

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ergonomi

Istilah "ergonomi" berasal dari bahasa Latin yaitu *Ergo* (kerja) dan *nomos* (hukum alam). Dengan demikian ergonomi dimaksudkan sebagai disiplin keilmuan yang mempelajari manusia dalam kaitannya dengan pekerjaannya dengan lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, engineering, manajemen dan desain/perancangan (Sritomo Wignjosoebroto, 1995). Sedangkan menurut seorang ilmuwan yang bernama DR. Roger W. Pease Jr. (Sanders & Cormick, 1987) merekomendasikan definisi dari ergonomi adalah sebagai berikut:

"Ergonomi adalah suatu aplikasi ilmu pengetahuan yang memperhatikan karakteristik manusia yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan dan penataan sesuatu yang digunakan, sehingga antara manusia dan benda yang digunakan tersebut terjadi interaksi yang lebih efektif dan nyaman".

Definisi ini berangkat dari kenyataan bahwa manusia memiliki batas-batas kemampuan, baik jangka pendek maupun jangka panjang pada saat berhadapan dengan keadaan lingkungan sistem kerja yang berupa perangkat keras (mesin, peralatan kerja, dan lain - lain) dan atau perangkat lunak (metode kerja, sistem dan prosedur, dan lain-lain).

Maksud dan tujuan dari disiplin ergonomi adalah mendapatkan suatu pengetahuan yang utuh tentang permasalahan-permasalahan interaksi manusia dan teknologi dan produk-produknya, sehingga dimungkinkan adanya suatu rancangan sistem manusia mesin yang optimal.

Human engineering atau sering pula disebut sebagai ergonomi didefinisikan sebagai perancangan "*man-machine interface*" sehingga pekerja dan mesin (atau produk lainnya) bisa berfungsi lebih efektif dan efisien sebagai sistem manusia mesin yang terpadu (Sritomo Wignjosoebroto, 1995). Tujuan pokoknya adalah terciptanya desain

sistem manusia mesin yang terpadu sehingga efektifitas dan efisiensi kerja bisa tercapai secara optimal.

Dengan mengaplikasikan aspek-aspek ergonomi atau *human engineering*, maka dapat dirancang sebuah stasiun kerja yang bisa dioperasikan oleh rata-rata manusia dengan memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem tersebut dengan baik. Dalam arti dapat mendapat tujuan yang diinginkan melalui aktivitas tersebut dengan efektif, efisien, aman dan nyaman.

Jika disaat-saat yang lalu perancangan mesin semata-mata ditekankan pada kemampuan berproduksi dengan atau sedikit sekali memperhatikan hal-hal yang berkaitan dengan elemen manusia, maka seorang dengan ergonomi proses perancangan mesin lebih memperhatikan aspek-aspek manusia dalam interaksinya dengan mesin secara lebih baik. Dengan kata lain manusia tidak lagi harus menyesuaikan dirinya dengan mesin yang dioperasikan (*The manfits lo the design*), melainkan sebaliknya yaitu mesin dirancang dengan terlebih dahulu memperhatikan kelebihan dan keterbatasan manusia yang mengoperasikan (*The designfils to the Man*).

Dari gambaran singkat diatas, ada beberapa pokok mengenai disiplin ergonomi yaitu :

1. Ergonomi mengfokuskan perhatiannya pada hal-hal yang berkaitan erat dengan aspek-aspek manusia di dalam perancangan fasilitas kerja dan lingkungan kerjanya. Pendekatan ergonomi akan ditekankan pada penelitian kemampuan dan keterbatasan manusia baik secara fisik maupun secara mental psikologi dan interaksinya dengan sistem manusia mesin yang integral. Secara sistematis pendekatan ergonomi memanfaatkan informasi tersebut untuk tujuan rancang bangun sehingga akan tercipta produk, sistem atau lingkungan kerja yang sesuai dengan manusia sehingga akan meningkatkan efektifitas dan produktivitas kerja, serta dapat menciptakan lingkungan kerja yang cocok, aman, nyaman dan sehat.

