

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Ergonomi

Dalam kehidupan manusia tidak lepas dari pada penggunaan fasilitas-fasilitas guna menunjang pekerjaannya sehari-hari. Kerap kali manusia dihadapkan dengan fasilitas yang kurang ergonomis. Dalam menyikapi keadaan demikian, pengaplikasian dari ilmu ergonomi tentunya akan memberikan manfaat bagi kehidupan manusia dalam pekerjaannya seperti dapat mengurangi resiko dalam bekerja, meningkatkan kenyamanan, kesehatan dan lain-lain. Berkaitan dengan ilmu ergonomi tersebut, berikut ini ada beberapa definisi mengenai ergonomi yaitu:

Nurmianto (1996) berpendapat bahwa:

Istilah “ergonomi” berasal dari bahasa Latin yaitu *ERGON* (KERJA) dan *NOMOS* (HUKUM ALAM) dan dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan desain/ perancangan.

Sutalaksana (2006) berpendapat bahwa:

Ergonomi ialah suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenal sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia dalam merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu, dengan efektif, aman, sehat, nyaman dan efisien.

2.1.1 Peranan Ergonomi

Penerapan ergonomi pada umumnya merupakan aktivitas rancang bangun (*design*) maupun rancang ulang (*re-design*). Hal ini meliputi perangkat keras seperti perkakas kerja (*tools*), bangku kerja (*benches*), *platform*, kursi, pegangan alat kerja (*workholders*), sistem pengendali (*controls*), alat peraga (*displays*),

jalan/lorong (*access ways*), pintu (*doors*), jendela (*windows*), dan lain-lain (Nurmianto, 1996).

Penerapan faktor ergonomi lainnya yang tidak kalah penting adalah untuk desain dan evaluasi produk (Nurmianto, 1996). Produk-produk ini haruslah dapat dengan mudah diterapkan (dimengerti dan digunakan) pada sejumlah populasi masyarakat tertentu tanpa mengakibatkan bahaya/resiko dalam penggunaannya.

2.1.2 Tujuan Ergonomi

Tujuan ergonomi adalah untuk meningkatkan produktivitas tenaga kerja pada suatu instansi atau organisasi. Hal ini dapat tercapai dengan cara memperhatikan empat tujuan utama ergonomi yaitu (Santoso, 2004):

- Memaksimalkan efisiensi karyawan
- Memperbaiki keselamatan dan kesehatan kerja
- Mengajukan agar bekerja aman, nyaman dan bersemangat
- Memaksimalkan performa kerja yang meyakinkan

Meskipun istilah ergonomi di berbagai negara berbeda-beda namun mempunyai misi tujuan yang sama (Sutalaksana, 1979). Dua misi pokok ergonomi adalah:

- a. Penyesuaian antara peralatan kerja dengan kondisi tenaga kerja. Kondisi kerja ini bukan saja aspek fisiknya (ukuran anggota tubuh : tangan, kaki, tinggi badan) tetapi juga kemampuan intelektual atau berfikirnya. Cara meletakkan dan penggunaan mesin otomatis dan komputerisasi disuatu pabrik misalnya harus disesuaikan dengan tenaga kerja yang akan mengoperasikan mesin tersebut, baik dari segi tinggi badan dan kemampuannya. Dalam hal ini yang menggunakan alat-alat tersebut.
- b. Apabila peralatan kerja dan manusia atau tenaga kerja sudah cocok maka kelelahan dapat dicegah dan hasilnya lebih efisien. Hasil suatu proses kerja yang efisien berarti memperoleh produktivitas kerja yang tinggi.

2.2 Definisi Antropometri

Dalam merancang sebuah fasilitas tentunya harus mempertimbangkan aspek-aspek ergonomisnya, dimana aspek tersebut dapat dilihat dari kondisi manusianya itu sendiri. Dalam aplikasi ilmu ergonomi menyangkut sebuah rancangan fasilitas bahwa sebuah rancangan ergonomis dapat dibuat dengan melihat dimensi tubuh pemakai (manusia). Cabang ilmu ergonomi yang mempelajari mengenai hal tersebut dikenal dengan nama Antropometri.

Menurut Stevenson (1989) dan Nurmiyanto (1991) dalam buku Nurmiyanto (1996) berpendapat bahwa:

Antropometri adalah satu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia ukuran, bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Penerapan data antropometri ini akan dapat dilakukan jika tersedia nilai rata-rata (*mean*) dan standar deviasi (SD) nya dari suatu distribusi normal.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan antara satu populasi dengan populasi yang lain yaitu (Nurmiyanto, 1996):

1. Keacakan/ Random

Dalam satu kelompok populasi masih akan terdapat perbedaan yang signifikan dalam masyarakat. Distribusi frekuensi secara statistik dari dimensi kelompok anggota masyarakat jelas dapat dinyatakan dengan menggunakan Distribusi Normal, yaitu dengan menggunakan data persentil yang telah diduga, jika mean (rata-rata) dan Standar Deviasinya telah dapat diestimasi.

