

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 *LEAN MANUFACTURING*

2.1.1 *Pengertian Lean Manufacturing*

Lean Manufacturing adalah sebuah konsep dimana semua orang produksi bekerja sama menghilangkan *waste*. Ahli teknik industri, teknologi industri dan kelompok lain dalam manajemen telah mencoba hal ini sejak awal Revolusi Industri, namun sekarang sejak kita memiliki tenaga kerja produksi yang terdidik baik dan termotivasi, manajemen menemukan keuntungan mencari bantuan tenaga kerja produksi dalam menghilangkan *waste*¹. Orang Jepang memiliki kata untuk *waste*, *muda*, yang merupakan pusat perhatian seluruh dunia. Siapa yang lebih tahu daripada pegawai produksi yang menghabiskan waktu 8 jam sehari dalam satu pekerjaan untuk dapat mengurangi *waste*? Tujuannya adalah mendapatkan sumber daya ini dengan memberi karyawan produksi peralatan terbaik yang ada, dan teknik dalam kursus studi gerak dan waktu adalah peralatan yang mereka perlu untuk pekerjaan baru mereka.

¹ Ronald G. Askin (et al), *Design and Analysis of Lean Production System*, First Edition (Cet. I; New York: Von Hoffman, 2002), h.352.

Studi gerak dan waktu membantu karyawan untuk memahami sifat biaya nyata dari suatu kerja, dan membantu mereka mendukung manajemen dalam mengurangi biaya tidak perlu dalam menyeimbangkan sel kerja untuk membuat alur kerja lebih lancar (*smoothing*). Sebagai tambahan, standar waktu membantu *manager* membuat keputusan manajemen penting dengan cerdas. Sebagai contoh, manajemen pabrik manufaktur memerlukan standar waktu, bahkan sebelum produksi dimulai, yaitu :

1. Menentukan berapa banyak orang diperkerjakan;
2. Menentukan berapa banyak mesin untuk dibeli;
3. Menentukan berapa cepat untuk memindahkan *conveyor*;
4. Menentukan bagaimana pembagian tenaga kerja yang ditempatkan diberbagai lini produksi;
5. Menentukan berapa biaya suatu produk.

Setelah produksi dimulai, manajemen pabrik manufaktur juga memperhitungkan faktor-faktor sebagai berikut, yaitu :

1. Menentukan berapa banyak pengurangan biaya yang akan kembali;
2. Siapa yang bekerja paling keras;
3. Siapa yang harus menerima lebih banyak uang.

Studi gerak dan waktu dapat mengurangi dan mengendalikan biaya, meningkatkan kondisi dan lingkungan kerja, dan dalam memotivasi orang².

² Fred E. Meyers (et al), *Motion and Time Study for Lean Manufacturing*, Third Edition (Cet. III; New Jersey: Prentice Hall, 2002), h. 8.

Istilah *lean Manufacturing* ditemukan James Womack untuk membedakan praktek yang diamatinya di Jepang dari praktek produksi massal. Berpusat menghilangkan semua bentuk *waste* dalam semua proses. Lingkungan *lean production* memiliki beberapa sasaran yang langsung berlawanan pada produksi massal ortodoks, pada konsep dari struktur organisasi lini dan *staff* yang mendukung sistem pemesanan kuantitas besar dan tentu saja pada sifat filosofi kepemimpinan dan manajemen.

2.1.2 Konsep *Lean Manufacturing*

Konsep *Lean Manufacturing* memerlukan pengambilan pendekatan manajemen yang agresif untuk mencari cara dalam meningkatkan kinerja. *Lean* adalah bahasa Inggris yang berarti kurus atau tidak berlemak, sedangkan *manufacturing* berarti produksi. *Lean Manufacturing* atau juga disebut *Lean Production*, atau "*lean*" saja, adalah sebuah filosofi manajemen modern yang diilhami oleh konsep "*kaizen*" yang bertujuan menghilangkan *waste* di dalam sistem produksi, dengan kata lain *Lean manufacturing* melibatkan seluruh tenaga kerja dengan menggunakan konsep *methods standard and work design* berupa studi metode dan waktu, kendali kualitas dan proses atau bagian lain yang berasal dari fungsi manajemen terpisah dalam sistem produksi massal³.

³ Ronald G. Askin (et al), *op. cit.*, h. 354.

Lean environment memerlukan serangan agresif terhadap *waste muda* dalam bahasa jepang. Ada banyak *muda* dimana saja⁴:

1. bahan yang menunggu untuk diproses;
2. pegawai yang menunggu peralatan;
3. bahan mentah yang tidak diinspeksi dan mungkin saja rusak;
4. warna cat yang salah untuk unit tertentu;
5. bahkan formulir yang membutuhkan kerja tata usaha berlebihan adalah *muda*.

Lean thinking adalah pendekatan penawar yang diangkat Womack dan pendukung sistem *lean manufacturing*, termasuk :

1. Menentukan nilai sebagai langkah tindakan;
2. Merangkai tindakan *value created*;
3. Rangkaian tahan gangguan;
4. Rangkaian permintaan daripada rangkaian suplai;
5. Kinerja lebih efektif melalui pembelajaran.

Dengan kata lain, *lean manufacturing* adalah upaya membuang "lemak" dan *waste* atau sisa proses di tempat kerja yang tidak memberi nilai (*value*) pada produk (*more value with less work*). Contoh sederhana *lean* adalah peralatan yang rusak, produksi dan *inventory* yang berlebih, pekerjaan yang tidak lancar (*lead time*), kelebihan *staff*, proses yang sebenarnya bisa dihilangkan, ruangan yang terlalu luas, jalur pengiriman yang terlalu panjang,

⁴ Fred E. Meyers (et al), *loc. cit.*

target mutu yang tidak tercapai.⁵ Implementasi yang baik pada *lean manufacturing* tahapannya sebagai berikut :

1. Menyadari adanya *waste* dan identifikasi bentuk maupun jenis *waste*.
2. Menentukan *root-cause* timbulnya *waste*.
3. Menetapkan solusi secara menyeluruh, tidak hanya pada area tertentu untuk mengatasi akar penyebab timbulnya *waste*.
4. Implementasi solusi.

Perbandingan antara produksi massal dan produksi *Lean* dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.1 Perbandingan antara Produksi Massal dan Produksi *Lean*

| No | Produksi Massal | Produksi <i>Lean</i> |
|----|--|--|
| 1 | Mempunyai persediaan penyangga | Meminimumkan <i>waste</i> |
| 2 | <i>Just in Case deliveries</i> | Meminimumkan persediaan <i>just in time deliveries</i> |
| 3 | <i>Acceptable Quality Level (AQL)</i> | <i>Perfect First Time Quality</i> |
| 4 | Penganut paham <i>Taylor</i> | <i>Worker Team</i> |
| 5 | Memaksimalkan efisiensi | Sistem produksi fleksibel |
| 6 | <i>If it ain't broke, don't fix it</i> | <i>Continuous improvement</i> |

⁵ *Ibid.*

2.1.3 Faktor Sukses Penggunaan Konsep *Lean*

Empat faktor sukses utama perusahaan yang menjadi *lean*⁶ :

1. Mempersiapkan dan memotivasi orang;
 - a. Pengukuran dan umpan balik adalah motivator yang kuat untuk perubahan.
 - b. Krisis dan memotivasi, tetapi lebih baik bertindak daripada terjadi krisis.
 - c. Pelatihan terpusat mungkin diperlukan dalam tempat kerja yang kurang bersahabat.
 - d. Belajar sambil melakukan adalah pendekatan praktis. Keberhasilan membawa sukses lebih besar.
2. Peran dalam proses perubahan;
 - a. *Lean* membutuhkan *engineering* kreatif. Tidak cukup memotivasi pemula untuk belajar dengan konsep dan berharap mereka berjuang. Sumber daya kompeten harus disediakan.
 - b. Karyawan jam harus mempengaruhi *shop floor*. Ahli dari luar mungkin punya pendapat mengenai apa yang diperlukan dan ide mereka mungkin saja yang terbaik bagi proses dan karyawan.
 - c. Pelatih dari luar dalam praktek *lean* diperlukan. Umumnya pabrik tidak memiliki pengalaman dalam pelatihan, perubahan dan visi *lean*.

⁶ D. Jorge Leon, *Toyota Production System and Lean Manufacturing*, First Edition (Cet. I; Texas: Texas A&M University, 2005), h. 20.

Orang lain, tergantung tempat kerja, harus menyediakan bantuan hari ke hari.

d. Kepemimpinan. Tingkat komitmen, pemahaman dan partisipasi tinggi diperlukan dalam fasilitas produksi *lean* yang berhasil.

3. Metodologi untuk perubahan;

- a. *Flow* : *flow* adalah parameter terpenting dalam sistem. Hampir semua peningkatan langsung direfleksikan dalam aliran melalui pabrik, yang kemudian secara tak langsung mempengaruhi biaya pabrik.
- b. Visi sistem : Visi sistem merupakan pandangan dari organisasi *lean* harus mulai dengan pemasok dan berlanjut melalui penggunaan *customer* yang berhasil. Melalui implementasi kecil, tiap perubahan harus berkontribusi pada keseluruhan keperluan *customer*.
- c. Lini model : Lini model sering dimungkinkan untuk memasang satu operasi dan mendapat sukses cepat. Pencapaian mengganjar pekerja dan menyediakan insentif untuk mengembangkan implementasi.
- d. *Blitz kaizens* : *Blitz kaizens* walau berpusat pada pencapaian individu lebih dari perubahan sistem level, alat ini berguna pada permulaan untuk memberi resolusi krisis dan memberi hadiah untuk ide kreatif dan implementasi cepat.

