

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Teori Kendala (*Theory of Constraint*)

2.1.1 Konsep Dasar Teori Kendala

Theory of Constraints (TOC) merupakan pengembangan dari *Optimized Production Technology* (OPT). Teori ini pertama kali diperkenalkan oleh seorang ilmuwan fisika berkebangsaan Israel, Dr. Eliyahu M. Goldratt, dalam bukunya yang berjudul “*The Goal : A Process of Ongoing Improvement*”, yang ditulis pada tahun 1986. (Fogarty, 1991)

Konsep OPT menekankan pada optimasi pemanfaatan stasiun *constraints*, metode ini juga dikenal dengan nama *Theory of Constraints* (TOC) atau teori kendala. OPT merupakan suatu teknik untuk optimasi penjadwalan produksi yang bertujuan meningkatkan hasil produk jadi keseluruhan yang terjual (*Throughput*), mengurangi persediaan (*Inventory*) dan mengurangi biaya operasional (*Operational expenses*). Dalam OPT, Goldratt telah membuat konsep yang memasukkan filosofi manajemen dalam perbaikan berdasarkan pengidentifikasian kendala-kendala untuk meningkatkan keuntungan.

Dasar dari TOC adalah bahwa setiap organisasi mempunyai kendala-kendala yang menghambat pencapaian kinerja (*Performance*) yang tinggi. Kendala-kendala ini seharusnya diidentifikasi dan diatur untuk memperbaiki kinerja, biasanya jumlah kendala terbatas dan bukan berarti kendala kapasitas. Jika suatu kendala telah terpecahkan, maka kendala berikutnya dapat diidentifikasi dan diperbaharui.

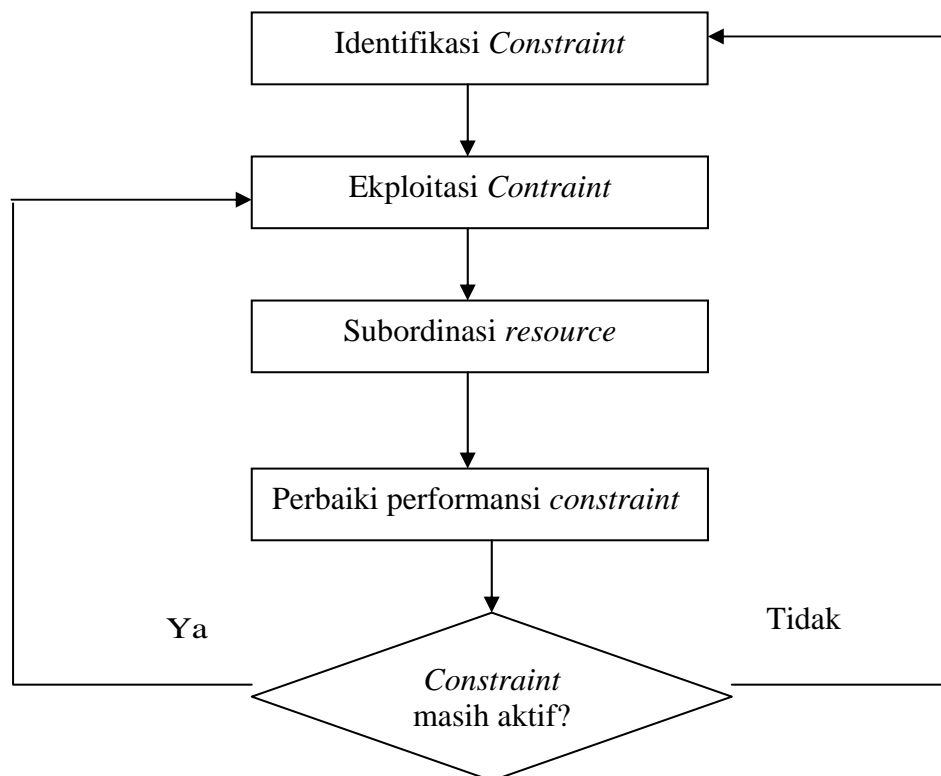
Dalam mengimplementasi ide-ide sebagai solusi dari suatu permasalahan, Goldratt mengembangkan lima langkah yang berurutan agar proses perbaikan lebih terfokus dan memberikan pengaruh positif yang lebih baik bagi sistem sebelumnya. Langkah-langkah tersebut adalah:

1. Identifikasi sumber daya kendala (*Constraints*) dalam sistem, yaitu memprioritaskan menurut pengaruh terhadap tujuan. Walaupun mungkin

ada banyak kendala dalam suatu waktu, biasanya hanya sedikit kendala yang sesungguhnya dalam sistem itu.

2. Putuskan bagaimana menghilangkan kendala tersebut, pada tahap ini ditentukan bagaimana menghilangkan kendala yang telah ditemukan dengan mempertimbangkan perubahan dengan biaya terendah.
3. Subordinatkan sumber daya lain untuk mendukung langkah 2. menagguhkan hal – hal yang lain yang bukan kendala dari pertimbangan pembuatan keputusan. Alasannya, segala sesuatu yang hilang pada kendala tidak memberikan pengaruh karena sumber – sumber daya itu masih cukup tersedia.
4. Lakukan kendala untuk memperbaiki performansi constraint sistem. Memprioritaskan solusi masalah pada kendala sistem tidak memuaskan.
5. Kembali ke langkah pertama untuk peningkatan terus menerus, jika langkah – langkah sebelumnya memunculkan kendala – kendala baru dalam sistem tersebut.

Untuk lebih jelasnya *Flow chart Theory of Constraint* dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.1 *Flow chart Theory of Constraint*
(Tersine, 1994)

2.1.2 Ukuran Kinerja Dalam Teori Kendala

Tujuan utama perusahaan adalah menghasilkan laba untuk saat ini dan selanjutnya. Ukuran kerja finansial yang penting adalah keuntungan bersih, *Return on Investment* (ROI) atau pengembalian modal dan *Cash flow* atau aliran kas. Langkah ini menyatakan bahwa kendala harus diangkat, sehingga dapat diambil tindakan untuk mengurangi pengaruh hasilnya (*Throughput*), persediaan dan biaya operasi. Hasil didefinisikan sebagai tingkat dimana sistem dapat menghasilkan uang melalui penjualan bukan produksi.

Beberapa pokok persoalan dalam TOC :

1. Tujuan perusahaan adalah untuk menghasilkan uang.
2. Kriteria kinerja.
3. Penyeimbangan aliran produksi pada sistem, bukan usaha penyeimbangan kapasitas.