2. Jenis Kelamin

Secara distribusi statistik ada perbedaan yang signifikan antara dimensi tubuh pria dan wanita. Dimensi pria dan wanita ada perbedaan yang signifikan diantara mean (rata-rata) dan nilai perbedaan ini tidak dapat diabaikan. Pria dianggap lebih panjang dimensi segmen badannya daripada wanita. Oleh karena itu data antropometri untuk kedua jenis kelamin tersebut disajikan secara terpisah.

3. Suku Bangsa (*Ethnic Variability*)

Variasi diantara beberapa kelompok suku bangsa telah menjadi hal yang tidak kalah pentingnya terutama karena meningkatnya jumlah angka migrasi dari satu negara ke negara lain. Suatu contoh sederhana bahwa yaitu dengan meningkatnya jumlah penduduk yang migrasi dari Negara Vietnam ke Australia, untuk mengisi jumlah satuan angkatan kerja (*industrial workforce*), maka akan mempengaruhi antropometri secara nasional.

4. Usia

Digolongkan atas beberapa kelompok usia yaitu:

- balita
- anak-anak
- remaja
- dewasa
- lanjut usia

Hal ini jelas berpengaruh terutama jika desain diaplikasikan untuk antropometri anak-anak. Antropometrinya akan cenderung terus meningkat sampai batas usia dewasa. Namun setelah menginjak dewasa, tinggi badan manusia mempunyai kecenderungan untuk menurun yang antara lain disebabkan oleh berkurangnya elastilitas tulang belakang (*intervertebral discs*). Selain itu juga berkurangnya dinamika gerakan tangan dan kaki.

5. Jenis Pekerjaan

Beberapa jenis pekerjaan tertentu menuntut adanya persyaratan dalam seleksi karyawan/ stafnya. Seperti misalnya buruh dermaga/ pelabuhan harus mempunyai Postisitubuh yang relatif lebih besar dibandingkan dengan karyawan perkantoran pada umumnya. Apalagi jika dibandingkan dengan jenis pekerjaan militer.

6. Pakaian

Hal ini juga merupakan sumber variabilitas yang disebabkan oleh bervariasinya iklim/musim yang berbeda dari suatu tempat dengan

tempat yang lainnya terutama untuk daerah dengan empat musim. Misalnya pada waktu musim dingin manusia akan memakai pakaian yang relatif lebih tebal dan ukuran yang relatif lebih besar. Ataupun untuk para pekerja dipertambangan, pengeboran lepas pantai, pengecoran logam, bahkan para penerbang dan astronotpun harus mempunyai pakaian khusus.

7. Faktor Kehamilan pada Wanita

Faktor ini sudah jelas akan mempunyai pengaruh perbedaan yang berarti kalau dibandingkan dengan wanita yang tidak hamil, terutama yang berkaitan dengan analisis perancangan produk (APP) dan analisis perancangan kerja (APK).

8. Cacat Tubuh Secara Fisik

Suatu perkembangan yang menggembirakan pada dekade terakhir yaitu dengan diberikannya skala prioritas pada rancang bangun fasilitas akomodasi untuk para penderita cacat tubuh secara fisik sehingga mereka dapat ikut serta merasakan “kesamaan” dalam penggunaan jasa dari hasil ilmu ergonomi di dalam pelayanan untuk masyarakat. Masalah yang sering timbul misalnya keterbatasan jarak jangkauan, dibutuhkan ruang kaki (*knee space*) untuk desain meja kerja, lorong/jalur khusus untuk kursi roda, ruang khusus di dalam lavatory, jalur khusus untuk keluar masuk perkantoran, kampus, hotel, restoran, supermarket dan lain-lain.

2.2.1 Aplikasi Data Antropometri dalam Perancangan Produk/Fasilitas Kerja

Antropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan ergonomi dalam proses perancangan produk maupun sistem kerja yang akan memerlukan interaksi manusia. Data antropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas antara lain dalam hal (Sritomo, 2003):

1. Perancangan areal kerja (*work station*, interior mobil, dan lain-lain)

2. Perancangan peralatan kerja seperti mesin, *equipment*, perkakas (*tools*) dan sebagainya.
3. Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, kursi/meja komputer dan lain-lain.
4. Perancangan lingkungan kerja fisik.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data antropometri akan menemukan bentuk, ukuran dan dimensi yang tepat yang berkaitan dengan produk yang dirancang yang akan mengoperasikan atau menggunakan produk tersebut. Dalam kaitan ini maka perancangan produk harus mampu mengakomodasikan dimensi tubuh dari populasi terbesar yang akan menggunakan produk hasil rancangan. tersebut.

