikan tingkat produksi tertentu. Suatu pendekatan yang berusaha mencapai keseimbangan lintasan assembling berdasarkan waktu siklus tertentu. Untuk selanjutnya berusaha menentukan jumlah tenaga kerja dan meminimalkan waktu menganggur pada setiap tempat kerja.
2. Meminimumkan waktu siklus dari beberapa stasiun kerja.

Suatu pendekatan yang didasarkan pada jumlah tempat kerja tertentu.

Selanjutnya berusaha untuk mencapai total waktu menganggur yang

minimal dengan jalan menekan waktu -persiklus yang dibebankan pada setiap tempat kerja dengan adanya penambahan tenaga kerja.

Waktu menganggur (idle time) adalah waktu yang terluang jika seorang pekerja, mesin, peralatan kerja dan fasilitas produksinya menganggur menunggu pekerjaan berikutnya. Idle time biasanya dinyatakan sebagai persen keseimbangan waktu senggang yang biasanya dinyatakan sebagai ukuran ketidak seimbangan lintasan produksi.

Secara matematis kriteria keseimbangan waktu senggang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Waktu menganggur} = n W_s - \sum_{i=1}^n W_i$$

$$\text{Keseimbangan waktu senggang} = \frac{n W_s - \sum_{i=1}^n W_i}{n W_s} \times 100 \%$$

dimana :

n = jumlah stasiun kerja

W_s = waktu stasiun terbesar

W_i = waktu sebenarnya pada setiap stasiun ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah efisiensi stasiun kerja yaitu jumlah waktu aktifitas distasiun tersebut dikali 100 kemudian dibagi dengan cycle time-nya dengan rumus :

$$E = \frac{t_i \times 100}{T_c \times Jst}$$

$$t_i = \sum_{j=1}^k t_j$$

$$CT = \frac{\text{jl.hari kerja} \times \text{jl.shift} \times \text{jl.jam kerja} \times 3600 \text{ dt/jam}}{\text{jl. produksi}}$$

dimana :

E = efisiensi stasiun kerja

t_i = waktu stasiun kerja ke i

Jst = Jumlah stasiun kerja dalam satu lintasan

k = Jumlah aktifitas dalam stasiun ke i

T_c = cycle time

2.4.2. Pemecahan Masalah Keseimbangan Lintasan (Heuristik)

Berikut ini adalah tiga metode heuristik yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah keseimbangan lintasan. Ketiga metode itu adalah Metode Largest Candidate Rule, Kilbridge and Wester's method, dan RPW. Metode Largest Candidate Rule dan metode Kilbridge merupakan metode yang akan penulis bahas dalam penelitian ini.

- Metode Largest Candidate Rule

Dalam metode ini pengelompokan operasi menjadi stasiun kerja yang didasarkan pada :

- Jumlah elemen kerja
- Bilangan prima

- Pembatas Cycle time
- Menentukan CT yang layak dan CT yang tidak layak

Adapun langkah-langkah dalam metode Largest Candidate Rule adalah :

1. Menyusun semua elemen kerja berdasarkan waktu elemen (TE) dari waktu elemen terbesar sampai waktu elemen terkecil.
 2. Tugaskan elemen kerja yang mempunyai waktu elemen terbesar pada stasiun kerja. Penugasan ini dilakukan berdasarkan kelayakan precedence diagram dan waktu siklus.
 3. Lanjutkan proses penugasan elemen kerja pada stasiun kerja (Pada langkah 2) sampai tidak mungkin penambahan elemen kerja tanpa melampaui waktu siklus.
 4. Ulangi langkah ke 2 dan ke 3 untuk stasiun kerja yang lain sampai sehingga seluruh elemen kerja telah ditugaskan.
- **Kilbridge and Wester's method :**

Dalam metode ini diagram precedence dengan elemen-elemennya dikelompokkan dalam sejumlah kolom. Semua elemen yang bergabung dalam sebuah kolom independent, maka bisa dipermutasikan diantara elemen-elemen dalam berbagai cara tanpa melanggar kaidah dari precedence.

Elemen-elemen juga bisa ditransferkan dari satu kolom ke kolom lain dikanannya tanpa mengubah precedence dengan menjaga permutabilitas dalam kolom yang baru.

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Membuat precedence diagram sedemikian sehingga setiap node yang menggambarkan elemen kerja diatur secara vertikal dalam suatu kolom.
2. Penyusunan elemen-elemen kerja berdasarkan kolom-kolom susunan dibuat dari nomor kolom terkecil sampai nomor kolom terbesar. Jika suatu elemen dapat diletakkan pada kolom yang berbeda tuluskan kolom-kolom tersebut dalam baris elemen tersebut.
3. Tugaskan elemen-elemen pada stasiun kerja, dimulai dari elemen-elemen pada kolom 1. Lanjutkan proses penugasan ini berdasarkan kelayakan waktu siklus.