Untuk mampu mengukur kinerja perusahaan terdapat kriteria-kriteria pengukuran yang harus digunakan, yaitu :

a. Kriteria Pengukuran Finansial, meliputi :

Keuntungan bersih atau *net profit* (diukur dalam rupiah), yaitu selisih hasil produk terjual (*Throughput*) dengan biaya produksi (*Operational expenses*).

$$\text{Net profit} = \text{Throughput} - \text{Operational expenses}$$

b. Kriteria Pengukuran Operasional, meliputi :

1. *Throughput*, yaitu suatu pengukuran untuk menghasilkan uang melalui penjualan produk jadi bukan berupa persediaan.
2. Persediaan, yaitu semua uang yang diinvestasikan dalam pembelian segala sesuatu sampai diharapkan produk jadi terjual, dapat berupa bahan baku, komponen atau produk jadi yang belum terjual tetapi tidak termasuk tenaga kerja (*Overhead*).
3. Biaya operasional, yaitu semua uang yang dikeluarkan sistem dalam perubahan persediaan menjadi *throughput*. Ini termasuk biaya-biaya lain, juga tenaga kerja langsung dan tidak langsung, biaya simpan, depresiasi peralatan dan lain-lain.
4. Pendefinisian *throughput* secara khusus, yaitu cara untuk mencegah sistem terus memproduksi dibawah ilusi bahwa produk-produk mungkin meningkatkan biaya-biaya, membentuk persediaan dan menghasilkan kas.

Dari sisi operasional, tujuan perusahaan adalah meningkatkan *throughput*, dengan mereduksi persediaan dan mereduksi biaya-biaya operasional.

2.1.3 Aturan Umum Dalam Konsep Teori Kendala

Aspek-aspek yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatan teori kendala tidak hanya pengendalian *buffer* (penyangga) di stasiun konstrain. Keberhasilan penerapan teori kendala akan ditentukan oleh keberhasilan penerapan beberapa prinsip dasar, yaitu :

1. Berdasarkan keseimbangan aliran, bukan keseimbangan kapasitas. Diasumsikan perusahaan memiliki kapasitas tidak seimbang dengan jumlah permintaan pasar, karena keseimbangan kapasitas menghambat pencapaian tujuan perusahaan.
2. Tingkat *utilisasi* sumber daya *non bottleneck* tidak ditentukan oleh potensinya, tetapi oleh stasiun kerja *bottleneck* atau sumber kritis lainnya.
3. Penggunaan (*Utilisasi*) dan pengaktifan sumber daya adalah tidak sama.
4. Penghematan dalam setiap jam adalah keuntungan yang besar yang sulit dicapai.
5. Prioritas dapat diuji dengan menguji kendala sistem, dengan *Lead time* yang diturunkan dalam penjadwalannya.

Batch process adalah jumlah produk yang telah diproses pada suatu sumber sebelum mengubah untuk menghasilkan sebuah produk yang berbeda. *Batch transfer* adalah jumlah unit yang dipindahkan pada waktu yang sama sumber ke sumber berikutnya. *Batch transfer* frekuensinya tidak harus sama dengan *Batch process*. Dan untuk menyeimbangkan aliran produksi maka *Batch transfer* seharusnya lebih kecil. (Tersine, 1994)

2.1.4 Kendala

Kendala dapat didefinisikan sebagai segala sesuatu yang menghambat suatu sistem untuk mencapai kinerja yang lebih tinggi. Ada dua tipe pokok kendala, yaitu batasan fisik dan batasan non fisik. Batasan fisik adalah batasan yang berhubungan dengan kapasitas mesin, sedangkan batasan non fisik berupa permintaan terhadap produk dan prosedur kerja. (Fogarty, 1991)

Kategori kendala antara lain adalah *Internal resource constraints* (kendala sumber-sumber internal), yaitu kendala klasik. Seperti mesin, pekerja dan alat-alat lain.

Berkaitan dengan kendala sumber-sumber internal, R.B.Chase mengistilahkan kendala tersebut sebagai *Capacity Constraints Resources* (CCR) atau sumber daya berkendala kapasitas, yaitu sumber daya yang jika tidak dijadwalkan sebagaimana mestinya akan dapat menghambat aliran produk yang menyimpang dari perencanaan aliran semula.

Sumber daya berkendala kapasitas tidak hanya jenis kendala yang dapat menghambat kinerja. Kendala pasar juga dapat menghambat penggunaan secara penuh sumber daya pabrik yang tersedia. Peningkatan pasar akan meningkatkan *throughput* dan *net profit*. Kendala-kendala material juga dapat menghambat penggunaan sumber daya. Jika kapasitas lebih besar dari aliran *throughput* dengan kendala material, material-material yang lebih banyak akan meningkatkan *throughput* dan *profit*.

2.2 Kapasitas

2.2.1 Beberapa definisi yang berkaitan dengan kapasitas

Beberapa definisi yang akan banyak dipergunakan dalam pembahasan yang berkaitan dengan perencanaan kapasitas.

1. Pusat Kerja (*Work Center*)

Merupakan suatu fasilitas produksi spesifik yang terdiri dari satu atau lebih orang dan atau mesin dengan kemampuan yang sama atau identik, yang dapat dipertimbangkan sebagai satu unit untuk tujuan perencanaan kebutuhan kapasitas (CRP) dan penjadwalan terperinci (*detailed scheduling*).

2. Pesanan Manufaktur (*Manufacturing Orders*)

Merupakan suatu dokumen atau identitas jadwal yang memberikan kewenangan untuk membuat part tertentu atau produk dalam jumlah tertentu. Pesanan *manufacturing* dapat berupa salah satu; *open orders*, *already in process*, atau *planned orders*, sebagaimana dijadwalkan melalui proses MRP.

3. *Routing*

Merupakan sekumpulan informasi yang memerinci metode pembuatan item tertentu, termasuk operasi yang dilakukan, sekuensi operasi, berbagai pusat kerja yang terlibat, serta standar untuk waktu setup (*setup time*) dan waktu pelaksanaan kerja (*run time*).

4. Beban (*load*)

Adalah banyaknya kerja yang dijadwalkan untuk dilakukan oleh fasilitas manufacturing dalam periode waktu yang ditetapkan. Beban (*load*) biasa dinyatakan dalam ukuran jam kerja atau unit produksi. *Load* merupakan volume kerja yang dikerjakan. Sebagaimana yang biasa digunakan dalam CRP, beban (*load*) menggambarkan waktu setup (*setup time*) dan waktu pelaksanaan (*runtime*) yang dibutuhkan dari suatu pusat kerja, tidak termasuk waktu menunggu (*waiting time*), waktu antri (*queue time*), dan waktu bergerak (*move time*).