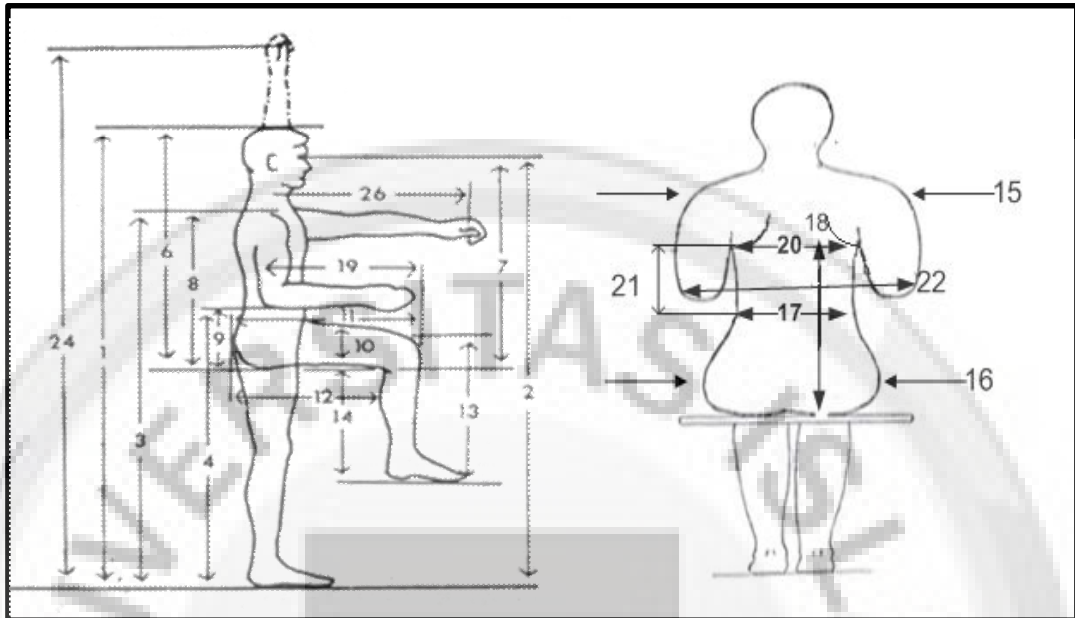
Secara umum sekurang-kurangnya 90-95% dari populasi yang menjadi target dalam kelompok pemakai suatu produk haruslah mampu menggunakan dengan selayaknya. Dalam beberapa kasus tertentu ada beberapa produk yang dirancang fleksibel, misalnya kursi mobil, dapat digerakan maju mundur dan sudut sandarnya bisa dirubah untuk menciptakan posisi nyaman. Rancangan produk yang dapat diatur secara fleksibel jelas memberikan kemungkinan lebih besar bahwa produk tersebut akan mampu digunakan oleh setiap orang meskipun ukuran tubuh mereka berbeda-beda.

Pada dasarnya peralatan kerja yang dibuat dengan mengambil referensi dimensi tubuh tertentu jarang sekali dapat mengakomodasikan seluruh *range* ukuran tubuh dari populasi yang akan menggunakannya. Kemampuan penyesuaian (*adjustability*) suatu produk merupakan suatu prasyarat yang amat penting dalam proses perancangannya terutama produk-produk yang berorientasi ekspor (Sritomo, 2003):

2.2.2 Dimensi Tubuh Antropometri

Dalam merancang fasilitas kerja menggunakan metode antropometri, tentunya harus mempertimbangkan terlebih dahulu fasilitas/produk yang dibuat itu ditujukan untuk pekerja yang bagaimana. Dengan demikian perancang dapat mendefinisikan lebih lanjut dimensi tubuh manusia yang harus dipergunakan mulai dari dimensi tubuh kepala sampai kaki. Berikut ini adalah data

antropometri tubuh manusia yang disajikan pada Gambar 2.1 sampai Gambar 2.4. Selain itu, keterangan dari gambar tersebut yaitu berupa nama dimensi dan lambangnya disajikan dalam Tabel 2.1 sampai Tabel 2.4.