4. Lingkungan untuk perubahan;

- a. Kepercayaan : kepercayaan didapat dari tindakan bukan kata-kata. Masalah kepercayaan biasanya muncul banyak tahun sebelum pengenalan produksi *lean*, dan kepercayaan akan didapat kembali hanya melalui perlakuan adil pada karyawan.
- b. Prinsip pembimbing : pedoman tertulis diperlukan untuk tempat dimana pekerjaan diselesaikan sesuai buku aturan. Mereka berguna untuk melakukan dukungan organisasi untuk karyawan yang berpartisipasi dan bisa diperlukan saat kepercayaan rendah.
- c. Kemajuan kerja : Kemajuan kerja merupakan satu komitmen, formal dan informal, diberikan perusahaan supaya karyawan tidak kehilangan pekerjaan karena sistem produksi *lean*.

2.1.4 Tujuan Penggunaan Lean Manufacturing

Tujuan *lean manufacturing* adalah :

1. Mendapatkan keuntungan melalui *cost reduction* atau perbaikan terhadap produktifitas. Hal ini dilakukan dengan menghilangkan *waste*.
2. Membangun sistem pengendalian *visual*.
3. *Respect for Humanity*.

2.1.5 Istilah dalam *Lean*

Genchi Genbutsu bila diterjemahkan secara harafiah maka *genchi* berarti lokasi sebenarnya, *genbutsu* adalah material atau produk sesungguhnya, dan pengertiannya dalam konteks *lean* adalah pergi ke tempat untuk melihat situasi yang sebenarnya agar paham, atau yang lebih dikenal dengan *Gemba*.

Muda (tidak menambah nilai), aktivitas yang tidak berguna yang memperpanjang *lead time*, menimbulkan gerakan tambahan untuk memperoleh komponen atau peralatan, menciptakan berbagai jenis waktu tunggu.

Muri (memberi beban berlebih), memanfaatkan mesin atau manusia melebihi kemampuan atau kapasitasnya, membebani orang secara berlebih menimbulkan masalah dalam keselamatan kerja dan kualitas, memberi beban berlebih pada peralatan akan menyebabkan kerusakan dari produk cacat.

Mura (ketidakseimbangan), diakibatkan oleh jadwal yang tidak teratur atau *volume* yang berfluktuasi karena masalah internal seperti kerusakan mesin, kekurangan komponen atau barang cacat.

7 tipe dari *waste* adalah⁷ :

⁷ *Ibid.*, h. 354.

1. *Waste from overproduction*

Waste from overproduction adalah membuat suatu *item* yang belum tentu dibutuhkan. *Overproduction* memakan biaya tinggi pada pabrik karena menghambat pergerakan material dan menurunkan kualitas serta produktivitas. *Overproduction* seringkali disebut sebagai "*just in case*". Ini menyebabkan *lead time* yang berlebihan, mengakibatkan biaya penyimpanan yang tinggi dan menyulitkan pendeteksian *defect item*.

2. *Waste from waiting time*

Waste from waiting time terjadi ketika ada barang yang sedang tidak bergerak atau diproses. Umumnya, lebih dari 99% usia produk di *batch* dan *queue* manufaktur tradisional akan habis menunggu untuk diproses. Banyak sekali *lead time* produk yang habis ketika menunggu untuk operasi selanjutnya, hal ini biasanya dikarenakan :

- a. *Flow material* yang buruk;
- b. Produksi yang terlalu banyak;
- c. Jarak antara *work center* terlalu besar.

3. *Transportation waste*

Transportation waste adalah transportasi produk antara proses menimbulkan biaya namun tidak menambahkan *add value* terhadap produk. Pergerakan yang berlebihan dapat menimbulkan kerusakan dan dapat mempengaruhi kualitas produk.

4. *Processing waste*

Processing waste yaitu menggunakan peralatan yang canggih padahal yang sederhana pun sudah cukup. Hal ini mengakibatkan *layout* pabrik yang buruk.

5. *Inventory waste*

Inventory waste merupakan *work in progress* (WIP) akibat langsung dari *overproduction* dan *waiting waste*. Akses *inventory* cenderung dimanfaatkan untuk menyembunyikan masalah yang ada di dalam pabrik yang seharusnya diidentifikasi dan diselesaikan. Akses *inventory* meningkatkan *lead time*, mengkonsumsi tempat, memperlambat identifikasi masalah dan mengurangi komunikasi.

6. *Waste of motion*

Waste of motion ini terkait dengan ergonomis dan dapat dilihat dalam kegiatan seperti berjalan, membungkuk, mengangkat, dan menggapai. Gerakan-gerakan yang berlebihan juga merupakan bentuk dari *waste*.

7. *Waste from product defective*

Waste from product defective adalah cacat dalam hal kualitas menghasilkan *rework* dan *scrap* yang merupakan biaya yang luar biasa untuk perusahaan. Biaya yang terkait dengannya antara lain adalah *inventory*, *re-inspecting*, *rescheduling*, dan *capacity loss*. Pada banyak organisasi, total biaya dari *defect* ini merupakan *percentage* yang signifikan dari total biaya manufaktur.

Tujuan *waste* inilah yang berusaha dihilangkan untuk mendapatkan *lean manufacturing* dalam operasinya. Pengeliminasian *waste* ini dapat menghasilkan suatu efisiensi dan produktivitas yang luar biasa.

Sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan keuntungan secara signifikan.

Melalui aplikasi *lean manufacturing* ini, perusahaan dapat merengkuh posisi pertama sebagai produsen *manufacturing* terbesar di dunia.

2.2 PENERAPAN TEKNIK-TEKNIK LEAN MANUFACTURING

2.2.1 *Takt Time*

Hubungan antara perencanaan produksi dengan perencanaan penjualan. Rencana produksi harus disesuaikan dengan pesanan *customer*. Oleh karena itu, dalam hal menentukan *takt time* pun harus dihitung berdasarkan jumlah yang diperlukan dan waktu kerja murni.

$$Takttime = \frac{Waktu_kerja(Schedule_time)}{jumlah_produksi/shift}$$

2.2.2 *Continous Improvement*

Continous improvement artinya secara konstan mencari dan mengimplementasikan cara untuk mengurangi biaya, meningkatkan kualitas, dan meningkatkan produktivitas.

Dalam produksi massal, ada kecenderungan jika sudah men *set-up* operasi dan sudah bekerja, operasi akan dibiarkan sendiri. Hidupnya produksi massal mempunyai motto : *if it ain't broke, don't fix it* (jika tidak rusak jangan mengurusnya). Berbeda dengan produksi *lean*, yang mendukung kebijakan *continuous improvement*.⁸

2.2.3 *Just in Time*

2.2.3.1 Pengertian *Just in Time*

Just in time adalah memproduksi dan mengirim barang yang diperlukan, pada saat yang diperlukan dan sejumlah yang diperlukan, untuk meningkatkan efisiensi pekerjaan dan menghilangkan berbagai pekerjaan *muda* ditempat kerja. Merupakan salah satu pilar dari *Toyota Production System* yang sangat penting melakukan produksi secara efisien tanpa *muda* dan hanya membuat barang yang sesuai pesanan *customer* saja⁹.

Just in time pada awalnya merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengontrol produksi dan mengurangi persediaan. JIT kemudian berkembang mencakup teknik-teknik *setup*, perawatan, partisipasi pekerja, hubungan-hubungan *supplier*, dan sebagainya. Ketika JIT dikenalkan pada seluruh dunia pada tahun 1970-an, JIT adalah teknik manufaktur yang

⁸ Taichi Ohno, *The Toyota Production System*, First Edition (Cet. I; Productivity Press : Portland, 1988), h.30

⁹ *Ibid.*, h 12.

berpusat disekitar metode *kanban* dan sistem produksi tarik. JIT kemudian berkembang menjadi sebuah filosofi manajemen yang terfokus pada *waste reduction* dan *continous improvement*. Organisasi-organisasi yang menggunakan JIT terlihat mengalami perkembangan yang sama. Mereka mulai menggunakan metode-metode JIT untuk memperbaiki pengendalian *shop floor*, lalu mereka menggunakan prinsip-prinsip yang lebih luas dari filosofi JIT untuk seluruh manajemen organisasi. Pengertian JIT secara luas adalah suatu sistem sederhana untuk penjadwalan produksi yang menyebabkan tingkat *work in process* (WIP) dan persediaan rendah.

2.2.3.2 Prinsip *Just in Time*

Di dalam organisasi JIT, sumber pemborosan diidentifikasi dan dieliminasi melalui beberapa prinsip JIT. Prinsip-prinsip ini akan menuntun perusahaan dalam *product and process improvement* untuk meningkatkan daya saing. Prinsip-prinsip JIT antara lain :¹⁰

1. *Pull System*

Production planning memberi petunjuk hanya kepada proses terakhir, artinya hanya boleh memproduksi sejumlah yang telah digunakan oleh proses berikut, proses berikut mengambil dari proses sebelum, dan proses sebelum hanya boleh membuah sejumlah yang telah diambil,

¹⁰ Yasuhiro Monden, *Sistem Produksi Toyota*, Edisi Pertama (Cet. I; Jakarta:Pustaka Binaman Pressindo, 1993), h. 7.

sehingga dengan pengambilan oleh proses berikut pelaksanaan *just in time* dapat terjamin.

Selain itu, dengan melakukan pengambilan oleh proses berikut, berarti barang tidak stagnan, dan masalah dapat dibuat menjadi jelas dengan menggunakan *kanban*.

2. *Continuous Flow Process*

Untuk dapat memproduksi barang yang diperlukan, pada saat diperlukan, dan sejumlah yang diperlukan, maka produk tidak diproduksi dalam *lot* tetapi *stock* ditiadakan sehingga diperlukan produksi dengan cara *continuous flow process*.

Bila barang dibuat dengan cara *Continuous Flow Process* maka *lead time* produksi menjadi lebih singkat, *muda* menjadi lebih sedikit.