2. Ergonomi mampu menimbulkan "*function/ effectiveness*" dan kenyamanan bagi pemakai dari peralatan, fasilitas maupun lingkungan kerja yang dirancang.
3. Maksud dan tujuan dari pendekatan disiplin ergonomi .
 - Diarahkan pada upaya memperbaiki *performance* kerja manusia seperti menambah kecepatan kerja, *accuracy*, keselamatan kerja disamping untuk mengurangi energi kerja yang berlebihan serta mengurangi datangnya kelelahan yang terlalu cepat.
 - Untuk memperbaiki pendayagunaan sumber daya manusia serta meminimumkan kerusakan peralatan yang disebabkan kesalahan manusia (*human error*). Mesin atau fasilitas kerja tidak seharusnya mengatur manusia tetapi manusia dipakai sebagai dasar penyesuaian dalam perancangan mesin dan fasilitas kerja, sehingga manusia atau operator semuanya dibebankan tugas yang manusiawi.
4. Pendekatan khusus yang ada dalam disiplin ergonomi adalah aplikasi yang sistematis dari segala informasi yang relevan dimana berkaitan dengan karakteristik dan perilaku manusia dalam perancangan peralatan, fasilitas dan lingkungan kerja yang dipakai. Untuk ini analisis dari penelitian ergonomi akan meliputi hal-hal yang berkaitan dengan:
 - Anatomi (struktur), fisiologi dan anthropometri (ukuran) tubuh manusia.
 - Psikologi dan fisiologi mengenai fungsinya otak dan sistem syaraf yang berperan dalam mengendalikan tingkah laku manusia.
 - Kondisi-kondisi kerja yang dapat mencederai baik dalam waktu yang pendek maupun panjang serta membuat manusia atau kondisi-kondisi kerja yang membuat nyaman kerja manusia.

Dengan memperhatikan hal-hal tersebut maka penelitian dan pengembangan ergonomi akan memerlukan dukungan berbagai disiplin keilmuan seperti psikologi, anthropometri, fisiologi, anatomi, engineering manajemen dan design.

2.2. Anthropometri

2.2.1. Definisi Anthropometri

Istilah Anthropometri berasal dari kata "*Anihro*" yang berarti manusia dan "*metri*" yang berarti ukuran (Sritomo Wignjosuebrot, 1995). Secara definitif anthropometri dapat dinyatakan sebagai studi yang berkaitan dengan dimensi tubuh manusia, dan secara luas digunakan sebagai pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan produk maupun sistem kerja yang memerlukan interaksi manusia. Data anthropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas dalam :

- Perancangan areal kerja.
- Perancangan peralatan kerja.
- Perancangan produk-produk konsumtif.
- Perancangan lingkungan kerja fisik.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data anthropometri akan menentukan bentuk, ukuran dan dimensi yang tepat yang berkaitan dengan produk yang dirancang. Dalam kaitan ini maka perancangan produk harus mampu mengakomodasikan dimensi tubuh manusia dari populasi terbesar yang akan menggunakan produk hasil rancangan tersebut, sekurang-kurangnya 90%-95% dari populasi yang menjadi target dalam pemakai suatu produk. Rancangan produk yang dapat diatur secara fleksibel jelas memberikan kemungkinan lebih besar bahwa produk tersebut akan mampu dioperasikan oleh setiap orang meskipun ukuran tubuh mereka berbeda-beda. Kemampuan menyesuaikan (*adjustability*) suatu produk merupakan suatu persyaratan yang sangat penting dalam proses perancangan terutama untuk produk-produk yang berorientasi ekspor.

2.2.2. Data Anthropometri dan Cara Pengukurannya

Setiap manusia pada umumnya memiliki ciri yang berbeda-beda dalam hal bentuk dan dimensi (ukuran) tubuhnya. Disini ada beberapa faktor yang akan mempengaruhi

ukuran tubuh manusia, sehingga dalam perancangan suatu produk harus memperhatikan faktor-faktor tersebut yang meliputi antara lain :

- Random atau acak.

Dalam perancangan suatu produk maupun merancang lingkungan kerja sebaiknya memperhatikan faktor-faktor random dari populasi yang ada, seperti misalnya : Keacakan jenis kelamin, usia, pekerjaan, dan lain-lain.