5. Kapasitas (*Capacity or Available Capacity*)

Merupakan tingkat dimana system manufacturing (tenaga kerja, mesin, pusat kerja, department, pabrik) memproduksi. Dengan kata lain, kapasitas merupakan tingkat output yang dapat dicapai dengan spesifikasi produk, *product mix*, tenaga kerja, dan peralatan yang ada sekarang. Dalam CRP, kapasitas berkaitan dengan tingkat output kerja dalam setiap pusat kerja.

2.2.2 Hubungan kapasitas-beban (*capacity-load relationship*)

Tujuan utama dari CRP adalah menunjukkan perbandingan antara beban yang ditetapkan pada pusat-pusat kerja melalui pesanan kerja yang ada dan kapasitas dari setiap pusat kerja selama periode waktu tertentu.

Melalui identifikasi *overload* atau *underload*, jika ada, tindakan perencanaan kembali (*replanning*) dapat dilakukan untuk menghilangkan situasi itu guna mencapai suatu keseimbangan antara beban dan kapasitas (*balanced load*). Jika arus kedatangan pesanan melebihi kapasitas, beban akan meningkat, yang ditandai *inventori* yang berada dalam antrian kerja yang tidak diproses di depan pusat kerja. Sebaliknya jika arus kedatangan pesanan lebih sedikit daripada

kapasitas yang ada, beban (pesanan yang menunggu untuk diproses) akan berkurang.

Tujuan dari perencanaan kapasitas adalah berusaha mengatur secara bersama pesanan kerja yang datang dan atau kapasitas dari pusat kerja untuk mencapai suatu aliran yang mantap dan seimbang. Apabila beban bertambah yang ditandai banyaknya antrian, maka waktu tunggu pusat kerja (*work center lead time*) akan lebih panjang. Sebaliknya apabila beban dikurangi, waktu tunggu akan lebih pendek karena aliran kerja bergerak melalui pusat kerja tanpa membutuhkan antrian panjang. Penanganan hubungan antara kapasitas dan beban didasarkan pada kemampuan sistem perencanaan dan pelaksanaan untuk menyesuaikan tingkat kedatangan pesanan kapasitas. Unit pengukuran dari beban dan kapasitas terbanyak menggunakan jam kerja selama interval waktu tertentu.

2.2.3 Sistem perencanaan kebutuhan kapasitas (CRP)

Sebagai suatu sistem perencanaan kapasitas dalam system MRP II yang lebih besar, CRP memiliki input, proses, output, dan umpan balik.

Input CRP :

1 . *Schedule of planned factory orders releases*

Jadwal ini merupakan salah satu output dari MRP, CRP memiliki dua sumber utama dari *load data*, yaitu: (1) *schedule receipts* yang berisi data *order due date*, *order quantity*, *operation completed*, *operation remaining*, dan (2) *planned order releases* yang berisi data *planned order receipt*, *planned order quantity*. Sumber – sumber lain seperti; *product network*, *quality recall*, *engineering prototype*, *excess scrap* dan lain-lain, harus diterjemahkan ke dalam satu dari dua jenis pesanan yang digunakan oleh CRP itu.

2 . *Work order status*

Informasi status ini diberikan untuk semua *open order* yang dengan operasi yang masih harus diselesaikan, *work center* yang terlibat, dan perkiraan waktu.

3 . *Routing data*

Memberikan jalur yang direncanakan untuk *factory orders* melalui proses produksi dengan perkiraan waktu operasi. Setiap *part*, *assembly*, dan produk yang dibuat memiliki suatu *routing* yang unik, terdiri dari satu atau lebih operasi. Info yang diperlukan untuk CRP adalah: *operation number*, *operation*, *planned work possible alternate work center*, *standard setup time*, *standard run time per unit*, *tooling at each work center*, dan lain-lain. *Routing* memberikan petunjuk pada proses CRP sebagai layaknya BOM memberikan pada proses MRP.

4 . *Work center data*.

Data ini berkaitan dengan setiap *production work center*, termasuk sumber-sumber daya, standard-standard utilisasi dan efisiensi, serta kapasitas. Elemen-elemen data pusat kerja adalah: identifikasi dan deskripsi, banyaknya mesin atau stasiun kerja, banyaknya hari kerja per periode, banyaknya shift yang dijadwalkan per hari kerja, banyaknya jam kerja per *shift*, faktor utilisasi, faktor efisiensi, rata-rata waktu antrian, rata-rata waktu menunggu dan bergerak

Proses CRP

1 . Menghitung kapasitas pusat kerja (*work center*)

Kapasitas pusat kerja ditentukan berdasarkan sumber-sumber daya mesin dan manusia, faktor-faktor jam operasi, efisiensi dan utilisasi. Kapasitas pusat kerja biasanya ditentukan secara manual. Termasuk dalam penentuan kapasitas pusat kerja adalah: identifikasi dan definisi pusat kerja, serta perhitungan kapasitas kerja.

2 . Menentukan beban (*load*)

Perhitungan load pada setiap pusat kerja dalam setiap periode waktu dilakukan dengan backward scheduling. Menggunakan infinite loading, menggandakan load untuk setiap item melalui kuantitas dari item yang dijadwalkan dalam suatu periode waktu mendatang yang diakumulasikan berdasarkan pada open orders (schedule receipt) dan planned factory orders releases. Proses ini biasanya menggunakan computer.

3. Menyeimbangkan kapasitas beban

Apabila nampak ketidak seimbangan antara kapasitas dan beban, salah satu dari kapasitas atau beban harus disesuaikan kembali untuk memperoleh jadwal yang seimbang. Apabila penyesuaian-penyesuaian rutin tidak cukup memadai, penjadwalan ulan dari output MRP atau MPS perlu dilakukan. Hal ini biasanya merupakan suatu *human judgement* dan dilakukan secara *iterative* (berulang/berkali-kali) bersama dengan output laporan beban pusat kerja (*work center report*) dari CRP. Dengan kata lain proses akan diulang sampai memperoleh beban yang dapat diterima (*acceptable load*).

2.2.4 Metode Pengukuran kapasitas

Pengukuran kapasitas, menggunakan *Rated Capacity* (*synonym: Calculated Capacity, Nominal Capacity*). Diukur berdasarkan penyesuaian kapasitas teoritis dengan faktor produktivitas yang telah ditentukan *demonstrated capacity*. Dihitung melalui penggandaan waktu kerja yang tersedia dengan faktor utilisasi dan efisiensi. Waktu kerja yang tersedia (*available work time, synonym: productive capacity or scheduled capacity*) adalah banyaknya jam kerja actual yang dijadwalkan atau tersedia, pada pusat kerja selama periode waktu tertentu. Waktu kerja yang tersedia per periode waktu dihitung sebagai: banyaknya orang atau mesin x jam per shift x shift per hari x hari kerja per periode.