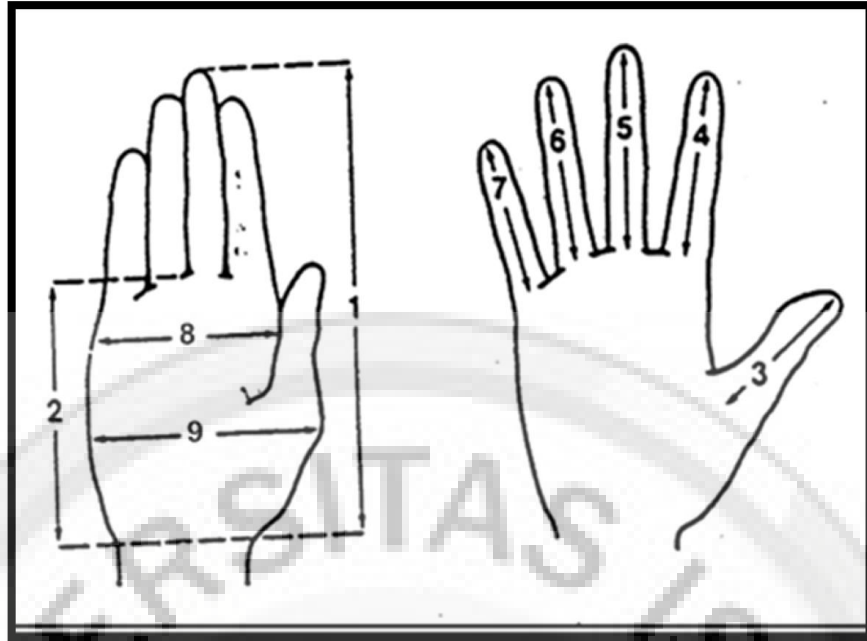
Gambar 2.1 Antropometri tubuh manusia yang diukur dimensinya

Sumber: Nurmianto. (1996)

Tabel 2.1 Antropometri tubuh manusia yang diukur dimensinya

No	Dimensi Tubuh	Lambang	No	Dimensi Tubuh	Lambang
1	Tinggi Badan Tegak	TBT	20	Lebar Sandaran Duduk	LSD
2	Tinggi Mata Berdiri	TMB	21	Panjang Sandaran	PS
3	Tinggi Bahu Berdiri	TBB	22	Siku ke Siku	SS
4	Tinggi Siku Berdiri	TSB	23	Jangkauan Tangan ke Depan	JTD
5	Tinggi Duduk Normal	TDT	24	Tinggi Jangkauan Tangan	TJT
6	Tinggi Duduk Normal	TDN	25	Tinggi Pinggang Berdiri	TPB
7	Tinggi Mata Duduk	TMD	26	Bahu ke Kepala	BK
8	Tinggi Bahu Duduk	TBD	27	Bahu ke Pangkal Kaki	BPK
9	Tinggi Siku Duduk	TSD	28	Pangkal Kaki ke Lutut	PKL
10	Tinggi Paha	TIP	29	Bahu ke Siku	BS
11	Pantat ke Lutut	PL	30	Siku ke Lantai	SL
12	Pantat Popliteal	PPL	31	Pantat ke Perut	PP
13	Lutut ke Lantai	LL	32	Punggung ke Dada	PD
14	Tinggi Popliteal	TIP	33	Siku ke Siku	SS
15	Lebar Bahu	LBH	34	Rentang Tangan	RT
16	Lebar Pinggul	LEP	35	Tinggi Siku Istirahat	TSI
17	Lebar Pinggang	LEPG	36	Tangan Lantai	TL
18	Tinggi Sandaran	TS	37	Tinggi Pinggang Duduk	TPD
19	Siku Tangan	ST	38	Lingkar Pinggang	LPG

Sumber: Nurmianto. (1996)