2.3 **LINE BALANCING**

2.3.1 **Definisi *Line Balancing***

Line Balancing adalah suatu keadaan proses produksi yang saling bergantung dan mempunyai waktu penyelesaian pada setiap stasiun kerja sama atau kira-kira sama, sehingga diharapkan penyelesaian proses produksi dari stasiun kerja ke stasiun kerja lainnya berjalan dengan lancar dan dengan kecepatan yang tetap atau seimbang. Keseimbangan lini produksi bermula dari lini produksi massal, dimana dalam proses produksinya

harus dibagikan kepada seluruh operator sehingga beban kerja operator merata. Jadi dalam *line balancing* mempelajari bagaimana kita merancang suatu lintasan produksi agar tercapai keseimbangan beban yang dialokasikan pada setiap stasiun kerja dalam menghasilkan produk¹¹.

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

Masalah dalam menentukan sejumlah tenaga kerja yang *ideal* untuk ditempatkan di setiap lini produksi sejalan dengan sejumlah *workstation* yang ada. Oleh karena itu diperlukan *line balancing situation*, sekalipun begitu perlu dilakukan dengan beberapa tenaga kerja langsung untuk melakukan proses produksi dengan waktu tenaga kerja langsung yang paling lambat (*slowest operator*). Sejumlah tenaga kerja langsung diperlukan untuk di setiap *workstation* adalah sebagai berikut¹² :

¹¹ Benjamin Niebel (et al), *Methods Standards and Work Design*, Eleventh Edition (Cet. XI; New York: McGraw-Hill, 2003), h.56.

¹² *Ibid.*, h. 57.

$$N = R \times \sum A.M$$

$$N = R \times \frac{\sum S.M}{E}$$

Dimana :

N = Sejumlah tenaga kerja langsung yang diperlukan disetiap lini.

R = Waktu *takt time*.

E = Efisiensi.

$S.M$ = *Standard Time*.

$A.M$ = *Standard Time with Slowest Operator*.

2.3.2 Bagian-bagian *Line Balancing*

Penyeimbangan lintas perakitan berhubungan erat dengan produksi massal. Sejumlah pekerjaan perakitan terdiri atas bagian-bagian lintas perakitan yaitu¹³ :

¹³ Hendra Kusuma, *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Edisi Pertama (Cet. I; Yogyakarta: Andi, 2001), h. 95.

1. *Work Elemen*

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

2. *Workstations (WS)*

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

3. *Cycle Time (CT)*

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

Cycle time dinyatakan dalam :

$$CT = \frac{\text{Waktu Pr oduksiPerHari}}{\text{OutputPerHari}}$$

4. *Station Time*

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

5. Waktu Mengganggu

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

6. *Precedence Constrains*

Precedence constrains merupakan suatu aturan dimana suatu elemen kerja dapat dikerjakan apabila satu atau beberapa elemen kerja telah dikerjakan terlebih dahulu.

7. *Precedence Diagrams*

Precedence diagrams merupakan suatu aturan kerja pada *precedence constrains* yang dituangkan dalam bentuk gambar.

8. Efisiensi Lini (*Line Efficiency*)

Efisiensi lini adalah perbandingan dari total waktu per stasiun kerja terhadap keterkaitan waktu siklus dengan jumlah stasiun kerja, yang dinyatakan dalam *percentage*.

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

Dimana :

ST_k = Total Waktu Baku di Stasiun Kerja ke- k;

W_{maks} = Waktu Baku Terbesar di Stasiun Kerja;

CT_R = ST_k terbesar

9. *Balance Delay*

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

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

Dimana :

BD = *Balance Delay*;

ST_k = Total *Standard Time* di Stasiun Kerja ke- k;

W_{maks} = *Standard Time* Terbesar di Stasiun Kerja.

10. *Smoothness Index*

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

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

Dimana :

ST_k = Total *Standard Time* di Stasiun Kerja ke- k;

CT_R = ST_k terbesar.

2.3.3 Metode *Production Line Balancing*

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

kemudian diikuti oleh elemen kerja yang lain yang memiliki waktu elemen yang lebih rendah.

Berikut ini adalah tahapan-tahapan yang perlu dilakukan dalam menyelesaikan keseimbangan lini dengan metode ini¹⁵ :

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

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

3. Urutkan elemen operasi berdasarkan bobot posisi yang telah didapatkan pada langkah kedua. Pengurutannya dimulai dari elemen operasi yang memiliki bobot posisi yang terbesar.
4. Lanjutkan dengan penempatan elemen pekerjaan yang memiliki bobot posisi terbesar sampai terkecil ke setiap stasiun kerja.
5. Jika pada setiap stasiun kerja terdapat waktu yang berlebihan (dalam hal ini waktu tiap stasiun kerja melebihi waktu maksimumnya), maka

¹⁵ *Ibid.*, h. 154.

ganti elemen kerja yang dalam stasiun kerja tersebut ke stasiun kerja berikutnya selama tidak menyalahi diagram *precedence*.

6. Ulangi lagi langkah ke-4 dan ke-5 diatas sampai seluruh elemen pekerjaan telah ditempatkan ke dalam stasiun kerja.

2.4 KAPASITAS PRODUKSI

2.4.1 Pengertian Kapasitas Produksi

Kapasitas adalah tingkat keluaran maksimum dari suatu operasi. Manajer operasi bertanggung jawab untuk memberikan kapasitas yang cukup guna memenuhi kebutuhan perusahaan.

Kapasitas didefinisikan sebagai kemampuan produktif dari suatu fasilitas yang biasanya dinyatakan sebagai *volume* keluaran (*output*) per periode waktu atau merupakan laju produktif maksimum atau kemampuan konversi dari suatu operasi organisasi¹⁶. Definisi lain menyebutkan bahwa kapasitas adalah kemampuan pembatas dari unit produksi untuk memproduksi dalam waktu tertentu, dan biasanya dinyatakan bentuk keluaran persatuan waktu atau kapasitas dapat dikatakan merupakan laju keluaran maksimum dari suatu operasi.

Keputusan mengenai kapasitas dimaksud untuk menghasilkan jumlah produksi yang tepat, ditempat yang tepat dan dalam waktu yang tepat pula.

¹⁶ T.H Handoko, *Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi*, First Edition (Cet. I; Yogyakarta: BPFE, 1999), h. 299.

Keputusan kapasitas harus diambil berdasarkan perkiraan permintaan dan perencanaan yang matang, agar ketersediaan kapasitas jangka panjang ditentukan dari ukuran fisik yang dipakai. Sedangkan untuk jangka pendek kapasitas dapat diperbanyak melalui *subcontrac*, tambahan giliran kerja (lembur) atau menyewa tempat. Perencanaan kapasitas tidak hanya menyangkut besarnya fasilitas, tetapi juga menyangkut berapa orang yang dibutuhkan dalam pengoperasiannya. Dengan kata lain, menyesuaikan antara pemenuhan permintaan pasar dan keinginan untuk menjaga kestabilan tenaga kerja. Secara garis besar kapasitas yang ada harus dialokasikan dengan gugus-gugus tugas melalui penjadwalan tenaga kerja dan peralatan fasilitas. Kapasitas produksi dapat dianalisis dan diperkirakan produksi per hari, yaitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut :¹⁷

$$Production\ per\ day = \frac{N \times Working_min/day}{Standard_time(min/unit)}$$

¹⁷ Benjamin Niebel (et al), *op.cit.*, h. 61.

2.4.2 Penetapan Kapasitas Yang Dibutuhkan

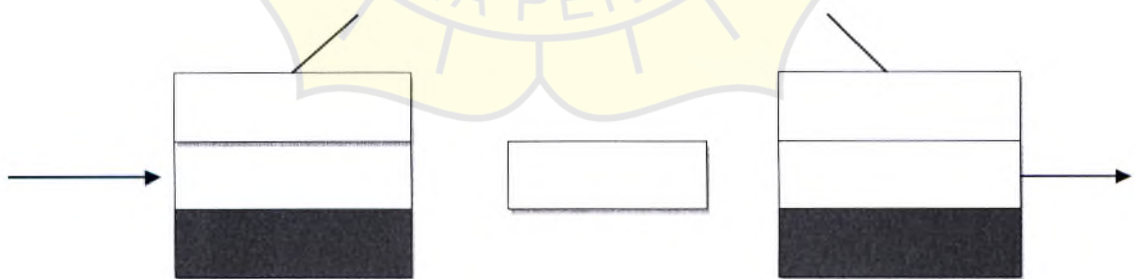
Penetapan suatu kapasitas yang dibutuhkan dalam suatu perusahaan dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut¹⁸ :

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



Gambar 2.1 Proses Produksi Satu Tahap (*One Stage*)

Sumber : Sritomo Wignjosoebroto 1995. *Ergonomi Studi Gerakan dan Waktu*.



Gambar 2.2 Proses Produksi Bertingkat (*Multiple Stage*)

Sumber : Sritomo Wignjosoebroto 1995. *Ergonomi Studi Gerakan dan Waktu*.

¹⁸ Sritomo Wignjosoebroto, *Ergonomi Studi Gerakan dan Waktu*, First Edition (Cet. I; Yogyakarta: Guna Widya, 1995), h. 322.

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

2.5 WORK MEASUREMENT

Work measurement yang dimaksud di sini adalah pengukuran waktu kerja (*time study*) suatu aktivitas untuk menentukan waktu yang dibutuhkan oleh seorang operator (yang memiliki *skill* rata-rata dan terlatih baik) dalam melaksanakan sebuah kegiatan kerja dalam kondisi dan tempo normal.¹⁹

Tujuan dari sistem *work measurement* adalah untuk menentukan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk melakukan sebuah pekerjaan oleh operator terlatih untuk melakukan suatu pekerjaan jika ia harus melakukannya selama 8 jam dalam sehari, pada kondisi kerja yang biasa, dan bekerja dalam kecepatan normal waktu ini disebut dengan waktu standar.

Penelitian kerja dan analisis metode kerja pada dasarnya akan memusatkan perhatian pada bagaimana suatu macam pekerjaan akan diselesaikan. Dengan menerapkan prinsip dan teknik pengaturan tata cara kerja yang optimal dalam sistem kerja tersebut, maka akan diperoleh alternatif pelaksanaan kerja yang dapat memberikan hasil yang terbaik.