Utilisasi adalah pecahan yang menggambarkan *clock time* yang tersedia dalam pusat kerja yang secara actual digunakan untuk produksi berdasarkan pengalaman lalu. Utilisasi dapat ditentukan untuk mesin atau tenaga kerja, atau keduanya, tergantung pada mana yang lebih cocok untuk situasi dan kondisi actual di perusahaan. Perlu dicatat bahwa angka utilisasi tidak dapat melebihi 1,0 (100%). Formula untuk menghitung utilisasi adalah:

$$\text{Utilisasi} = \frac{\text{jam aktual yang digunakan untuk produksi}}{\text{jam yang tersedia menurut jadwal}}$$

Efisiensi adalah faktor yang mengukur performansi actual dari pusat kerja relatif terhadap standar yang ditetapkan. Faktor efisiensi dapat lebih besar dari 1,0. Formula untuk menghitung efisiensi adalah:

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{jam standar yang diperoleh atau diproduksi}}{\text{jam aktual yang digunakan untuk produksi}}$$

Dengan demikian *rated (or calculated) capacity* dihitung sebagai berikut:

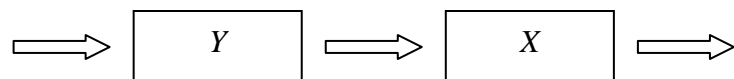
Calculated capacity per periode = banyaknya orang atau mesin x jam per *shift* x *shift* per hari x hari kerja per periode x utilisasi x efisiensi = waktu yang tersedia per periode waktu x utilisasi x efisiensi.

2.3 Bottleneck dan non bottleneck

Bottleneck adalah sumber yang kapasitasnya sama atau lebih kecil dari permintaan yang ada pada saat itu. Sedangkan *non bottleneck* adalah sumber yang kapasitasnya lebih besar dari permintaan yang ada pada saat itu. Untuk menggambarkan interaksi sumber daya secara mendasar, Goldratt menandai *bottleneck* dengan “X” dan untuk *non bottleneck* dengan “Y”. (Sipper, 1997)

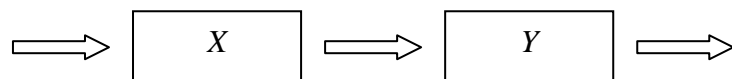
Disini ada dua bangunan blok, yaitu X dan Y, yang hasilnya ada lima hubungan dasar, yaitu :

1. Y ke X Aliran dari *non bottleneck* ke *bottleneck*



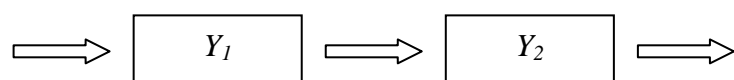
Y dapat diaktifkan hanya untuk memenuhi keperluan X.

2. X ke Y Aliran dari *bottleneck* ke *non bottleneck*



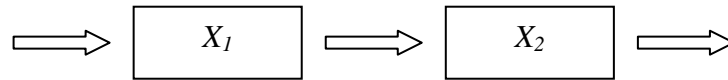
Karena Y dapat memproses lebih cepat dibanding X, maka terjadi idle time (waktu menganggur). Y hanya dapat diaktifkan hanya untuk memenuhi keperluan X.

3. Y₁ ke Y₂ Aliran dari satu *non bottleneck* ke *non bottleneck*



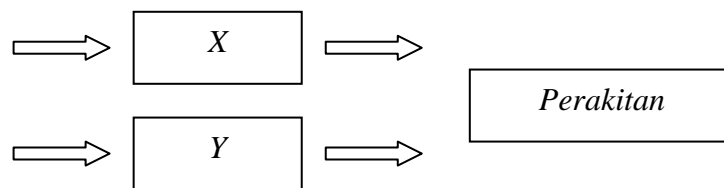
Kedua sumber daya diaktifkan hanya untuk memenuhi permintaan pasar atau kendala lain dalam sistem.

4. X_1 ke X_2 Aliran dari satu *bottleneck* ke *bottleneck*



Bottleneck yang kendalanya lebih kecil, diaktifkan untuk memenuhi *bottleneck* yang kendalanya besar.

5. X dan Y *Bottleneck* dan non *bottleneck* diumpangkan ke perakitan



Perakitan tidak dapat dilakukan sampai seluruh komponen tersedia. Jadi kecepatan suatu sumber daya harus dibentuk agar sesuai dengan X.

Gambar 2.3 Lima hubungan dasar antara *Bottleneck* dan non *bottleneck*

2.4 Metode *Linear Programming*

2.4.1 Pengertian Umum *Linier Programing*

Linear Programming merupakan suatu cara yang lazim digunakan dalam pemecahan masalah pengalokasian sumber-sumber yang terbatas secara optimal. Persoalan pengalokasian akan muncul apabila seseorang diharuskan untuk memilih atau menentukan tingkat aktivitas yang akan dilakukannya, di mana masing-masing aktivitas membutuhkan sumber yang sama sedangkan jumlahnya terbatas.

Contoh sederhana dari uraian diatas, antara lain keadaan bagian produksi suatu perusahaan yang diharapkan pada masalah penentuan tingkat produksi berbagai jenis produk dengan memperhatikan batasan-batasan faktor produksi, seperti mesin, tenaga kerja, bahan mentah, modal dan sebagainya untuk memperoleh tingkat keuntungan maksimal atau biaya minimal.

Dalam memecahkan suatu masalah, *Linear Programming* menggunakan model matematis. *Linear* berarti bahwa semua fungsi matematis yang disajikan dalam model ini haruslah fungsi *linear*, atau secara praktis dapat dikatakan bahwa persamaan tersebut bila digambarkan pada grafik akan berbentuk garis lurus. Sedangkan *Programming* merupakan sinonim dari perencanaan. Jadi *Linear Programming* (LP) mencakup perencanaan aktivitas-aktivitas untuk memperoleh suatu hasil yang optimum, yaitu suatu hasil yang mencerminkan tercapainya sasaran tertentu yang paling baik berdasarkan model matematis di antara alternatif yang mungkin dengan menggunakan fungsi *linear* (Dimiyati, 2001).

2.4.2 Model *Liner Programing*

Model matematis perumusan masalah umum pengalokasian sumber daya untuk berbagai kegiatan disebut sebagai model *linier programing* (LP). Dalam LP dikenal 2 macam fungsi, yaitu : fungsi tujuan (*objective Function*) dan fungsi – fungsi batasan (*constraint function*).

- Fungsi tujuan : fungsi yang menggambarkan sasaran / tujuan di dalam permasalahan LP yang berkaitan dengan pengaturan secara optimal sumber daya – sumber daya untuk memperoleh keuntungan maksimal atau biaya minimal. Untuk menyatakan nilai fungsi tujaun digunakan variabel Z.
- Fungsi batasan : bentuk penyajian secara matematis batasan – batasan kapasitas yang tersedia yang akan dialokasikan secara optimal ke berbagai kegiatan.