- Pertimbangan suku

Latar belakang suku bangsa akan memberikan karakteristik yang berbeda satu sama lainnya, antara lain perbedaan adat istiadat cara berpikir, cara bertindak dan cara menggunakan suatu produk atau melakukan pekerjaan tertentu.

- Pertimbangan jenis kelamin

Jenis kelamin sangat penting sebagai bahan pertimbangan perancangan, mengingat ukuran tubuh jenis kelamin laki-laki secara fisik umumnya lebih besar daripada ukuran tubuh wanita.

- Pertimbangan usia

Terdapat lima klasifikasi usia pada manusia yaitu :

- > Usia bayi
- > Usia anak-anak
- > Usiaremaja
- > Usiadewasa
- > Usia lanjut

Secara umum dimensi tubuh manusia akan tumbuh dan bertambah besar sampai batas usia dewasa, namun setelah itu tinggi badan akan cenderung menurun yakni antara lain disebabkan berkurangnya elastisitas tulang belakang (*intervertebral disc*) selain itu dinamika gerakan tangan dan kaki juga akan berkurang sejalan dengan bertambahnya usia.

- Posisi tubuh (*posture*)

Sikap ataupun posisi tubuh berpengaruh terhadap ukuran tubuh oleh sebab itu, posisi tubuh standar harus diterapkan untuk survey pengukuran. Dalam kaitan dengan posisi tubuh dikenal 2 cara pengukuran :

1. Pengukuran Dimensi Statis

Pengukuran terhadap dimensi tubuh manusia yang dilakukan pada saat seseorang dalam posisi diam atau tidak bergerak.

2. Pengukuran Dimensi Dinamis.

Pengukuran Dimensi tubuh manusia yang dilakukan pada saat seseorang melakukan gerakan-gerakan tertentu yang berkaitan dengan kegiatan yang harus diselesaikan. Anthropometri dari posisi tubuh yang melakukan gerakan dinamis akan banyak diaplikasikan dalam proses perancangan fasilitas ataupun lingkungan kerja. Disebut juga pengukuran dimensi fungsional tubuh.

- Pertimbangan pekerjaan

Pekerjaan dapat dipakai sebagai pertimbangan dalam rancangan, mengingat setiap jenis pekerjaan memiliki tingkat klasifikasi dan tingkat kerumitan serta tingkat intensitas pekerjaan tertentu. Dalam hal ini diperlukan suatu rancangan yang dapat mengakomodasikan segala kesulitan dan hambatan yang membuat pekerjaan tersebut tidak terselesaikan dengan baik.

- Pertimbangan keterbatasan fisik

Seiring dengan perkembangan ergonomi, maka rancang bangun fasilitas akomodasi untuk para penderita cacat tubuh secara fisik diberi prioritas sehingga mereka dapat ikut serta merasakan kesamaan dalam penggunaan jasa dari ilmu ergonomi di dalam masyarakat luas. Masalah yang sering timbul seperti, misalnya : keterbatasan jarak jangkauan, dibutuhkan ruang kaki (*knee space*) untuk rancang bangun meja kerja, disediakan jalur / lorong khusus kursi roda, dan lain-lain.

- **Pertimbangan pakaian**
Tebal tipis pakaian yang dipakai karena faktor iklim yang berbeda akan memberi variasi yang berbeda-beda pula dalam rancangan.
- **Kehamilan**
Kondisi semacam ini jelas akan mempengaruhi bentuk ukuran tubuh (khusus perempuan) sehingga memerlukan perhatian khusus terhadap produk-produk yang dirancang.

Akhirnya sekalipun segmentasi dari populasi yang ingin dituju dari rancangan suatu produk selalu berhasil diidentifikasi sebaik-baiknya berdasarkan faktor-faktor seperti yang telah diuraikan, namun adanya variasi ukuran bukan tidak mungkin tetap dijumpai. Permasalahan variasi ukuran sebenarnya akan mudah diatasi dengan cara merancang produk yang mampu suai/atur (*adjustable*) dalam suatu rentang dimensi ukuran pemakainya.