¹⁹ *Ibid.*, hal. 130.

Suatu pekerjaan yang diselesaikan secara efisien apabila waktu penyelesaiannya berlangsung paling singkat. Untuk menghitung *standard time* penyelesaian pekerjaan guna memilih alternatif metode kerja yang terbaik, maka perlu menerapkan prinsip-prinsip dan teknik-teknik *work measurement* atau *time study*.

Work measurement ini akan berhubungan dengan usaha-usaha untuk menetapkan *standard time* yang dibutuhkan dalam penyelesaian suatu pekerjaan. Secara singkat *work measurement* adalah metode penetapan keseimbangan antara aktivitas manusia yang disumbangkan dengan unit yang dihasilkan.

Standard time ini sangat diperlukan terutama untuk²⁰ :

- *Man power planning* (perencanaan kebutuhan tenaga kerja).
- Estimasi biaya-biaya upah karyawan/pekerja.
- Penjadwalan produksi dan pembuatan anggaran.
- Perencanaan sistem pemberian bonus dan insentif bagi karyawan/pekerja yang berprestasi.
- Indikasi keluaran (*output*) yang mampu dihasilkan seorang pekerja.

Standard time ini merupakan waktu yang dibutuhkan seorang pekerja yang memiliki tingkat kemampuan rata-rata untuk menyelesaikan suatu pekerjaan, disini sudah meliputi kelonggaran waktu yang diberikan dengan

²⁰ Fred E. Meyers (et al), *op. cit.*, h. 43.

memperhatikan situasi dan kondisi pekerjaan yang harus diselesaikan tersebut.

Standard time merupakan waktu yang dibutuhkan oleh seorang operator yang memiliki tingkat kemampuan rata-rata untuk menyelesaikan pekerjaan. *Standard time* di sini sudah memperhitungkan adanya kelonggaran waktu yang diberikan dengan memperhatikan situasi kondisi pekerjaan yang harus diselesaikan tersebut.²¹

Standard time yang dihasilkan dalam aktivitas *work measurement* ini digunakan sebagai alat untuk membuat rencana penjadwalan kerja yang menyatakan berapa lama suatu kegiatan itu harus berlangsung dan berapa *output* yang akan dihasilkan serta berapa jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut.

Teknik-teknik *work measurement* dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar yaitu :

a. Pengukuran kerja secara langsung

Pengukuran dilakukan secara langsung pada tempat dimana pekerjaan yang diukur dijalankan. 2 cara yang digunakan di dalamnya adalah dengan menggunakan jam henti (*stopwatch time study*) dan sampling kerja (*work sampling*).

²¹ Sritomo Wignjosoebroto, *loc.cit.*

b. Pengukuran kerja secara tidak langsung

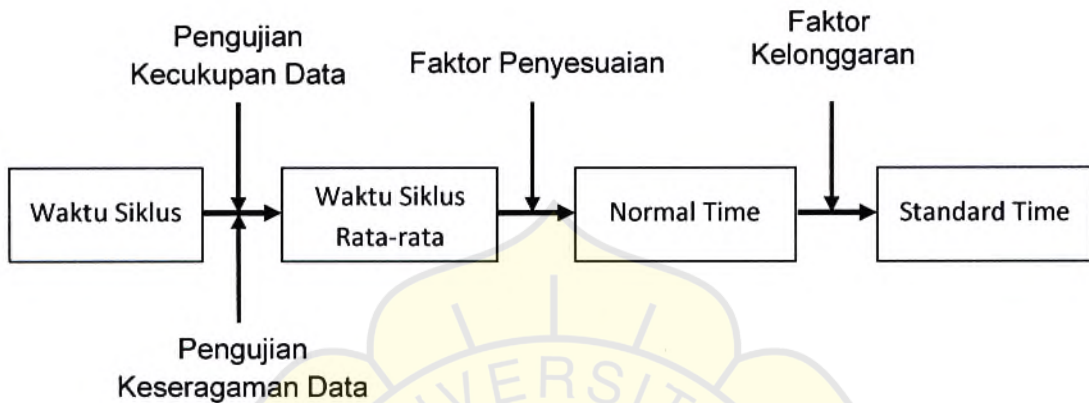
Pengukuran dilakukan secara tidak langsung oleh pengamat. Pengamat melakukan pengukuran dengan membagi elemen-elemen kerja yang ada kemudian membaca waktu berdasarkan tabel waktu.

Work measurement dilakukan dengan melakukan analisis berdasarkan perumusan serta berdasarkan data-data waktu yang tersedia. Pengukuran waktu secara tidak langsung dapat dilakukan dengan menggunakan data *standard time* dan dengan menggunakan data waktu gerakan seperti *the work factor system*, *Method Standard and Work Design*, *Method Time Measurement*, *Basic Motion Time Study* dan lain sebagainya²².

Pemilihan *work measurement* ini harus disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi yang berjalan, karena masing-masing *work measurement* memiliki tujuan dan karakteristik yang harus dimengerti. Pemilihan metode yang kurang tepat dapat menyebabkan kehilangan waktu, sehingga diperlukan pengukuran tambahan atau pengukuran ulang dengan metode yang lebih tepat.

Secara garis besar urutan pengukuran waktu kerja dapat digambarkan sebagai berikut :

²² Benjamin Niebel (et al), *op. cit.*, h. 457.



Gambar 2.3 *Work Measurement Stage*

Sumber : Benjamin Niebel 2003. *Methods Standard and Work Design*.
Eleventh edition. McGraw-Hill

2.5.1 *Work Measurement Direct*

Pengukuran waktu kerja dengan *stopwatch* ini diperkenalkan pertama kali oleh Frederick W. Taylor sekitar abad 19. Metode sangat baik untuk diaplikasikan pada pekerjaan yang berlangsung singkat dan berulang-ulang. Dari hasil pengukuran akan didapatkan *standard time* untuk menyelesaikan suatu siklus pekerjaan, dimana waktu ini dipergunakan sebagai standar bagi semua pekerja dalam melaksanakan pekerjaan.

- Elemen-elemen kerja yang ada dibuat sedetail mungkin dan sependek mungkin akan tetapi masih mudah untuk diukur waktunya dengan teliti.
- *Handling time* seperti *loading* dan *unloading* harus dipisahkan dari *machining time*. *Handling* ini merupakan aktivitas pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan secara manual oleh operator dan aktivitas pengukuran kerja harus dalam kondisi berkonsentrasi. Karena hal ini nantinya berhubungan dengan *performance rating*.
- Elemen-elemen kerja yang konstan harus dipisahkan dengan elemen kerja yang variabel. Elemen kerja yang konstan disini adalah elemen-elemen yang bebas dari pengaruh ukuran, berat, panjang, ataupun bentuk dari benda kerja yang dibuat.

2.7 MELAKUKAN *WORK MEASUREMENT*

Pengukuran waktu adalah aktivitas mengamati dan mencatat waktu-waktu kerja baik setiap elemen maupun siklus dengan menggunakan alat-alat yang telah disiapkan. Pengukuran pendahuluan dilakukan dengan mengukur waktu-waktu dengan jumlah yang ditentukan oleh pengukur²⁷.

²⁷ *Ibid.*, h. 131.

Langkah-langkah sistematis dalam melakukan aktivitas pengukuran *standard time* adalah sebagai berikut²³ :

- a. Definisi pekerjaan yang akan diteliti untuk diukur waktunya dan beritahukan maksud dan tujuan *work measurement* ini kepada pekerja yang dipilih untuk diamati dan *foreman* yang ada.
- b. Catat semua informasi yang berkaitan erat dengan penyelesaian pekerjaan seperti layout, karakteristik / spesifikasi mesin atau peralatan kerja lain yang digunakan.
- c. Bagi operasi kerja dalam elemen-elemen kerja sedetail-detailnya tapi masih dalam batas-batas kemudahan untuk *work measurement*.
- d. Amati, ukur, dan catat waktu yang dibutuhkan oleh operator untuk menyelesaikan elemen-elemen kerja tersebut.
- e. Tetapkan jumlah siklus kerja yang diukur dan dicatat. Teliti apakah jumlah siklus kerja yang dilaksanakan ini sudah memenuhi syarat atau tidak? Test pula keseragaman data yang diperoleh.
- f. 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 ditunjukan untuk *performance* operator, untuk elemen kerja

²³ James L. Riggs, *Production System : Planning, Analysis and Control*, Third Edition (Cet. III); New York: John Wiley & Sons Inc, 1981), h. 307.

pengukuran *standard time* diasumsikan memiliki tingkat keterampilan dan kemampuan yang sama untuk pekerjaan tersebut.

- c. Kondisi lingkungan fisik pekerjaan juga relatif tidak jauh berbeda dengan kondisi fisik pada saat dilakukan *work measurement*.
- d. *Performance* kerja mampu dikendalikan pada tingkat yang sesuai untuk seluruh periode yang ada.

Prosedur pelaksanaan dan peralatan yang digunakan dalam pengukuran waktu kerja berdasarkan *stopwatch* adalah²⁵ :

1. Penetapan tujuan pengukuran.

Dalam pengukuran kerja, hal-hal penting yang harus diketahui dan ditetapkan adalah untuk apa hasil pengukuran tersebut akan dimanfaatkan dalam kaitannya dengan proses produksi.

2. Persiapan awal pengukuran waktu kerja.

Persiapan awal pengukuran waktu kerja adalah mempelajari kondisi kerja dan metode kerja kemudian memperbaikinya dan melakukan standarisasi. Setelah itu langkah berikutnya adalah memilih operator yang memiliki kemampuan rata-rata dan mau diajak bekerja sama dalam pengukuran waktu ini. Pemilihan operator dengan kemampuan rata-rata dimaksudkan agar waktu baku yang dihasilkan nantinya dapat dicapai oleh semua operator yang ada.