Ranked Positional Weights :

1. Menghitung nilai RPW untuk setiap elemen dengan cara menjumlahkan waktu suatu elemen dengan waktu-waktu elemen yang mengikuti elemen tersebut dalam precedence diagram.
2. Menyusun elemen-elemen kerja berdasarkan nilai RPW, dimulai dari nilai RPW terbesar sampai nilai RPW terkecil.

3. Tugaskan elemen- elemen pada stasiun kerja berdasarkan nilai RPW dengan memperhatikan kelayakan precedence diagram dan waktu siklus.

2.5. Peramalan

2.5.1. Pengertian Peramalan

Peramalan adalah suatu aktivitas manajemen produksi yang memperkirakan tingkat permintaan yang diharapkan untuk suatu produk dalam periode tertentu dimasa datang.

2.5.2. Kegunaan Peramalan

Dalam sebuah perusahaan, peramalan dibutuhkan sebagai dasar untuk membuat suatu keputusan dalam berbagai kegiatan, seperti penjualan dan permintaan produk serta untuk persediaan dan sebagainya.

2.5.3. Metode-metode Peramalan yang Digunakan

Agar manajemen dapat seefisien mungkin meramalkan produk yang diharapkan akan diproduksi, digunakan beberapa metode. Adapun beberapa metode yang digunakan adalah sebagai berikut

- a. Metode Regresi Linier
- b. Metode Single, Exponential Smoothing
- c. Metode Double Exponential Smoothing.

Berikut ini adalah perumusan dari ketiga metode diatas :

a. Metode Regresi Linier

Model peramalan ini dipergunakan jika data-data random menunjukkan kecenderungan membentuk garis lurus, baik naik maupun turun seiring berjalannya waktu.

Persamaan model ini adalah :

$$Y'(t) = a + bt$$

Dimana :

$Y'(t)$ = peramalan kebutuhan produk

a = parameter, yaitu peramalan kebutuhan produk

b = besarnya perubahan Y terhadap perubahan X (kemiringan garis)

t = periode waktu yang diramalkan.

Untuk memperoleh nilai a dan b digunakan persamaan berikut :

$$a = \frac{\sum_{t=1}^N Y_{(t)} \sum_{t=1}^N t - \sum_{t=1}^N Y_{(t)} - t}{N \sum_{t=1}^N t^2 - [\sum_{t=1}^N t]^2}$$

$$b = \frac{N \sum_{t=1}^N ty_{(t)} - \sum_{t=1}^N Y_{(t)} \sum_{t=1}^N t}{N \sum_{t=1}^N t^2 - [\sum_{t=1}^N t]^2}$$

Dimana :

$Y_{(t)}$ = data masa lalu atau peramalan selama periode t

t = periode

N = Jumlah data

b. Metode Single Exponential Smoothing

Metode single exponential smoothing sebenarnya merupakan perkembangan dari metode moving average sederhana.

Dalam metode exponential smoothing nilai λ bisa ditentukan secara bebas, yang bisa mengurangi forecast error. Besarnya λ antara 0 dan 1. Kalau nilai λ mendekati 1 berarti data terakhir lebih diperhatikan daripada data-data sebelumnya.

Untuk lebih jelasnya dapat dibuktikan sebagai berikut :

$$S_{t+1} = \lambda X_t + (1 - \lambda) S_t$$

$$S_{t+1} = \lambda X_t + \lambda (1 - \lambda) X_{t-1} + \lambda (1 - \lambda)^2 X_{t-2} + \lambda (1 - \lambda)^3 X_{t-3} + \dots + \lambda (1 - \lambda)^N X_{t-N}$$

Dimana :

S_{t+1} = rata-rata dari data-data historis

N = jumlah data

c. Metode Double Exponential Smoothing

Metode ini merupakan metode linier yang dikemukakan oleh Brown,

Data metode ini dilakukan dua kali proses smoothing, yaitu :

$$S'_t = \lambda \cdot X_t - (1 - \lambda) S'_{t-1}$$

$$S''_t = \lambda \cdot X_t + (1 - \lambda) S''_{t-1}$$

Dimana forecast dibuat dengan rumus :

$$F_{tm} = a_t + b_{tm}$$

m = jangka waktu forecast ke depan

$$a_t = 2 S'_t - S''_t$$

$$b_t = \frac{\lambda}{1 - \lambda} (S'_t - S''_t)$$

2.6. Uji Statistik

Pada dasarnya pengujian statistik ini dilakukan untuk memilih salah satu dari metode peramalan yang telah dilakukan. Bagi pemakai ramalan ketetapan ramalan yang akan datang adalah sangat penting. Akan tetapi, betapapun canggih dan kompleksnya variabel yang dipertimbangkan dalam meramalkan permintaan, hasil yang didapat tidak selalu tepat 100%. Meskipun demikian, pertimbangan-pertimbangan lain yang dapat mendukung pihak pengambilan keputusan walaupun hasil ramalan tidak tepat 100%. Ada dua uji statistik yaitu :

a. Means Absolut Deviation (MAD)