2.2.3. Aplikasi Data Anthropometri dalam Perancangan Produk

Agar rancangan suatu produk sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang mengoperasikannya, maka harus diperhatikan prinsip-prinsip dalam aplikasi data anthropometri yaitu:

- a. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran ekstrim.

Perancangan produk dibuat agar dapat memenuhi dua sasaran produk yaitu :

- Bisa sesuai untuk ukuran tubuh manusia dengan klasifikasi ekstrim (terlalu besar atau kecil).
- Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada).

Agar dapat memenuhi sasaran tersebut maka ukuran yang diaplikasikan ditetapkan dengan cara:

- Untuk dimensi minimum didasarkan pada nilai persentil yang terbesar seperti 90-th, 95-th, atau 99-th persentil. Contoh penggunaannya seperti dari dalam

penetapan ukuran minimal dari lebar dan tinggi dari pembuatan pintu darurat, kursi, dan lain-lain.

- Untuk dimensi maksimum didasarkan pada nilai persentil yang terkecil seperti 1-th, 5-th, atau 10-th persentil. Misalnya dalam perancangan alat kontrol yang harus dioperasikan oleh seorang pekerja. Secara umum aplikasi data anthropometri untuk perancangan produk ataupun fasilitas kerja akan menetapkan nilai 5-th persenti! untuk dimensi maksimum dan 95-th untuk dimensi minimumnya.
- b. Prinsip perancangan produk yang bisa dioperasikan diantara rentang ukuran tertentu.
- Rancangan bisa diubah-ubah ukurannya sehingga cukup fleksibel dioperasikan oleh berbagai populasi yang memiliki ukuran dimensi tubuh yang berbeda.
- c. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata.
- Rancangan produk didasarkan terhadap rata-rata ukuran manusia. Disini produk dirancang bagi mereka yang berukuran rata-rata sedang yang memiliki ukuran ekstrik akan dibuatkan rancangan tersendiri.

2.3. Pendekatan Ergonomis dalam Perancangan Stasiun Kerja

Secara ideal perancangan stasiun kerja haruslah disesuaikan peranan dan fungsi pokok dari komponen-komponen sistem kerja yang terlihat yaitu manusia, mesin/peralatan dan lingkungan fisik kerja.

Berkaitan dengan perancangan stasiun kerja dalam industri maka ada beberapa aspek ergonomis yang harus dipertimbangkan sebagai berikut:

- a. Sikap dan posisi kerja.

Beberapa pekerjaan akan memerlukan sikap dan posisi tertentu yang kadang-kadang cenderung untuk tidak mengenakan dan kadang-kadang harus berlangsung dalam waktu yang cukup lama. Hal ini akan mengakibatkan pekerja cepat lelah, membuat banyak kesalahan dan menderita cacat tubuh. Untuk menghindari sikap dan

posisi kerja yang kurang menguntungkan ini pertimbangan-pertimbangan ergonomis antara lain menyarankan hal-hal seperti

b. Anthropometri dan dimensi ruang kerja.

Anthropometri pada dasarnya akan menyangkut ukuran fisik atau fungsi dari tubuh manusia termasuk disini ukuran linier, berat, volume, ruang gerak, dan lain-lain. Persyaratan ergonomis mensyaratkan agar supaya peralatan dan fasilitas kerja sesuai dengan orang yang menggunakan, khususnya yang menyangkut dimensi tubuh, biasanya digunakan data anthropometri antara 5-th dan 95-th persentil.

Dimensi ruang kerja akan dipengaruhi oleh dua hal pokok yaitu situasi kerja yang ada. Didalam menentukan dimensi ruang kerja perlu diperhatikan jarak jangkauan yang bisa dilakukan oleh operator, batasan-batasan ruang yang enak dan cukup memberikan keleluasaan gerak dan kebutuhan area minimum yang harus dipenuhi untuk kegiatan-kegiatan tertentu.

c. Kondisi lingkungan kerja.

Adanya lingkungan fisik kerja yang bising, panas, bergetar, atau atmosfer yang tercemar akan memberi dampak negatif terhadap *performance* kerja. Adalah satu hal yang sangat penting untuk mempertimbangkan seluruh aspek lingkungan fisik kerja yang tidak terkendali yang memiliki potensi bahaya pada saat proses perancangan stasiun kerja dan sistem pengendaliannya untuk memberikan tindakan *preventif*.