²⁵ *Ibid.*, h 377.

3. Pengadaan kebutuhan alat-alat pengukuran kerja.

Peralatan yang dibutuhkan untuk aktivitas pengukuran kerja adalah dengan *stopwatch*, lembar pengamatan (*time study form*), papan pengamatan (*time study board*), alat-alat tulis, dan alat penghitung (*calculator*). Pengadaan alat-alat ini dibutuhkan untuk pengamatan dan pencatatan waktu pengamatan untuk setiap elemen kerja dalam sebuah siklus proses operasi. Jumlah waktu tiap elemen kerja adalah waktu total yang dibutuhkan dalam sebuah siklus kerja.

2.6 PEMBAGIAN OPERASI MENJADI ELEMEN-ELEMEN KERJA

Pembagian operasi menjadi elemen-elemen kerja dilakukan agar setiap elemen kerja yang ada dapat dengan mudah diukur. Pembagian ini tidak hanya pada elemen saja namun juga memisahkan antara elemen kerja yang bersifat berulang dan tidak berulang dalam suatu siklus operasi. Pemisahan ini bertujuan untuk menganalisa apakah waktu tiap elemen kerja yang ada berlebihan atau tidak. Dengan demikian analisa yang dihasilkan lebih tepat dan adanya varian dalam pengukuran yang diketahui²⁶.

Aturan dalam pembagian operasi kerja ke dalam elemen-elemen kerja adalah sebagai berikut :

²⁶ Iftikar Z. Satalaksana (et al), *Teknik Tata Cara Kerja*, Edisi Pertama (Cet. I; Jurusan Teknik Industri: Institut Teknologi Bandung, 1979), h.122.

- Elemen-elemen kerja yang ada dibuat sedetail mungkin dan sependek mungkin akan tetapi masih mudah untuk diukur waktunya dengan teliti.
- *Handling time* seperti *loading* dan *unloading* harus dipisahkan dari *machining time*. *Handling* ini merupakan aktivitas pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan secara manual oleh operator dan aktivitas pengukuran kerja harus dalam kondisi berkonsentrasi. Karena hal ini nantinya berhubungan dengan *performance rating*.
- Elemen-elemen kerja yang konstan harus dipisahkan dengan elemen kerja yang variabel. Elemen kerja yang konstan disini adalah elemen-elemen yang bebas dari pengaruh ukuran, berat, panjang, ataupun bentuk dari benda kerja yang dibuat.

2.7 MELAKUKAN *WORK MEASUREMENT*

Pengukuran waktu adalah aktivitas mengamati dan mencatat waktu-waktu kerja baik setiap elemen maupun siklus dengan menggunakan alat-alat yang telah disiapkan. Pengukuran pendahuluan dilakukan dengan mengukur waktu-waktu dengan jumlah yang ditentukan oleh pengukur²⁷.

²⁷ *Ibid.*, h. 131.

2.7.1 Cara Pengukuran dan Pencatatan Waktu Kerja

Beberapa metode umum yang digunakan untuk mengukur waktu pada elemen-elemen kerja dengan menggunakan *stopwatch* yaitu²⁸ :

- Pengukuran waktu secara terus menerus (*continious timing*)

Pengukuran waktu ini dilakukan ketika elemen kerja pertama dimulai dan berakhir ketika suatu siklus kerja berakhir.

- Pengukuran waktu secara berulang-ulang (*repetitive timing*)

Pengukuran waktu ini dilakukan dengan secara berulang-ulang dimana setelah setiap elemen kerja selesai diamati maka jarum penunjuk *stopwatch* dikembalikan ke angka nol.

- Pengukuran waktu secara penjumlahan (*accumulative timing*)

Pengukuran waktu ini dilakukan dengan menggunakan dua atau lebih *stopwatch* yang akan bekerja secara bergantian. Waktu yang dihasilkan dari pengukuran ini lebih dari satu sehingga setiap elemen kerja yang berurutan dapat diukur sekaligus.

2.7.2 Menentukan Jumlah Pengukuran dan Waktunya

Menentukan jumlah pengukuran waktu awal. Pada umumnya untuk pengukuran awal adalah 10 – 30 pengukuran. Hasil pengukuran yang

²⁸ *Ibid.*

didapatkan dapat dibagi ke dalam *subgroup*, setelah itu menghitung rata-rata *subgroup* dengan rumus²⁹ :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{k} \quad \text{atau} \quad \bar{X} = \frac{\sum X}{k}$$

Dimana :

$\sum X$ = Jumlah semua nilai $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ (detik)

k = Jumlah data

2.7.3 Menentukan Standar Deviasi

Setelah harga rata-rata *subgroup* diketahui, kemudian mencari nilai standar deviasi. Dengan demikian, standar deviasi dirumuskan sebagai berikut³⁰ :

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

Dimana :

S = Standar Deviasi

n = Jumlah *subgroup*

X = Waktu rata-rata *subgroup* (detik)

\bar{X} = Waktu rata-rata dari waktu rata-rata *subgroup* (detik)

²⁹ *Ibid.*, h. 133.

³⁰ Benjamin Niebel (et al), *op. cit.*, h. 393.

Didalam aktivitas pengukuran kerja biasanya akan diambil 95% *confidence level* dan 5% *degree of accuracy*. Hal itu berarti bahwa sekurang-kurangnya 95 dari 100 harga rata-rata dari waktu yang diukur / diamati untuk setiap elemen kerja akan memiliki penyimpangan tidak lebih dari 5%.

Metode perhitungan untuk mengetahui jumlah pengamatan yang harus dilaksanakan maka harus ditetapkan tingkat kepercayaan dan derajat ketelitian untuk pengukuran kerja ini³¹.

$$N = \frac{4R^2}{(A)^2 (d_2)^2 (\bar{x})^2}$$

Dimana :

N = jumlah siklus untuk studi waktu.

R = jangkauan sampel pengamatan (nilai tertinggi dikurangi nilai terendah).

A = derajat ketelitian atau presisi yang dibutuhkan ($\pm 5\%$ atau $\pm 10\%$).

d_2 = konstanta yang digunakan untuk mengestimasi standar deviasi dari sebuah sampel merupakan fungsi dari besar sampel. Didapat dari tabel statistik.

\bar{X} = rata-rata aritmatik, jumlah semua pengamatan dibagi banyaknya pengamatan.

³¹ Fred E. Meyers (et al), *op. cit.*, h. 178.

2.8.2 Menghitung Keseragaman Data

Pengujian keseragaman data dilakukan untuk mengetahui homogenitas dari data yang dikumpulkan. Peta control (*control chart*) adalah suatu alat yang digunakan untuk mengetahui keseragaman data yang diperoleh dari pengamatan. Data yang berada di luar dari batas kontrol yang ada akan dihilangkan dan tidak disertakan dalam perhitungan.

Pengujian keseragaman data dirumuskan sebagai berikut³² :

a. harga rata-rata *subgroup* (X-bar)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Dimana :

X_i = Harga rata-rata dari *subgroup* ke -i

n = Harga banyaknya *subgroup* yang terbentuk

³² Iftikar Z. Satalaksana (et al), *op. cit.*, h. 133.

b. Standar deviasi dari data hasil pengukuran³³.

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

Dimana :

n = Jumlah pengamatan pendahuluan yang telah dilakukan.

X_i = Waktu penyelesaian yang teramati selama pengukuran pendahuluan yang telah dilakukan.

\bar{X} = Waktu rata-rata waktu penyelesaian yang teramati selama pengukuran pendahuluan yang telah dilakukan.

. c. Standar deviasi rata-rata dari distribusi rata-rata *subgroup*³⁴.

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Dimana :

σ_x = Standar deviasi rata-rata dari distribusi rata-rata *subgroup*

σ = Standar deviasi dari data hasil pengukuran.

n = Jumlah data dalam *subgroup* data.

³³ *Ibid.*

³⁴ *Ibid.*

d. Menentukan keseragaman data³⁵.

$$UCL = \bar{X} + 3\sigma\bar{X}$$

$$LCL = \bar{X} - 3\sigma\bar{X}$$

Dimana :

UCL = *Upper Control Limit* (Batas Kontrol Atas)

LCL = *Lower Control Limit* (Batas Kontrol Bawah)

2.8.3 Pengujian Distribusi Normal

Sebaran peluang kontinu yang paling penting dalam statistika adalah sebaran / distribusi normal dengan kurvanya yang berbentuk gema³⁶. Untuk mengetahui apakah suatu populasi mengikuti sebaran normal atau tidak, dapat digunakan *goodness of fit* (uji kebaikan suai). Uji kebaikan suai merupakan uji yang digunakan untuk menentukan apakah populasi memiliki suatu distribusi teoritik tertentu. Uji ini didasarkan pada seberapa baik kesesuaian antara frekuensi yang teramati dalam data sampel dengan frekuensi harapan pada distribusi yang dihipotesakan.

³⁵ *ibid.*

³⁶ Fred E. Meyers (et al), *op. cit.*, h. 182.

Langkah-langkah *goodness of fit* distribusi normal³⁷ :

1. Tentukan H_0 dan H_1

H_0 : populasi data mengikuti distribusi normal

H_1 : populasi data tidak mengikuti distribusi normal

2. Tentukan taraf nyata (α)

3. Menentukan daerah kritis

Tolak H_0 jika $X^2_{hitung} > X^2_{tabel}$

4. Perhitungan :

- a. Membuat selang kelas dengan langkah-langkah yang telah diajarkan pada statistik modul pertama.
- b. Masukkan data-data yang ada pada tabel perhitungan.

5. Kemudian hitung jumlah X^2

Rumus :

$$X^2 = \sum \frac{(oi - ei)^2}{ei}$$

Dimana :

oi = Frekuensi observasi (pengamatan)

ei = Frekuensi harapan

³⁷ Charles E. Ebeling, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, First Edition (Cet. I; Singapore: Mc Graw-Hill, 1997), h. 69.