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^N |Y_{(t)} - Y'_{(t)}|}{N}$$

b. Mean Squared Error (MSE)

$$\text{MSE} = \frac{\sum_{t=1}^N (Y_{(t)} - Y'_{(t)})^2}{N}$$

Dimana :

MAD = Mean Absolute Deviation

MSE = Mean Squared Error

$Y_{(t)}$ = Data aktual

$Y'(t)$ = Data hasil peramalan

N = Jumlah data

Dalam laporan ini digunakan model analisa kesalahan peramalan MSE, beberapa model peramalan dibandingkan tingkat MSEnya, yaitu dimana model dengan MSE terkecil itulah yang akan digunakan dalam perencanaan selanjutnya.

2.7. Produktivitas

Produktivitas adalah merupakan perbandingan antara hasil yang dicapai dari keseluruhan sumber daya yang dipergunakan. Bentuk rumusan produktivitas yang biasa digunakan adalah :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{output}}{\text{Input}} \text{ (persatuan waktu)}$$

- Output merupakan keluaran yang diperoleh dengan satuan seperti ton, produksi dan lain-lain.
- Input merupakan masukan seperti pekerja, material, metode dan lain-lain

2.7.1. Beberapa Model Pengukuran Produktivitas Dalam Sistem

Industri

Model pengukuran produktivitas dalam sistem industri ada 2 yaitu model pengukuran produktivitas berdasarkan pendekatan rasio output / input dan model pengukuran produktivitas berdasarkan pendekatan angka indeks.

2.7.2. Model Pengukuran Produktivitas Berdasarkan Pendekatan

Rasio Output / Input

Model pengukuran produktivitas yang paling sederhana adalah pendekatan rasio output / input. Pengukuran produktivitas berdasarkan pendekatan rasio output / input akan mampu menghasilkan 3 macam ukuran produktivitas, yaitu :

1. Produktivitas parsial
2. Produktivitas faktor total
3. Produktivitas total

Produktivitas parsial sering disebut juga sebagai produktivitas faktor tunggal (single factor productivity) merupakan rasio dari output terhadap salah satu jenis input. Sebagai contoh, produktivitas parsial bagi input tenaga kerja yang diukur berdasarkan rasio output terhadap input tenaga kerja. Produktivitas meterial diukur berdasarkan rasio output terhadap input material.

Produktivitas faktor total merupakan rasio dari output bersih terhadap banyaknya input modal dan tenaga kerja yang digunakan. Output bersih

adalah output total dikurangi dengan barang-barang dan jasa (input antara) yang digunakan dalam proses produksi. Berdasarkan definisi diatas, jenis input yang dipergunakan dalam pengukuran produktivitas faktor total hanya faktor tenaga kerja dan modal.

Produktivitas total merupakan rasio dari output total terhadap input total. Berdasarkan definisi ini tampak bahwa ukuran produktivitas total merefleksikan dampak bahwa ukuran produktivitas total merefleksikan dampak penggunaan semua input secara bersama dalam produksi output.

2.7.3. Model Pengukuran Produktivitas Berdasarkan Pendekatan Angka Indeks

Pada dasarnya angka indeks merupakan suatu besaran yang menunjukkan variasi perubahan dalam waktu atau ruang mengenai suatu hal tertentu. Penggunaan angka indeks yang telah umum dilakukan terutama dalam bidang ekonomi adalah indeks harga dan indeks produksi yang biasanya digunakan untuk mengukur perubahan harga atau perubahan produksi sepanjang waktu tertentu. Agar dapat mengukur laju perubahan itu, sederet angka-angka harga atau produksi dibakukan berdasarkan periode waktu dasar tertentu. Dengan demikian angka indeks yang diperoleh dapat diperbandingkan terhadap keadaan periode dasar. Dari sini akan terlihat apakah perubahan bersifat tetap atau menurun. Berdasarkan pendekatan angka indeks, kita mengukur produktivitas pada periode waktu dasar selanjutnya. Pengukuran produktivitas pada periode selanjutnya dapat diperbandingkan dengan keadaan produktivitas pada

tahun dasar untuk mengetahui kecenderungan peningkatan produksi dari waktu ke waktu.