2.4. Pemindahan Material Secara Manual

Pemindahan bahan secara manual jika tidak dilakukan secara ergonomis akan menimbulkan kecelakaan kerja, yaitu kerusakan jaringan tubuh yang diakibatkan oleh beban angkat yang berlebihan. Data mengenai insiden tersebut telah mencapai nilai rata-rata 18% dari seluruh kecelakaan selama tahun 1982-1985 menurut data statistik tentang kompensasi para pekerja di negara bagian New South Wales, Australia. Dari data kecelakaan ini 93% diantaranya diakibatkan oleh *strain* (rasa nyeri) yang berlebihan,

sedangkan 5% lainnya pada hernia. Dari data tentang strain 61% diantaranya berada pada bagian punggung.

Rasa nyeri yang kronis ini membutuhkan penyembuhan yang cukup lama. Disamping itu, biaya yang dikeluarkan merupakan bagian dominan dari keseluruhan biaya kecelakaan.

Faktor yang berpengaruh terhadap timbulnya nyeri punggung adalah arah beban yang akan diangkat dan frekuensi aktivitas pemindahan. Usaha untuk mengurangi hal tersebut adalah dengan cara mengadakan pelatihan, pendidikan dan penyuluhan tentang pengaruh negatifnya serta perhatian khusus pada perancangan produk yang nantinya akan dikonsumsi masyarakat.

Masyarakat harus sadar bahwa pada usia menengah (diatas 40 tahun) merupakan usia yang berpeluang besar untuk mendapatkan resiko ini.

Beberapa parameter yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

- Beban yang harus diangkat.
- Perbandingan antara berat bahan dan operator.
- Jarak horisontal dari beban terhadap operator.
- Ukuran beban yang diangkat (beban yang berdimensi besar akan mempunyai jarak pusat gravitasi yang lebih jauh dari tubuh dan dapat mengganggu jarak pandangan).

2.4.1. Faktor Resiko

Beberapa faktor yang berpengaruh dalam pemindahan material adalah sebagai berikut:

- Berat bahan yang harus diangkat dan perbandingannya terhadap berat badan operator.
- Jarak horisontal dari beban relatif terhadap operator.
- Ukuran beban yang harus diangkat (ukuran beban yang besar) akan memiliki pusat massa yang letaknya jauh dari badan operator dan juga akan menghalangi pandangan operator.

- Ketinggian beban yang harus diangkat dan jarak perpindahan beban (mengangkat beban dari permukaan lantai akan relatif lebih sulit daripada mengangkat beban dari ketinggian pada permukaan pinggang).
- Beban puntir pada badan operator selama aktivitas angkat beban.
- Prediksi terhadap berat bahan yang diangkat. Hal ini adalah untuk mengantisipasi beban yang lebih berat dari yang diperkirakan.
- Stabilitas beban yang akan diangkat.
- Kemudahan untuk dijangkau oleh operator.
- Berbagai macam rintangan yang menghalangi atau keterbatasan postur tubuh yang berada pada suatu tempat kerja.
- Frekuensi aktivitas angkat.
- Metode angkat yang benar (tidak boleh mengangkat beban secara tiba-tiba).
- Tidak terkoordinasi kelompok kerja.
- Pengangkatan suatu beban dalam suatu periode.

2.4.2. Beberapa Pendekatan untuk Mengurangi Resiko

Kebutuhan untuk mengangkat secara manual harus benar-benar diteliti secara ergonomis. Penelitian ini akan menghasilkan adanya standarisasi dalam aktivitas angkat manusia.

Standar kemampuan angkat tersebut tidak hanya meliputi arah beban, tetapi juga berisi ketinggian dan jarak operator terhadap beban dan metode angkat terbaik harus diimplementasikan.

2.4.3. Penyelesaian untuk Pemindahan Material Secara Teknis

Beberapa penyelesaian secara teknis untuk pemindahan material secara manual adalah sebagai berikut:

- Letakkan benda kerja yang besar pada permukaan yang lebih tinggi dan turunkan dengan bantuan gaya gravitasi.