Selain fungsi tersebut, dalam LP juga dikenal karakteristik : variabel keputusan dan pembatas tanda.

- Variabel keputusan : variabel yang menguraikan secara lengkap keputusan – keputusan yang akan dibuat.
- Pembatas tanda : pembatas yang menjelaskan apakah variabel keputusannya diaumsikan hanya berharga nonnegative atau variabel keputusannya boleh berharga positif, boleh juga negatife (tidak terbatas dalam tanda). Pada soal maksimasi variabel keputusan harus berharga nonnegatif.

Untuk memudahkan pembahasan model LP, digunakan simbol-simbol sebagai berikut:

- m = macam batasan – batasan sumber atau fasilitas yang tersedia
 n = macam kegiatan – kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas tersebut.
 i = nomor setiap macam sumber atau fasilitas yang tersedia ($i = 1, 2, \dots, m$).
 j = nomor setiap macam kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas yang tersedia ($j = 1, 2, 3, \dots, n$)
 X_j = Tingkat Kegiatan ke, j dimana ($j = 1, 2, \dots, n$)
 a_{ij} = banyaknya sumber i yang diperlukan untuk menghasilkan setiap unit keluaran (output) kegiatan j ($i = 1, 2, \dots, m$, dan $j = 1, 2, \dots, n$).
 b_i = banyaknya sumber (fasilitas) i yang tersedia untuk dialokasikan ke setiap unit kegiatan ($i = 1, 2, \dots$).
 Z = nilai yang dioptimalkan (maksimum atau minimum)
 C_j = kenaikan nilai Z apabila ada pertambahan tingkat kegiatan (X_j) dengan satu satuan (unit) atau merupakan sumbangan setiap satuan keluaran kegiatan j terhadap nilai Z .

Penyusunan simbol – simbol kedalam bentuk tabel standar LP:

Tabel 2.1 Data untuk model *Linier Programing*

Sumber \ Aktivitas	Penggunaan sumber / unit				Banyaknya sumber yang dapat digunakan
	1	2	.....	n	
1	a_{11}	b_{12}	.....	a_{1n}	b_1
2	a_{21}	b_{22}	.....	a_{2n}	b_2
.					.
.					.
.					.
M	a_{m1}	b_{m2}	.....	a_{mn}	b_m
$\triangle Z$ atau Unit	c_1	c_2	.....	c_n	
Tingkat	x_1	x_2	.....	x_n	

Dengan demikian, sekarang kita dapat membuat formulasi model matematis dari persoalan pengalokasian sumber – sumber pada aktivitas – aktivitas sebagai berikut:

$$\text{Maksimumkan } z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n$$

Berdasarkan pembatas:

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1n} X_n \leq b_1$$

$$a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2n} X_n \leq b_2$$

.

.

.

$$a_{m1} X_1 + a_{m2} X_2 + \dots + a_{mn} X_n \leq b_m$$

dan

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots, X_n \geq 0$$

(Tentu saja yang harus kita cari adalah harga – harga X_1, X_2, \dots, X_n)

Formulasi di atas dinamakan sebagai bentuk standar dari persoalan program linier, dan setiap situasi yang formulasinya matematisnya memenuhi model ini adalah persoalan program linier.

Istilah yang lebih umum dari model program linier ini adalah sebagai berikut:

- a. Fungsi yang dimaksimumkan yaitu, $C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n$, disebut sebagai fungsi tujuan.
- b. Pembatas – pembatas atau konstraint.
- c. Sebanyak m buah konstraint pertama sering disebut sebagai konstraint fungsional atau pembatas teknologis.
- d. Pembatas $X_j \geq 0$ disebut sebagai konstraint nonnegatif.
- e. Variabel X_j adalah variabel keputusan.
- f. Konstanta – konstanta a_{ij} , b_i dan C_j adalah parameter – parameter model.

2.4.3 Metode Simpleks

Metode simpleks merupakan prosedur aljabar yang bersifat iteratif, yang bergerak selangkah demi selangkah, dimulai dari suatu titik ekstrem pada daerah fisibel (ruang solusi) menuju ke titik ekstrem yang optimum.

Untuk dapat lebih memahami uraian selanjutnya, berikut ini diberikan pengertian dari beberapa terminologi dasar yang banyak digunakan dalam membicarakan metode simpleks. Untuk itu, perhatikan kembali model program linier programming berikut ini:

$$\text{Maksimumkan } z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n$$

Berdasarkan pembatas:

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1n} X_n \leq b_1$$

$$a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2n} X_n \leq b_2$$

.

.

.

$$a_{m1} X_1 + a_{m2} X_2 + \dots + a_{mn} X_n \leq b_m$$

dan

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots, X_n \geq 0$$

Jika kita definisikan:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ a_{m1} & a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} ; X = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ X_n \end{pmatrix} ; b = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ b_n \end{pmatrix}$$

maka pembatas dari model tersebut dapat dituliskan kedalam bentuk sistem persamaan $AX = b$.

Perhatikan suatu sistem $AX = b$ dari m persamaan linier dalam n variabel ($n > m$).

Definisi :

1. Solusi basis

Solusi basis untuk $AX = b$ adalah solusi di mana terdapat sebanyak – banyaknya m variabel berharga bukan nol. Untuk mendapatkan solusi basis dari $AX = b$ maka sebanyak $(n - m)$ variabel harus di nolkan. Variabel – variabel yang dinolkan ini disebut *variabel nonbasis* (NBV). Selanjutnya

dapatkan harga dari $n - (n - m) = m$ variabel lainnya yang memenuhi $AX = b$, yang disebut *variabel basis* (BV).

2. Solusi basis fisibel

Jika seluruh variabel pada suatu solusi basis berharga nonnegatif, maka solusi itu disebut solusi *basis fisibel* (BFS).

3. Solusi fisibel titik ekstrim

Solusi fisibel titik ekstrim adalah solusi fisibel yang tidak terletak pada suatu segmen garis yang menghubungkan dua solusi fisibel lainnya.

2.5 Pengukuran waktu

Penelitian kerja dan analisis metode kerja pada dasarnya memusatkan perhatiannya pada bagaimana pekerjaan tersebut diselesaikan. Pengukuran waktu kerja adalah pekerjaan mengamati pekerja dan mencatat waktu kerjanya baik setiap elemen atau siklus. Tujuan dari pengukuran kerja adalah untuk menentukan waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh operator terlatih untuk melakukan suatu pekerjaan jika harus bekerja selama 8 jam sehari, pada kondisi kerja yang biasa dan bekerja pada kecepatan normal.