6. Membuat kesimpulan

Terima atau tolak H_0 dan simpulkan bahwa populasi mengikuti atau tidak mengikuti distribusi normal.

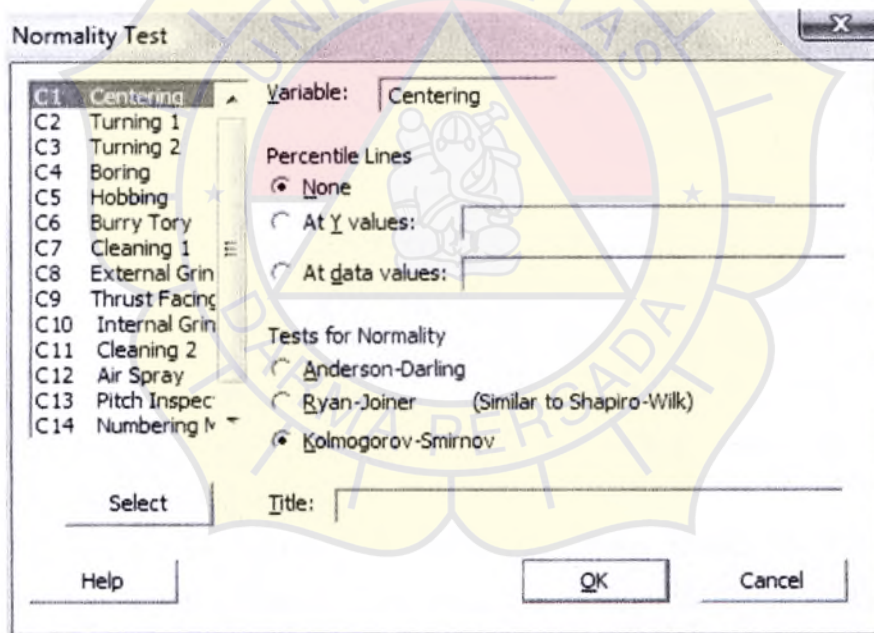
Catatan :

- a. Nilai e_i pada setiap kelas harus ≥ 5 , jika ada kelas yang memiliki $e_i < 5$, maka kelas tersebut harus digabung dengan kelas lainnya sedemikian rupa sehingga $e_i \geq 5$.
- b. X^2 tabel dicari dengan menggunakan tabel distribusi *chi-kuadrat* v (derajat kebebasan) $v = k-1-m$, dimana :
 - k = jumlah kelas terakhir setelah tidak ada lagi sel yang berjumlah kurang dari 5.
 - m = jumlah parameter yang digunakan (untuk *binomial* = 1, untuk *poisson* = 1, untuk *normal* = 2).

Goodness of fit terdiri dari banyak metode, misalnya *chi-square test*, *kolmogorov-Smirnov Test* dan *Anderson-Darling Test*. Namun White et.al (1975, p338) mengutarakan bahwa uji yang disarankan untuk digunakan adalah *kolmogorov-Smirnov Test* karena secara statistik lebih baik dibandingkan dengan *Chi-Square Test*.

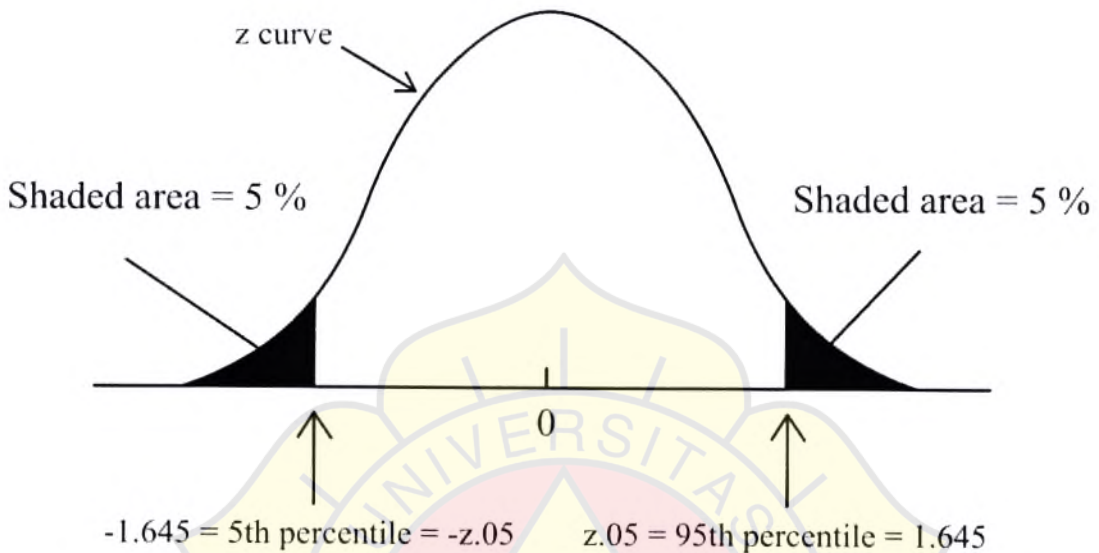
Penguji uji Normality Test *Kolmogorov-Smirnov* dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Minitab Version 15 English* dengan langkah-langkah berikut ini.

1. Mendefinisikan data pada kolom C1.
2. Memasukkan data pada C1.
3. Pada menu utama, pilih : *start – Basic Statistics – Normality Test.*
 - a. Pada *Test Variable List* masukkan variabel yang akan diuji.
 - b. Pada *Test for Normality* pilih *Kolmogorov- Smirnov.*
4. Klik Ok.



Gambar 2.4 *Normality Test*

Sumber : Application Minitab Version 15 English for Vista



Gambar 2.5 *Standard Normal Distribution of Male Weights*

Sumber : Benjamin Niebel 2003. *Methods Standard and Work Design*.

Eleventh edition. McGraw-Hill

Dalam distribusi normal, rata-rata menunjukkan nilai tengah dimana data terkumpul. Tetapi tidak menunjukkan seperti penyebaran data yang ada. Jika dua kelompok mengerjakan pekerjaan yang sama, kelompok pertama terdiri dari orang yang memiliki kemampuan setara dalam pelatihan dan pengalaman kerja. Waktu rata-rata karyawan untuk kedua kelompok mungkin saja sama misalnya 30 menit, rentang waktu kelompok pertama antara 25 hingga 35 menit sedangkan rentang waktu kelompok kedua antara 10 hingga

Metode penilaian mendefinisikan usaha sebagai demonstrasi kemauan untuk bekerja secara efektif. Usaha adalah perwakilan dari kecepatan dengan kemampuan diterapkan dan dapat dikendalikan sampai tingkat tinggi oleh operator, saat mengevaluasi usaha operator, pengamat harus menilai hanya usaha yang efektif.

6 kelas usaha untuk usaha penilaian adalah *poor*, *fair*, *average*, *good*, *excellent*, *excessive*. Usaha *excessive* diberi nilai +13% dan usaha *poor* diberi nilai -17%. Tabel 2.2 memberi nilai numerik untuk tingkat usaha yang berbeda dan menguraikan karakteristik dari berbagai kategori.

Tabel 2.4 Penyesuaian kondisi kerja menurut *Westinghouse*

| <i>Westinghouse System Condition Ratings</i> | | |
|--|----|------------------|
| + 0.06 | A | <i>Ideal</i> |
| + 0.04 | B | <i>Excellent</i> |
| + 0.02 | C | <i>Good</i> |
| 0.00 | D | <i>Average</i> |
| - 0.03 | E1 | <i>Fair</i> |
| - 0.07 | E2 | <i>Poor</i> |

Sumber : Benjamin Niebel 2003. *Methods Standard and Work Design*.
Eleventh edition. McGraw-Hill

Kondisi yang dihubungkan pada prosedur penilaian performa mempengaruhi operator dan bukan operasinya. Analisa *standard time* menilai kondisi normal atau rata-rata lebih dari mayoritas contoh, seperti kondisi yang dinilai, dibandingkan dengan cara yang biasanya ditemukan di tempat kerja. Elemen yang mempengaruhi kondisi kerja termasuk suhu, ventilasi, pencahayaan, dan kebisingan.

6 kelas umum dari kondisi, dengan nilai antara +6% sampai -7% adalah : *Ideal, Excellent, good, average, fair, dan Poor*. Tabel 2.3 menunjukkan nilai untuk masing-masing kondisi.

Tabel 2.5 Penyesuaian konsistensi menurut *Westinghouse*

| <i>Westinghouse System Consistency Ratings</i> | | |
|--|---|------------------|
| + 0.04 | A | <i>Perfect</i> |
| + 0.03 | B | <i>Excellent</i> |
| + 0.01 | C | <i>Good</i> |
| 0.00 | D | <i>Average</i> |
| - 0.02 | E | <i>Fair</i> |
| - 0.04 | F | <i>Poor</i> |

Sumber : Benjamin Niebel 2003. *Methods Standard and Work Design*.

Eleventh edition. McGraw-Hill

Faktor terakhir dari keempat faktor yang mempengaruhi penilaian performa adalah konsistensi operator. Jika analis tidak menggunakan metode *snapback* atau membuat dan mencatat pengurangan berturut-turut seiring dengan kemajuan pembelajaran, konsistensi operator harus dinilai. Nilai elemen waktu yang secara terus menerus berulang akan memiliki konsistensi yang sempurna. Situasi ini sangat jarang muncul, karena adanya variabel yang mempengaruhi.

6 kelas umum dari kondisi, dengan nilai antara +4% sampai -4% adalah : *perfect, excellent, good, average, fair, dan poor*. Tabel 2.4 menunjukkan nilai untuk masing-masing kondisi.