- Berikan peralatan yang dapat mengangkat.
- Desainlah kotak tempat benda kerja yang disertai hendel yang ergonomis sehingga mudah pada waktu mengangkat.
- Aturilah peletakan fasilitas sehingga semakin memudahkan metodologi angkat benda pada ketinggian permukaan pinggang.
- Bebaskan area kerja dari gerakan dan peletakan material yang mengganggu jalur dari operator.
- Hindarkan rantai kerja dari sesuatu yang dapat membuat licin sehingga membahayakan operator pada saat perjalanan memindahkan material.
- Buatlah suatu ruang kerja yang cukup gerakan dinamis bebas operator.
- Tempatkan semua material sedekat mungkin operator.

2.5. Tes Kecukupan Data

Hasil pencatatan waktu penyelesaian suatu elemen kerja menunjukkan adanya variansi data. Variansi tersebut perlu diketahui untuk menentukan jumlah pengamatan yang harus dilakukan, karena semakin besar variansinya akan mengakibatkan jumlah pengamatan yang semakin besar.

Untuk menentukan jumlah pengamatan (N') yang harus dilakukan, maka harus ditentukan tingkat kepercayaan dan tingkat ketelitian yang diharapkan. Didalam aktivitas pengukuran kerja biasanya akan diambil tingkat kepercayaan 95% dan derajat ketelitian 5%. Hal ini berarti bahwa sekurang-kurangnya 95 dari 100 harga rata-rata dari waktu yang dicatat/diukur untuk suatu elemen kerja, akan memiliki penyimpangan tidak lebih dari 5%.

Rumus untuk menentukan jumlah pengamatan adalah:

$$N' = \left(\frac{k / s \sqrt{N (\sum x^2) - (\sum x)^2}}{(\sum x)} \right)^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana: N' = jumlah pengamatan yang harus dilakukan

N = jumlah pengamatan awal yang dilakukan

x = nilai pengamatan

k = tingkat kepercayaan,

dimana: nilai k untuk tingkat kepercayaan 68% adalah 1

nilai k untuk tingkat kepercayaan 90% adalah 1,64

nilai k untuk tingkat kepercayaan 95% adalah 1,96

nilai k untuk tingkat kepercayaan 99% adalah 2,59

s = derajat ketelitian

Pada tes kecukupan data: suatu data dikatakan cukup apabila $N' < N$, jika data tidak cukup maka pengamatan awal perlu ditambah (Sritomo Wignjosoebroto, 1995).

2.6. Tes Keseragaman Data

Test keseragaman data dapat dilakukan dengan cara visual. Cara visual dilakukan dengan membuang data yang ekstrim, yaitu data yang terlalu kecil dan data yang terlalu besar. Data ekstrim dapat disebabkan oleh kesalahan membaca stopwatch ataupun karena kondisi tidak normal. Untuk data ekstrim tidak pada kondisi normal tidak boleh langsung dibuang.

Sedangkan cara kedua, yaitu dengan mengaplikasikan pada peta kontrol adalah dengan membuang data yang berada di luar batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB). Ini berarti data yang ada dianggap seragam jika data pengukuran waktu itu terletak di antara BKA dan BKB.

Formulasi dari batas kontrol adalah sebagai berikut:

$$\text{batas kontrol bawah (BKB)} = \bar{x} - k \sigma$$

$$\text{batas kontrol atas (BKA)} = \bar{x} + k \sigma \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana : \bar{x} = waktu pengamatan rata-rata

k = tingkat kepercayaan

σ = standart deviasi

2.7. Faktor Penyesuaian

Selama pengukuran berlangsung, pengukuran harus dilakukan berdasarkan kenormalan kerja yang ditunjukkan oleh pengamatan kerja pada operator. Ketidaknormalan dari ini diakibatkan oleh operator yang bekerja kurang wajar yaitu bekerja dalam tempo yang tidak sebagaimana mestinya. Hal ini tidak diinginkan karena waktu baku yang dicari adalah waktu yang diperoleh dari kondisi dan cara kerja yang baku dan diselesaikan secara wajar.