Teknik-teknik pengukuran waktu dikelompokkan dalam dua bagian, yaitu pengukuran secara langsung adalah pengukuran yang dilakukan langsung di tempat dimana pekerjaan yang bersangkutan dilakukan. Sedangkan pengukuran waktu secara tidak langsung adalah pengukuran yang dilakukan tanpa harus berada di tempat pekerjaan yaitu dengan cara membaca tabel-tabel yang tersedia dengan syarat mengetahui jalannya pekerjaan.

Teknik-teknik pengukuran kerja ini dimaksudkan untuk menunjukkan kadar kerja (*work content*) dari suatu pekerjaan yang dilakukan. Agar pekerjaan-pekerjaan yang berbeda dapat dibandingkan, kadar kerja selalu diukur dalam satuan yang sama, yaitu pekerjaan dianggap merupakan waktu yang akan diambil oleh seorang pekerja terampil

Dengan salah satu cara ini waktu penyelesaian suatu pekerjaan yang dijalankan dengan suatu sistem kerja tertentu dapat ditentukan. Sehingga jika

pengukuran dilakukan terhadap beberapa alternatif sistem kerja terbaik diantaranya dilihat dari segi waktu dapat dicari yaitu sistem yang membutuhkan waktu penyelesaian tersingkat.

Pengukuran waktu ditujukan juga untuk mendapatkan waktu baku penyelesaian, yaitu waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh seorang pekerja normal untuk menyelesaikan pekerjaan yang dijalankan dalam sistem kerja yang terbaik (Sutalaksana, 1979).

2.5.1 Pengukuran Waktu Dengan Jam Henti (*Stop watch*)

Pengukuran waktu kerja dengan jam henti (*stop watch*) pertama kali diperkenalkan oleh Frederick W. Taylor sekitar abad ke-19 yang lalu. Cara ini merupakan cara yang paling dikenal dan paling banyak dipakai. Salah satu cara yang menyebabkan pengukuran tersebut adalah kesederhanaan aturan-aturan yang dipakai.

Untuk mendapatkan hasil yang baik, yang dapat di pertanggung jawabkan maka tidaklah cukup sekedar melakukan beberapa kali pengukuran dengan menggunakan jam henti. Banyak faktor yang harus diperhatikan agar pada akhirnya dapat diperoleh waktu yang sesuai untuk pekerjaan yang bersangkutan seperti berhubungan dengan kondisi kerja, operator, cara pengukuran, jumlah pengukuran dan lain-lain. Sebagian dari hal-hal tersebut dilakukan sebelum melakukan pengukuran.

Ada beberapa hal yang harus dilakukan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, yaitu :

1. Penetapan tujuan pengukuran

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

2. Melakukan penelitian pendahuluan

Yang dicari dari pengukuran waktu adalah waktu yang pantas yang diberikan kepada operator untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Tentu dari kondisi ini yang ada dapat dicari waktu yang pantas untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kondisi yang bersangkutan. Suatu perusahaan biasanya menginginkan waktu kerja yang sesingkat-singkatnya agar dapat meraih keuntungan yang sebesar-besarnya. Keuntungan yang demikian tidak akan diperoleh jika kondisi kerja dari pekerjaan yang ada di perusahaan tersebut tidak menunjang dapat dicapai hal tadi.

3. Memilih operator

Operator yang melakukan pekerjaan yang diukur bukanlah orang yang begitu saja diambil dari pabrik. Operator harus memenuhi persyaratan tertentu agar dapat melakukan pekerjaannya dengan baik. Syarat-syarat tersebut adalah berkemampuan normal dan dapat diajak bekerja sama.

4. Melatih operator

Walaupun operator yang baik telah didapat, kadang-kadang masih memerlukan pelatihan untuk dapat melakukan pekerjaannya dengan baik. Terutama jika kondisi dan cara kerja yang dipakai tidak sama dengan yang dijalankan oleh operator. Hal ini terjadi jika pada saat penelitian pendahuluan, kondisi kerja atau cara kerja sudah mengalami perubahan. Dalam keadaan ini operator harus dilatih terlebih dahulu karena sebelum diukur operator harus terbiasa dengan kondisi kerja dan cara kerja yang ditetapkan.

5. Menguraikan pekerjaan atas elemen-elemen pekerjaan

Disini pekerjaan diperoleh menjadi elemen-elemen pekerjaan yang merupakan gerakan dari pekerjaan yang bersangkutan. Elemen-elemen inilah yang diukur waktunya. Waktu siklusnya adalah jumlah waktu setiap elemen.

6. Menyiapkan alat-alat pengukuran

Setelah kelima langkah diatas dijalankan dengan baik, selanjutnya sebelum melakukan pengukuran yaitu menyiapkan alat-alat yang diperlukan. Alat-alat tersebut adalah :

- Jam henti (*stop watch*)
- Lembaran-lembaran pengamatan

- Pena atau pensil
- Papan pengamatan untuk menulis

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

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

Sebab ketiga, yaitu melakukan pembagian kerja menjadi elemen-elemen pekerjaan adalah untuk memudahkan mengamati elemen-elemen yang tidak diterima jika memang harus terjadi, misalnya gerakan-gerakan yang dilakukan tidak pada setiap siklus, tetapi secara berkala seperti memeriksa ukuran pada setiap produk yang dihasilkan. Sebaliknya elemen demikian harus dibuang dari pengamatan jika terjadinya semata-mata karena penyimpangan dari elemen baku tanpa alasan baik disadari atau tidak disadari oleh operator.

Alasan keempat, untuk memungkinkan dikembangkannya data waktu standar pabrik atau tempat kerja yang bersangkutan. Jika ini yang merupakan sebab pembagian pekerjaan atas elemen-elemennya, maka harus mengikuti aturan khusus. Sehubungan dengan langkah kelima ini ada beberapa pedoman penguraian pekerjaan atas elemen-elemennya, yaitu :

1. Sesuai dengan ketelitian yang diinginkan, uraian pekerjaan menjadi elemen-elemennya seperinci mungkin, tetapi masih dapat diamati oleh indera pengukur dan dapat direkam waktunya oleh jam henti yang digunakan.
2. Untuk memudahkan elemen-elemen pekerjaan hendaknya berupa satu atau beberapa elemen gerakan misalnya seperti dikembangkan oleh *Gilberth*.

3. Jangan sampai ada elemen yang tertinggal, jumlah dari semua elemen harus tetap sama dengan satu siklus pekerjaan yang bersangkutan.
4. Elemen yang satu hendaknya dipisahkan dengan elemen yang lain secara jelas.
5. Menyiapkan alat-alat pengukuran.