2.9.2 Faktor Kelonggaran (*Allowance Factor*)

Kelonggaran (*allowance*) adalah waktu yang ditambahkan pada waktu normal untuk mendapatkan waktu standard (*standard time*) yang realistis, dapat diterapkan dan dapat dicapai⁴⁰. Di dalam praktek banyak terjadi penentuan waktu baku dilakukan hanya dengan menjalankan beberapa kali pengukuran dan menghitung rata-ratanya. Tidak ada *manager* maupun *foreman* yang mengharapkan karyawannya bekerja setiap menit dalam setiap jam. Berapakah waktu yang diharapkan dari seorang karyawan? Ini adalah pertanyaan yang disampaikan oleh Frederick W. Taylor lebih dari

⁴⁰ *Ibid.*, h. 196.

seabad yang lalu. Uraian dibawah ini mencoba untuk menjawab pertanyaan Taylor tersebut.

Allowance dibagi dalam 3 kelompok kategori yaitu :

1. *Personal Allowance* (kebutuhan-kebutuhan yang bersifat pribadi)
2. *Fatigue Allowance* (kelonggaran untuk menghilangkan kelelahan)
3. *Unavoidable delay* (hambatan-hambatan yang tak terduga)

2.9.2.1 Kelonggaran Waktu Untuk Kebutuhan Personal (*Personal Allowance*)

Personal allowance adalah waktu yang diperbolehkan untuk karyawan melakukan hal-hal yang sifatnya *personal*, seperti :⁴¹

- Berbica dengan rekan kerja yang mengenai hal yang tidak ada kaitannya dengan pekerjaan;
- Ke kamar mandi;
- Minum;
- Hal-hal lain yang sifatnya *personal* dan terkendali yang dapat dijadikan alasan untuk tidak bekerja.

Setiap pekerja membutuhkan *personal allowance* dan *manager* atau pun *foreman* tidak akan keberatan atau pun ini mengenai hal ini. Waktu yang tepat untuk ini didefinisikan sebesar 5% dari waktu kerja per hari (8 jam), atau

⁴¹ *ibid.*

sebesar 24 menit per hari. Jumlah *personal allowance* dapat diterapkan dengan melaksanakan aktivitas *time study* sehari kerja penuh atau metode *sampling kerja*⁴².

Meskipun jumlah *personal allowance* yang diperlukan ini akan bervariasi tergantung pada individu pekerjaanya dibandingkan dengan jenis pekerjaan yang dilaksanakan, akan tetapi kenyataannya untuk pekerjaan-pekerjaan yang berat dan kondisi kerja yang tidak enak terutama untuk temperature yang tinggi akan menyebabkan kebutuhan waktu untuk *personal* ini lebih besar lagi, *allowance* untuk hal ini lebih besar dari 5%.

2.9.2.2 Kelonggaran Waktu Untuk Melepas Lelah (*Fatigue Allowance*)

Fatigue merupakan waktu yang dibutuhkan bagi pekerja untuk memulihkan dari “kebutuhan” maupun kelelahan kerja. Perusahaan memberikannya dalam bentuk istirahat kerja yang biasa disebut dengan istilah “*coffee break*”. Besarnya interval yang diberikan untuk “*break*” setiap perusahaan memang berbeda-beda, namun tujuannya sama yaitu untuk memulihkan kembali fisik maupun mental pekerja dari kelelahan.

Dewasa ini, sebagian besar pekerja barangkali hanya mengalami sedikit kelelahan fisik. Akan tetapi, kelelahan mental juga patut untuk dipertimbangkan. Perlu diketahui bahwa istirahat makan siang tidak

⁴² *Ibid.*

perhitungkan sebagai *fatigue* elemen. Ingatlah bahwa *allowance* adalah untuk waktu yang diharapkan untuk bekerja, tetapi mereka tidak bisa "*perform*".

Kelelahan fisik manusia bisa disebabkan oleh beberapa penyebab diantaranya kerja yang membutuhkan pikiran banyak (lelah mental) dan kerja fisik. Masalah yang dihadapi untuk menetapkan jumlah waktu yang diizinkan untuk istirahat melepas lelah ini sangat sulit dan kompleks sekali. Di sini waktu yang dibutuhkan untuk keperluan istirahat akan sangat bergantung pada individu yang bersangkutan, interval waktu dari siklus kerja dimana pekerja akan memikul beban kerja secara penuh, kondisi lingkungan fisik pekerjaan, dan faktor-faktor lainnya.

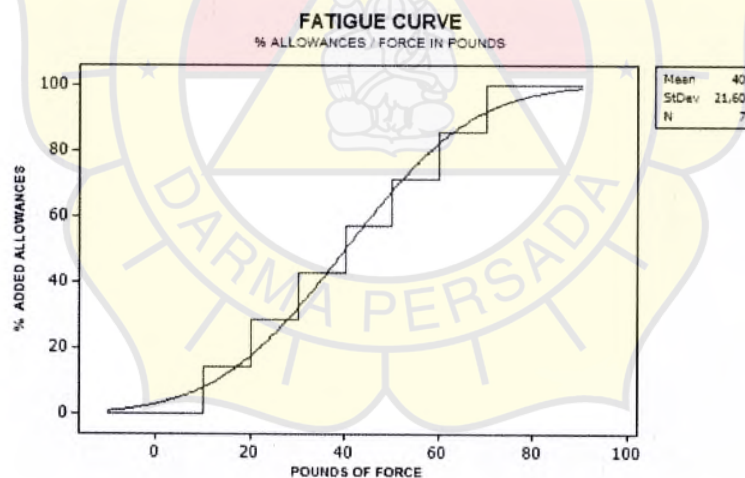
Periode istirahat untuk melepas lelas di luar istirahat makan siang dimana semua pekerja dalam suatu departemen tidak diizinkan untuk bekerja akan bisa menjawab permasalahan yang ada. Lama waktu periode istirahat dan frekuensi pengadaannya akan tergantung pada jenis pekerjaan yang ada tentunya.

Nilai yang normal untuk *basic allowance* adalah 5% dari jumlah kerja sehari (8 jam) atau setara dengan 480 menit. Biasanya dikenal dengan istilah dua kali 12 menit "*break*", pertama di pertengahan pagi (pukul 9:30) dan kedua di pertengahan siang hari (pukul 14:00).

Perlu diperhatikan bahwa pekerjaan berat jelas akan dapat melelahkan pekerja lebih cepat dibandingkan dengan pekerja yang ringan atau pekerjaan

non fisik. Waktu istirahat yang lebih banyak tidak hanya dibutuhkan dan dibenarkan, namun juga akan meningkatkan produktifitas.

Dengan mengistirahatkan pekerja akan memberikan kesempatan bagi pekerja untuk memulihkan lelah yang selanjutnya akan membuat mereka untuk bekerja lebih produktif dibandingkan dengan pekerjaan yang dilakukan tanpa istirahat atau *allowance*. “*break*” atau istirahat akan lebih berarti bagi karyawan, sekalipun dengan menggantinya dengan bayaran lebih.



Gambar 2.6 *Fatigue Allowance Curve : % Allowance per Pound of Force*

Sumber : Fred E. Meyers 2002. *Motion and Time Study for Lean*

Manufacturing. Third Edition. Prentice Hall

Dari penjelasan di atas, dapat ditarik dua kesimpulan penting, yaitu.⁴³

1. 5% adalah minimum dari *fatigue allowance*
2. Setiap kenaikan tenaga sebesar 10 poin dari 10 poin dasar akan menaikkan *fatigue allowance* sebesar 5%, pengertian tenaga dalam kasus yang dibahas di sini adalah besarnya berat yang harus diangkat.

2.9.2.3 Kelonggaran Waktu Karena Keterlambatan-Keterlambatan (*Delay Allowance*)

Delay Allowance dikatakan sebagai *allowance* yang tidak dapat dihindari mengingat ini di luar kendali pekerja. Sesuatu terjadi sehingga membuat pekerja tidak dapat bekerja. Penyebab *delay allowance* ini perlu untuk diketahui dan dihitung biayanya sehingga ke depannya dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam penentuan biaya. Beberapa contoh dari *delay allowance* adalah :⁴⁴

1. Menunggu instruksi atau penugasan;
2. Menunggu datangnya material atau peralatan untuk mengolah material;
3. Terjadi kerusakan mesin atau adanya aktivitas perawatan yang tidak terjadwal;

⁴³ *Ibid.*, h. 198.

⁴⁴ *Ibid.*

mbolehkan operator mereka untuk melakukan sesuatu yang tidak diperhitungkan oleh *standard time*.

Personal, fatigue dan *delay allowance* digabungkan, dan total *allowance* tersebut kemudian ditambahkan ke waktu normal untuk mendapatkan :⁴⁸

$$\text{Normal Time} + \text{Allowance} = \text{Standard Time}$$

2.9.3 Menentukan *Cycle Time*

Cycle time adalah waktu yang didapat dari hasil pengamatan dengan menggunakan jam henti sebelum disesuaikan dengan faktor penyesuaian dan faktor kelonggaran. *Cycle time* dirumuskan sebagai berikut :⁴⁹

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

Dimana :

W_s = *Cycle time*;

$\sum X_i$ = Jumlah waktu penyelesaian yang diamati;

N = Jumlah pengamatan.

⁴⁸ *Ibid.*, h. 183

⁴⁹ Benjamin Niebel (et al), *op. cit.*, h. 395.

50 menit. Walaupun memiliki rata-rata yang sama namun penyebaran dan variabilitasnya tidak sama. Nilai kuantitatif dari derajat variasi atau penyebaran populasi disebut dengan standar deviasi dan dinotasikan dengan (σ). Semakin besar variabilitas atau tingkat penyebaran data, maka semakin besar pula standar deviasinya.

2.9 MENGHITUNG STANDARD TIME

Untuk menghitung *standard time* dari suatu operasi dibutuhkan data waktu siklus yang diperoleh dari hasil pengamatan / pengukuran. Selain data waktu siklus, faktor lain yang diperhitungkan dalam perhitungan *standard time* adalah faktor penyesuaian dan faktor kelonggaran untuk operator.