Aktivitas untuk menilai atau mengevaluasi kecepatan kerja operator ini dikenal sebagai *Performance Rating* atau faktor penyesuaian yang penilaiannya lebih cenderung bersirat subyektif. Dengan melakukan rating ini diharapkan waktu kerja yang diukur bisa dinormalkan kembali. Penghitungan waktu normal ini dilakukan dengan cara mengalikan waktu pengamatan rata-rata dengan faktor penyesuaian atau rating "p".

Apabila operator dinyatakan terlalu cepat yaitu bekerja di atas bias kewajaran, maka faktor penyesuaian ini akan lebih besar daripada satu ($p > 1$). Apabila operator bekerja terlalu lambat yaitu bekerja di bawah kewajaran, maka faktor penyesuaian akan bernilai kurang dari satu ($p < 1$). Apabila operator bekerja secara normal, maka faktor penyesuaian diambil sama dengan satu. Untuk kondisi kerja dimana operasi secara penuh dilaksanakan oleh mesin, maka waktu yang diukur dianggap merupakan waktu yang normal

Ada beberapa sistem untuk memberikan rating yang umumnya diaplikasikan di dalam aktivitas pengukuran kerja. Salah satunya adalah *Westing House System's Rating* yang lebih lengkap dibandingkan dengan sistem yang dilaksanakan oleh *Bedawc*. Di sini selain kecakapan (*skill*) dan usaha (*effort*) sebagai faktor yang mempengaruhi *performance* manusia, maka *Westing House* menambahkan lagi dengan kondisi kerja (*working condition*) dan keagegan (*consistency*) dari operator di dalam melakukan kerja. Tabel dari *performance rating* tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1. Performance Rating Dengan Sistem Westinghouse

SKILL				EFFORT			
+	0,15	A1	Superskill	+	0,13	A1	Superskill
+	0,13	A2		+	0,12	A2	
+	0,11	B1	Excellent	+	0,10	B1	Excellent
+	0,08	B2		+	0,08	B2	
+	0,06	C1	Good	+	0,05	C1	Good
+	0,03	C2		+	0,02	C2	
	0,00	D	Average		0,00	D	Average
-	0,05	E1	Fair	-	0,04	E1	Fair
-	0,10	E2		-	0,08	E2	
-	0,16	F1	Poor	-	0,12	F1	Poor
-	0,22	F2		-	0,17	F2	
CONDITION				CONSISTENCY			
+	0,06	A	Ideal	+	0,04	A	Ideal
+	0,04	B	Excellent	+	0,03	B	Excellent
+	0,02	C	Good	+	0,01	C	Good
	0,00	D	Average		0,00	D	Average
-	0,03	E	Fair	-	0,02	E	Fair
-	0,07	F	Poor	-	0,04	F	Poor

(Sumber: Sritomo Wignjosoebroto " Ergonomi, studigerak dan waktu ", 1995)

2.8. WaktuNormal

Waktu normal adalah waktu yang diperlukan oleh seorang operator untuk bekerja secara normal. Waktu normal dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

Rating Faktor %

$$\text{Waktu normal} = \text{Waktu pengamatan X} \frac{\text{Rating Faktor \%}}{100\%} \dots\dots\dots (2.3)$$

(Sumber: Sritomo Wignjosoebroto " Ergonomi, studigerak dan waktu ", 1995)

2.9. Waktu Longgar

Waktu normal untuk suatu elemen operasi kerja adalah semata-mata menunjukkan bahwa seorang operator yang berkualifikasi baik akan bekerja menyelesaikan pekerjaannya dalam tempo/kecepatan kerja yang normal. Akan tetapi pada kenyataannya tidaklah mungkin seorang pekerja akan bekerja terus menerus tanpa berhenti tanpa ada interupsi sama sekali. Waktu-waktu khusus seperti *personal needs*, istirahat melepas lelah, dan kebutuhan-kebutuhan lain selalu menyertai manusia di sela-sela kerjanya. Dengan demikian kelonggaran waktu (*allowance time*) sangatlah penting untuk diperhitungkan dalam perhitungan waktu standart.