Digunakannya pengukuran waktu dengan jam henti untuk pekerjaan yang berlangsung secara berulang-ulang, dari hasil pengukuran maka akan diperoleh waktu baku untuk menyelesaikan satu siklus pekerjaan yang akan dipergunakan, sehingga standar penyelesaian bagi semua pekerja yang melaksanakan pekerjaan sama (Sutalaksana, 1979).

2.5.2 Menentukan Besarnya Faktor Penyesuaian

Untuk menormalkan waktu kerja yang diperoleh dari hasil pengamatan dapat dilakukan dengan mengadakan penyesuaian, yaitu dengan mengalikan waktu pengamatan rata-rata dan faktor penyesuaian (*allowance*). Penyesuaian ini diberikan untuk menghilangkan atau setidaknya mengurangi pengaruh ketidakwajaran kerja operator sewaktu pengukuran dilakukan. Untuk selanjutnya akan disebut dengan menggunakan variabel P. Penyesuaian disini diberikan untuk menghilangkan atau mengurangi pengaruh ketidakwajaran operator dalam melakukan pekerjaan. Harga dari faktor penyesuaian adalah sebagai berikut :

1. Jika operator bekerja diatas normal, maka harga P akan lebih baik dari 1 ($P > 1$ atau $P > 100\%$).
2. Jika operator bekerja bekerja di bawah normal, maka harga P akan lebih kecil dari 1 ($P < 1$ atau $P < 100\%$).
3. Jika operator bekerja secara wajar atau normal, maka faktor kelonggaran ini diambil sama dengan 1 ($P = 1$ atau $P = 100\%$).

Ada beberapa cara dalam menentukan faktor penyesuaian, yaitu : cara pertama adalah cara presentase yang merupakan cara paling awal digunakan dalam melakukan penyesuaian. Besarnya faktor penyesuaian sepenuhnya ditentukan oleh pengukur melalui pengamatan selama melakukan pengukuran. Jadi, sesuai pengukuran peneliti menentukan harga P yang menurut pendapatnya akan menghasilkan waktu normal bila ini dikalikan dengan waktu siklus.

Penyesuaian dengan cara ini diselesaikan dengan cara sederhana. Bertolak dari cara penyesuaian yang sederhana dan kasarnya penilaian, maka dikembangkan cara lain yang umumnya memberikan patokan yang dimaksudkan untuk mengarahkan penilaian pengukur terhadap kerja operator. Di sini akan dikemukakan beberapa cara tersebut, yaitu cara *Schumard*, *Westinghouse* dan obyektif.

Cara *Schumard* memberikan patokan-patokan penilaian melalui kelas-kelas *performance* kerja dimana setiap kelasnya mempunyai nilai-nilai sendiri. Disini pengukur diberi patokan untuk menilai *performance* kerja operator menurut kelas-kelas : *Superfast*, *Fast +*, *Fast -*, *Excellent* dan seterusnya.

Penyesuaian dengan cara obyektif yaitu cara yang memperhatikan dua faktor, yaitu kecepatan kerja dan tingkat kesulitan pekerjaan. Kedua faktor inilah yang dipandang secara bersama-sama menentukan berapa besarnya harga P untuk mendapatkan waktu normal. Kecepatan kerja adalah kecepatan dalam melakukan pekerjaan dalam pengertian biasa. Disini pengukur harus melakukan penilaian tentang kewajaran kecepatan kerja yang ditunjukkan oleh operator.

Harga faktor penyesuaian dengan cara *Westinghouse*, yang dianggap menentukan kewajaran atau ketidakwajaran dalam bekerja, yaitu : ketrampilan, usaha, kondisi kerja dan konsistensi masalah tidak timbul, tetapi variabilitasnya tinggi maka hal tersebut harus diperhatikan.

Tabel 2.2. Penyesuaian Menurut *Westinghouse*

Faktor	Kelas	Lambang	Penyesuaian
Keterampilan	Superskill	A ₁	+ 0.15
		A ₂	+ 0.13
	Excellent	B ₁	+ 0.11
		B ₂	+ 0.08
	Good	C ₁	+ 0.06
		C ₂	+ 0.03
Average	D	0.00	
Fair	E ₁	- 0.05	
	E ₂	- 0.10	
Poor	F ₁	- 0.16	
	F ₂	- 0.22	
Usaha	Excessive	A ₁	+ 0.13
		A ₂	+ 0.12

	Excellent	B ₁ B ₂	+ 0.10 + 0.08
	Good	C ₁ C ₂	+ 0.05 + 0.02
	Average	D	0.00
	Fair	E ₁ E ₂	- 0.04 - 0.08
	Poor	F ₁ F ₂	- 0.12 - 0.17
Kondisi kerja	Ideal	A	+ 0.06
	Excellent	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

Sumber data : Satalaksana 1979

2.5.3 Kelonggaran (*allowance*)

Waktu normal untuk suatu elemen operasi kerja adalah semata-mata menunjukkan bahwa seorang operator yang berkualifikasi baik akan bekerja menyelesaikan pekerjaan pada kecepatan atau tempo kerja yang normal. Walaupun demikian pada prakteknya kita akan melihat bahwa tidaklah bisa diharapkan operator tersebut akan mampu bekerja secara terus menerus sepanjang hari tanpa interupsi sama sekali.

Disini kenyataannya operator akan sering menghentikan pekerjaannya dan membutuhkan waktu-waktu khusus untuk keperluan *personal needs*, istirahat melepas lelah dan alasan-alasan lain yang di luar kontrolnya. Waktu longgar yang dibutuhkan dan akan menginterupsi proses produksi ini bisa diklasifikasikan menjadi *personal allowance*, *fatigue allowance* dan *delay allowance*.

1. Kelonggaran untuk kebutuhan pribadi (*personal allowance*)

Pada dasarnya setiap pekerja haruslah diberikan kelonggaran waktu untuk keperluan yang bersifat pribadi, seperti minum, ke kamar kecil, bercakap-cakap dengan teman sekerjanya untuk menghilangkan ketegangan

atau kejemuan dalam bekerja. Besarnya kelonggaran yang diberikan untuk kebutuhan pribadi berbeda-beda dari satu pekerjaan ke pekerjaan yang lain, karena setiap pekerjaan mempunyai karakteristik sendiri-sendiri.

Untuk pekerjaan yang relatif ringan dimana operator bekerja 8 jam perhari tanpa istirahat yang resmi, maka sekitar 2% sampai 5% (atau 10 sampai 24 menit) setiap hari akan dipergunakan untuk kebutuhan-kebutuhan yang bersifat personil.