2.9.1 Faktor Penyesuaian (*Performance Factor*)

Faktor penyesuaian merupakan suatu faktor yang dipertimbangkan setelah melakukan pengukuran secara langsung untuk menyesuaikan dengan kewajaran kerja yang seharusnya ditunjukkan oleh operator.³⁸ Pengukur harus mengamati kewajaran kerja dari operator yang diamati selama pengukuran. Ketidakwajaran yang mungkin saja terjadi misalnya operator bekerja tanpa kesungguhan atau hambatan-hambatan yang terjadi akibat kondisi ruangan yang buruk sehingga dapat mempengaruhi kecepatan

³⁸ Benjamin Niebel (et al), *op. cit.*, h. 413.

kerja. Hal ini jelas tidak diinginkan karena *standar time* yang dicari harus diperoleh dari kondisi dan cara kerja yang baku yang diselesaikan secara wajar.

Jika ditemukan adanya ketidakwajaran, maka pengukur dapat mengetahui dan menilai seberapa besar pengaruh tersebut. penilaian perlu dilakukan karena berdasarkan inilah penyesuaian dilakukan. Jika pengukur mendapatkan harga rata-rata waktu siklus / elemen yang diketahui diselesaikan dengan kecepatan tidak wajar oleh operator, maka harga waktu rata-rata tersebut harus dinormalkan dengan melakukan penyesuaian.

Ada beberapa cara yang telah dikembangkan untuk menentukan faktor penyesuaian, salah satunya adalah cara penyesuaian yang dikembangkan oleh *Westinghouse Electric Corporation*. Metode ini mempertimbangkan 4 faktor yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja dari operator yaitu :³⁹

1. Keterampilan
2. Usaha
3. Kondisi kerja
4. Konsistensi

Kemampuan seseorang dalam suatu operasi meningkat sejalan waktu, karena semakin terbiasa dengan pekerjaan membawa kecepatan, kehalusan pergerakan, dan kebebasan dari keraguan dan kesalahan gerakan.

³⁹ Fred E. Meyers (et al), *op. cit.*, h. 185.

Penurunan kemampuan disebabkan oleh melemahnya kemampuan dibawah oleh faktor fisik atau psikologis seperti menurunnya kekuatan otot atau koordinasi. Karena itu kemampuan seseorang dapat bervariasi dari sebuah pekerjaan ke pekerjaan lain bahkan dalam satu operasi ke operasi lain dalam pekerjaan tertentu.

Tabel 2.2 Penyesuaian keterampilan menurut *Westinghouse*

| <i>Westinghouse System Skill Ratings</i> | | |
|--|----|-------------------|
| + 0.15 | A1 | <i>Superskill</i> |
| + 0.13 | A2 | <i>Superskill</i> |
| + 0.11 | B1 | <i>Excellent</i> |
| + 0.08 | B2 | <i>Excellent</i> |
| + 0.06 | C1 | <i>Good</i> |
| + 0.03 | C2 | <i>Good</i> |
| 0.00 | D | <i>Average</i> |
| - 0.05 | E1 | <i>Fair</i> |
| - 0.10 | E2 | <i>Fair</i> |
| - 0.16 | F1 | <i>Poor</i> |
| - 0.22 | F2 | <i>Poor</i> |

Sumber : Benjamin Niebel 2003. *Methods Standard and Work Design*.

Eleventh edition. McGraw-Hill

Sistem penilaian penyesuaian dengan metode *Westinghouse* menggolongkan dalam 6 kelas keterampilan yang mempresentasikan penilaian dalam setiap evaluasi yaitu *poor*, *fair*, *average*, *good*, *excellent*, dan *superskill*. Pengukur melakukan penilaian terhadap keterampilan operator dan menggolongkannya berdasarkan 6 kelas yang ada.

Tabel 2.3 Penyesuaian Usaha menurut *Westinghouse*

| <i>Westinghouse System Efforts Ratings</i> | | |
|--|----|------------------|
| + 0.13 | A1 | <i>Excessive</i> |
| + 0.12 | A2 | <i>Excessive</i> |
| + 0.10 | B1 | <i>Excellent</i> |
| + 0.08 | B2 | <i>Excellent</i> |
| + 0.05 | C1 | <i>Good</i> |
| + 0.02 | C2 | <i>Good</i> |
| 0.00 | D | <i>Average</i> |
| - 0.04 | E1 | <i>Fair</i> |
| - 0.08 | E2 | <i>Fair</i> |
| - 0.12 | F1 | <i>Poor</i> |
| - 0.17 | F2 | <i>Poor</i> |

Sumber : Benjamin Niebel 2003. *Methods Standard and Work Design*.

Eleventh edition. McGraw-Hill

4. Memberikan instruksi kepada pekerja yang lain (memberikan *training* untuk pekerja baru);
5. Menghadiri "rapat", apabila diizinkan;
6. Menunggu proses "*set up*". Operator harus didorong untuk dapat melakukan "*set up*" terhadap mesin yang mereka operasikan. "*set up*" dinyatakan sempurna oleh "*quality control*";
7. Kecelakaan atau memberikan pertolongan pertama pada kecelakaan;
8. Pekerja *repair* "*defect*" yang tidak disebabkan kesalahan operator;
9. "*Work*" yang tidak standard karena adanya kesalahan mesin;
10. Pengasahan "*tool*";
11. Pekerjaan baru yang waktunya belum distandardkan.

Performa operator yang berkaitan dengan *delay allowance* tidak dapat disalahkan mengingat hal ini di luar kendali mereka. *Delay* yang disebabkan oleh operator secara sadar disebut "*personal delay*".

Tersedia tiga metode yang digunakan untuk menghitung dan mengontrol *delay allowance* ini :⁴⁵

1. Menambahkan *delay allowance* ke standar;
2. Melakukan "*time study*" kemudian menambahkan ke waktu standar;
3. Memperhitungkan waktu tersebut sebagai biaya tidak langsung.

Tujuan dari "*time study*" adalah untuk menghilangkan *delay allowance*. *Time study* merupakan metode terbaik untuk mempelajari *delay*

⁴⁵ *Ibid.*

2.9.4 Menentukan *Normal Time*

Normal Time merupakan waktu yang diperlukan untuk seorang operator yang terlatih dan memiliki keterampilan rata-rata untuk melaksanakan suatu aktivitas dalam kondisi dan kecepatan normal.

Waktu normal tidak dipengaruhi waktu kelonggaran yang diperlukan untuk melepas lelah, kebutuhan pribadi, atau adanya keterlambatan. Waktu normal dirumuskan sebagai berikut⁵⁰.

$$W_n = W_s \times (1 + IP)$$

Dimana :

W_n = Waktu normal;

W_s = Waktu siklus;

IP = Faktor penyesuaian.

⁵⁰ *Ibid.*

2.9.5 Menentukan *Standard Time*

Standard time adalah waktu yang diperlukan bagi seorang operator untuk bekerja dalam kondisi dan kecepatan normal dengan mempertimbangkan adanya faktor kelonggaran seperti faktor kelelahan, kebutuhan pribadi, dan adanya keterlambatan. Waktu baku dirumuskan sebagai berikut :⁵¹

$$Wb = Wn \times \frac{100}{100 - All}$$

Dimana :

Wb = *Standard time*;

Wn = *Normal time*;

All = *Allowance Factor*.

⁵¹ *Ibid.*

untuk kemudian dimasukkan dalam waktu standard. Akan tetapi, kadang *delay* sangat kompleks sehingga dengan menganggapnya sebagai *allowance* dengan menegosiasikannya dengan operator akan lebih menghemat uang dan waktu bagi perusahaan daripada melakukan *time-study*. Sebagai contoh, untuk menjawab pertanyaan, "Berapa lama waktu yang dibutuhkan operator untuk membersihkan mesin?" operator tentu usaha akan menjawab, "tergantung". Pertanyaan-pertanyaan untuk menganalisa hal ini adalah :⁴⁶

- Berapa waktu terlama untuk melakukan "*cleaning*"?
- Berapa waktu terpendek untuk melakukan "*cleaning*"?
- Apakah anda setuju bahwa waktu rata-rata untuk melakukan "*cleaning*" adalah 15 menit ?

Seandainya operator setuju bahwa 15 menit adalah waktu rata-rata untuk melakukan bersih-bersih, maka besarnya *delay allowance* karena aktivitas bersih-bersih adalah :⁴⁷

⁴⁶ *Ibid.*

⁴⁷ *Ibid.*

$$\left(\frac{15 \text{ min } cleanup}{480 \text{ min/ shift}} \times 100\% \right) = 3\%$$

3% *delay allowance* ini akan ditambahkan ke 5% *personal allowance* dan 5% *fatigue allowance* sehingga total *allowance* adalah 13%.

Secara umum, *delay* yang tidak diinginkan dapat dieliminasi atau diantisipasi. Waktu standard dalam bentuk data standard dapat dibuat dan ditambahkan ke *time study* untuk mengkompensasi *delay* yang dilakukan operator. *Delay* yang tidak dihindari merupakan elemen asing dan membutuhkan pembahasan tersendiri. Beberapa *delay* yang tidak dapat dihindari dan di luar kendali operator seperti, rapat, kerusakan mesin, dan perbaikan membutuhkan waktu operator untuk menanganinya. *Foreman* harus memperhitungkan waktu yang hilang tersebut, dan apabila waktu tersebut lebih dari 6 menit, angka ini akan menjadi sangat signifikan secara statistik. Dalam hal ini, *delay* tersebut terjadi karena ketidakmampuan manajemen untuk mengantisipasinya dan operator tidak dapat disalahkan. Akan tetapi, pengawasan harus lebih banyak diberikan, begitu juga dengan peringatan.

Satu peringatan terakhir untuk *delay allowance*: jangan mengurangi apa pun dari waktu standard sesuatu yang tidak dapat dihilangkan. Banyak perusahaan telah menghilangkan *delay allowance*, namun mereka