Ada 3 jenis kelonggaran waktu yang diberikan, yaitu:

1. *Personal Allowance*: merupakan kelonggaran waktu untuk memenuhi kebutuhan pribadi.
2. *Fatigue Allowance*: merupakan kelonggaran waktu untuk melepas lelah.
3. *Delay Allowance*: merupakan kelonggaran waktu yang bisa disebabkan faktor yang sulit dihindari, tetapi juga bisa disebabkan oleh beberapa faktor yang masih dapat dihindari. Keterlambatan yang terlalu besar tidak akan ikut dipertimbangkan sebagai penetapan waktu baku.

2.10. Penetapan Waktu Standart

Waktu standart adalah waktu yang diperlukan oleh seorang pekerja yang mempunyai kemampuan rata-rata untuk menyelesaikan suatu pekerjaan, dengan memperhitungkan kelonggaran waktu berdasarkan situasi dan kondisi yang ada.

Waktu standart(W_s) dapat ditetapkan dengan menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$W_s = W_n \times \left[\frac{100\%}{100\% - \%Allowance} \right] \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana: W_s = Waktu standart (detik)

W_n = Waktu normal (detik)

(Sumber: *Sritomo Wignjosoebroto "Ergonomi, studigerak dan waktu ", 1995*)

2.11. Pengukuran Waktu dengan Metode Sampling Kerja

Pengukuran kerja dengan metode ini adalah pengukuran kerja seperti halnya dengan jam henti, yang dilakukan secara langsung di tempat kerja. Metode ini dikatakan efektif untuk mengumpulkan informasi tentang kerja suatu mesin atau operatornya. Karena informasi akan didapatkan dalam waktu relatif singkat dan dengan biaya yang tidak terlalu besar. Dalam pengukuran ini akan diukur ratio delay dari mesin/operator contoh adalah penentuan persentase dari jam dimana seseorang atau mesin benar-benar terlibat dalam aktivitas kerja. Untuk melakukan pengamatan dalam sampling kerja, masing-masing kejadian haruslah memiliki kesempatan yang sama untuk diamati. Dengan kata lain pengamatan haruslah dilaksanakan secara acak. Untuk maksud itu maka penggunaan tabel angka acak atau merandom dengan menggunakan bantuan program QS, merupakan metode terbaik guna menjamin pengamatan benar-benar dipilih secara acak.

Pada pengukuran dengan metode kerja ini derajat ketelitian dapat dicari berdasarkan rumus:

$$s = \frac{k}{\bar{p}} \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{N}} \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana: s = tingkat ketelitian

\bar{p} = persentase kegiatan yang diamati

N = jumlah pengamatan yang harus dilakukan

k = tingkat kepercayaan

Data dengan metode pengukuran ini dianggap test keseragaman data menggunakan batas kontrol:

$$\bar{p} \pm k \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana : n = jumlah pengamatan yang dilaksanakan per siklus kerja.

(Sumber : Sritomo Wignjosoebroto “ Ergonomi, studi gerak dan waktu “, 1995)

2.12. Uji Berpasangan

Apabila dua sample yang digunakan dalam test hipotesa bahwa $\mu_1 = \mu_2$ menunjukkan hasil-hasil observasi yang berpasangan, misalnya : $(X_{11} ; X_{21})$, $(X_{12} ; X_{22})$, , $(X_{1n} ; X_{2n})$ dimana X_{11} adalah anggota (observasi) ke 1 dari sample 1, X_{21} adalah anggota ke 1 dari sample 2, dst. , X_{2n} adalah anggota ke n dari sample 2. Maka hipotesa itu bias ditest dengan menggunakan harga statistic baru, yaitu perbedaan antara harga-harga yang berpasangan itu.

Sebab, apabila hipotesa $\mu_1 = \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 = 0$ benar, maka harga-harga di $(=X_{1i} - X_{2i})$ bias dipandang sebagai sample yang diambil dari suatu populasi dengan mean = 0. Langkah-langkah dalam test hipotesa ini pada umumnya sama dengan yang tersebut di atas. Hanya ada satu perbedaan dengan rumus :

$$t = \frac{D}{Sd / \sqrt{n}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana : D = mean dari harga-harga di

Sd = penyimpangan baku harga-harga di

n = besarnya sampel