2. Kelonggaran untuk menghilangkan rasa lelah (*fatigue allowance*)

Kelelahan fisik manusia bisa disebabkan oleh beberapa penyebab diantaranya adalah kerja yang membutuhkan pikiran banyak dan kerja fisik. Masalah yang dihadapi untuk menetapkan jumlah waktu yang diijinkan untuk istirahat melepas lelah ini sangat sulit dan kompleks sekali. Lama waktu periode istirahat dan frekuwensi perbedaannya tergantung pada jenis pekerjaan yang ada. Barangkali umum dilakukan adalah memberikan satu kali periode istirahat pada pagi hari dan sekali lagi pada saat siang menjelang sore hari.

Lama waktu periode yang diberikan adalah berkisar antara 5 sampai 15 menit. Pekerjaan-pekerjaan yang relatif ringan mungkin tidak memerlukan periode waktu istirahat. Merupakan tambahan pada waktu dasar dengan maksud memberikan kesempatan pada pekerja untuk memulihkan keletihan fisik dan psikologis dalam malakukan pekerjaan tertentu. Karena rasa *fatigue* ini tercermin dari menurunnya hasil produksi baik jumlah maupun kualitas. Untuk itu perlu diberikan kelonggaran ini.

3. Kelonggaran untuk hambatan-hambatan tak terhindarkan (*delay allowance*)

Keterlambatan atau *delay* bisa disebabkan oleh faktor-faktor yang sulit untuk dihindarkan (*unvoidable delay*), tetapi bisa juga disebabkan oleh beberapa faktor yang sebenarnya masih bisa untuk dihindari. Untuk *unvoidable delay* dapat disebabkan oleh mesin, operator ataupun hal-hal lain yang diluar kontrol. Keterlambatan yang terlalu besar atau lama tidak akan dipertimbangkan sebagai dasar untuk menetapkan waktu baku.

Dalam melakukan pekerjaannya, pekerja tidak akan terlepas dari hambatan. Ada hambatan yang dapat dihindarkan dan ada pula hambatan yang tidak dapat dihindarkan. Beberapa contoh hambatan yang tak terhindarkan adalah :

- Menerima atau meminta petunjuk pada pengawas.
- Melakukan penyesuaian-penyesuaian mesin
- Memperbaiki kemacetan-kemacetan singkat seperti mengganti alat potong yang patah, memasang kembali ban yang lepas.
- Mengasah peralatan potong.
- Mengambil alat-alat khusus atau bahan-bahan khusus dari gudang.

Sedangkan keterlambatan yang terhindarkan adalah mengobrol yang berlebihan dan menganggur dengan sengaja. Apabila dari ketiga jenis kelonggaran waktu tersebut diaplikasikan secara bersama-sama untuk seluruh elemen kerja, hal ini dapat menyederhanakan perhitungan yang harus dilakukan (Wigjosoebroto,1995).

2.5.4 Uji kecukupan dan Keseragaman Data

1. Tes Kecukupan Data

Uji kecukupan data adalah pencerminan tingkat kepastian yang diinginkan oleh pengukur setelah memutuskan tidak akan melakukan pengukuran yang sangat banyak.. Tingkat ketelitian menunjukkan penyimpangan maksimum hasil pengukuran dari waktu penyelesaian sebenarnya. Hal ini biasanya dinyatakan dalam persen (dari waktu penyelesaian sebenarnya, yang seharusnya dicari). Sedangkan tingkat keyakinan menunjukkan besarnya keyakinan pengukur bahwa hasil yang diperoleh memenuhi syarat ketelitian tadi. Inipun dinyatakan dalam persen. Jadi tingkat ketelitian 10% dan tingkat keyakinan 95% memberi arti bahwa pengukur membolehkan rata-rata hasil pengukurannya menyimpang sejauh 10% dari rata – rata sebenarnya, dan kemungkinan berhasil mendapatkan nilai ini adalah 95%. Dengan kata lain jika pengukur sampai memperoleh rata – rata pengukuran yang menyimpang lebih dari 10% seharusnya, hal ini

dibolehkan terjadi hanya dengan kemungkinan 5 % (100% - 95%). Adapun rumus uji kecukupan data adalah sebagai berikut:

$$N' = \left[\frac{k/s \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2$$

Dengan :

s = derajat ketelitian

N = jumlah data pengamatan

N' = jumlah data yang seharusnya dilakukan

k = tingkat keyakinan

dimana :

k = 1 untuk tingkat keyakinan 68%

k = 2 untuk tingkat keyakinan 95%

k = 3 untuk tingkat keyakinan 99%

Bila N' kurang dari atau sama dengan N, maka data telah cukup.

Sebaliknya jika N' lebih besar dari N, maka data dikatakan kurang dan harus dilakukan penambahan data lagi.

2. Keceragaman Data

$$BKA = \bar{X} + 2\sigma$$

$$BKB = \bar{X} - 2\sigma$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_1 - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

dengan :

- BKA = Batas Kontrol Atas
 BKB = Batas Kontrol Bawah
 X_i = Waktu pengamatan ke I
 σ = Standar deviasi

Bila semua data berada dalam batas kontrol maka dikatakan data telah seragam, jika ada data yang berada diluar batas kontrol, dikatakan data tersebut mengandung nilai eksterm dan tidak perlu diikutsertakan untuk perhitungan.

2.5.5 Perhitungan Waktu Baku dengan Jam Henti

Setelah pengukuran-pengukuran yang dilakukan telah selesai, yaitu semua data yang didapat memiliki keseragaman yang dikehendaki, jumlahnya telah memenuhi tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan yang diinginkan, maka selesailah kegiatan pengukuran waktu. Langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut sehingga memberikan waktu baku. Cara untuk mendapatkan waktu baku dari data yang telah dikumpulkan ini adalah sebagai berikut :

1 . Menghitung waktu siklus rata-rata

Waktu siklus adalah waktu penyelesaian satu satuan produk sejak bahan baku mulai diperoleh di tempat kerja yang bersangkutan.

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

Dimana :

- W_s = waktu siklus rata-rata
 X_i = data yang diperlukan selama pengamatan.
 n = banyaknya pengamatan

2 . Menghitung waktu normal

Waktu normal adalah waktu yang dibutuhkan operator terlatih untuk melakukan pekerjaan dalam kondisi kerja yan biasa dan bekerja dalam kecepatan normal.

$$W_n = W_s \times \frac{\text{Rating operator } 100\%}{100\%}$$

Dimana :

W_n = waktu normal

W_s = waktu siklus

3. Menghitung waktu baku

Waktu baku adalah waktu kerja dengan mempertimbangkan faktor penyesuaian dan faktor kelonggaran (*allowance*).

$$W_b = W_n \times \frac{100\%}{100\% - Allowance}$$

Dimana :

W_b = waktu baku

W_n = waktu normal

Allowance = kelonggaran untuk operator