Ada 2 model pengukuran produktivitas sistem industri menggunakan pendekatan angka indeks, yaitu :

❖ Model Mundel

Marvin E. Mundel (1978) memperkenalkan penggunaan angka indeks produktivitas pada tingkat perusahaan berdasarkan 2 bentuk pengukuran, yaitu :

$$IP = \{ (AOMP / RIMP) / (AOBP / RIBP) \} \times 100$$

$$IP = \{ (AOMP / AOBP) / (RIMP / RIBP) \} \times 100$$

Dimana :

IP = indeks produktivitas

AOMP = output agregat untuk periode yang diukur

AORP = output agregat untuk periode dasar

RIMP = input-input untuk periode yang diukur

RIBP = input-input untuk periode dasar

❖ Model APC (The American Productivity Centre Model)

Pusat produktivitas Amerika (APC) telah mengemukakan ukuran produktivitas yang didefinisikan melalui kerangka kerja berikut :

Profitabilitas = (hasil penjualan / biaya-biaya) = { (banyaknya output x harga perunit) / (banyaknya input x biaya perunit) } = { (banyaknya output / banyaknya input) } x (harga / biaya) = (produktivitas) x (faktor perbaikan harga)

$\text{Profitabilitas} = \text{produktivitas} \times \text{faktor perbaikan harga}$

Dari bentuk pengukuran produktivitas yang dikemukakan oleh APC tampak bahwa profitabilitas berhubungan secara langsung dengan produktivitas dan faktor perbaikan harga. Berdasarkan hubungan ini, profitabilitas perusahaan dapat meningkat melalui peningkatan produktivitas dan / atau perbaikan harga produk di pasar global. Hal ini menjadi penting agar perusahaan itu dapat meningkatkan daya saing dari produk yang dihasilkan di pasar global yang sangat kompetitif.

Terdapat beberapa manfaat pengukuran produktivitas dalam suatu organisasi perusahaan, antara lain :

1. Perusahaan dapat menilai efisiensi konversi sumber dayanya, agar dapat meningkatkan produktivitas melalui efisiensi penggunaan sumberdaya itu.
2. Perencanaan sumberdaya akan menjadi lebih efektif dan efisien melalui pengukuran produktivitas, baik dalam perencanaan jangka pendek maupun jangka panjang.
3. Tujuan ekonomis dan nonekonomis dari perusahaan dapat diorganisasikan kembali dengan cara memberikan prioritas tertentu yang dipandang dari sudut produktivitas.
4. Perencanaan target tingkat produktivitas dimasa mendatang dapat dimodifikasi kembali berdasarkan informasi pengukuran tingkat produktivitas sekarang.

5. Strategi untuk meningkatkan produktivitas perusahaan dapat ditetapkan berdasarkan tingkat kesenjangan produktivitas yang ada diantara tingkat produktivitas yang direncanakan dan tingkat produktivitas yang diukur. Dalam hal ini pengukuran produktivitas akan memberikan informasi dalam mengidentifikasi masalah-masalah atau perubahan-perubahan yang terjadi sehingga tindakan korektif dapat diambil.
6. Pengukuran produktivitas perusahaan akan menjadi informasi yang bermanfaat dalam membandingkan tingkat produktivitas diantara organisasi perusahaan dalam industri sejenis serta bermanfaat pula untuk informasi produktivitas industri pada skala nasional maupun global.
7. Nilai-nilai produktivitas yang dihasilkan dari suatu pengukuran dapat menjadi informasi yang berguna untuk merencanakan tingkat keuntungan dari perusahaan itu.
8. Pengukuran produktivitas akan menciptakan tindakan-tindakan kompetitif berupa upaya-upaya peningkatan produktivitas terus menerus.
9. Pengukuran produktivitas terus menerus akan memberikan informasi yang bermanfaat untuk menentukan dan mengevaluasi kecenderungan perkembangan perusahaan dari waktu ke waktu.
10. Pengukuran produktivitas akan memberikan informasi yang bermanfaat dalam mengevaluasi perkembangan dan efektifitas

dari perbaikan terus menerus yang dilakukan dalam perusahaan itu.

11. Pengukuran produktivitas akan memberikan motivasi kepada orang-orang untuk secara terus menerus melakukan perbaikan dan juga akan meningkatkan kepuasan kerja. Orang-orang akan lebih memberikan perhatian kepada pengukuran produktivitas apabila dampak dari perbaikan produktivitas itu terlihat jelas dan dirasakan langsung oleh mereka.
12. Aktivitas perundingan bisnis (kegiatan tawar menawar) secara kolektif dapat diselesaikan secara rasional, apabila telah tersedia ukuran-ukuran produktivitas.