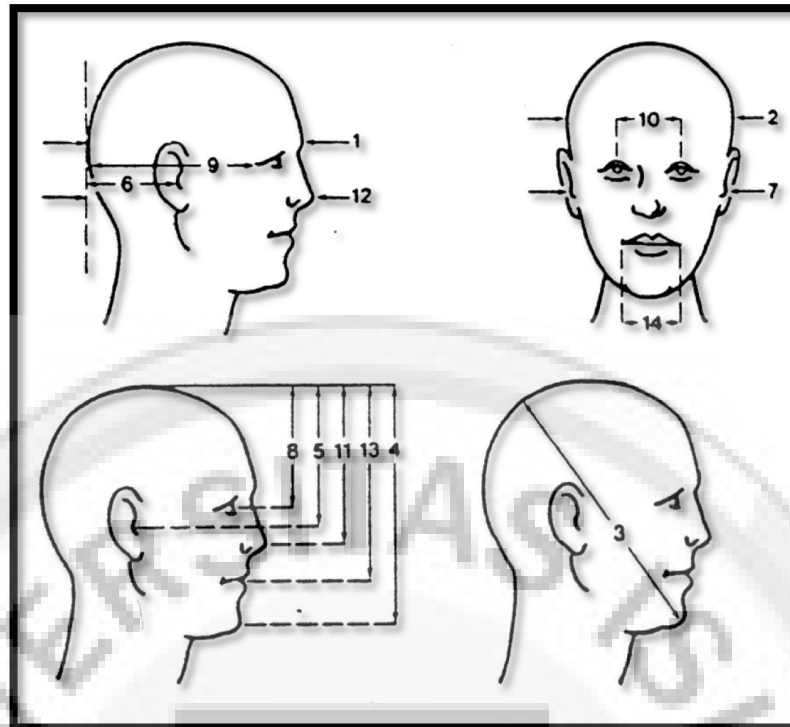


Gambar 2.2 Antropometri tangan
 Sumber: Nurmianto. (1996)

Tabel 2.2 Antropometri tangan

No	Dimensi Tubuh	Lambang
1	Panjang Tangan	PT
2	Panjang Telapak Tangan	PTT
3	Panjang Ibu Jari (Jempol)	PIJ
4	Panjang Jari Telunjuk	PJT
5	Panjang Jari Tengah	PJTH
6	Panjang Jari Manis	PJM
7	Panjang Jari Kelingking	PJK
8	Lebar Telapak Tangan	LTT
9	Lebar Jari 2345	LJ-2345

Sumber: Nurmianto. (1996)

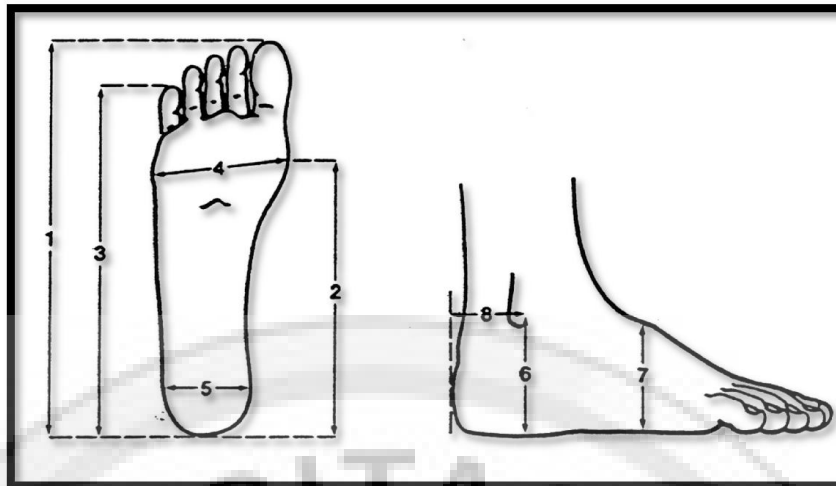


Gambar 2.3 Antropometri kepala
Sumber: Nurmianto. (1996)

Tabel 2.3 Antropometri kepala

No	Dimensi Tubuh	Lambang	No	Dimensi Tubuh	Lambang
1	Lebar Kepala	LK	8	Mata ke Belakang Kepala	MBK
2	Diameter Maximum dari Dagu	DMD	9	Antara Dua Pupil Mata	ADPM
3	Dagu ke Puncak Kepala	DPK	10	Hidung ke Puncak Kepala	HPK
4	Telinga ke Belakang Kepala	TP	11	Hidung ke Belakang Kepala	HBK
5	Telnga ke Belakang Kepala	TBK	12	Mulut ke Puncak Kepala	MUPK
6	Antara Dua Telinga	ADT	13	Lebar Mulut	LM
7	Mata ke Puncak Kepala	MPK	14	Lingkar Kepala	LK

Sumber: Nurmianto. (1996)



Gambar 2.4 Antropometri kaki
 Sumber: Nurmianto. (1996)

Tabel 2.4 Antropometri kaki

No	Dimensi Tubuh	Lambang
1	Panjang Telapak Kaki	PTK
2	Panjang telapak Lengan Kaki	PTLK
3	Panjang Kaki Sampai Jari Kelingking	PKSJK
4	Lebar Kaki	LEK
5	Lebar Tangkai Kaki	LTK
6	Mata Kaki ke Lantai	MKL
7	Tinggi Bagian Tengah Telapak Kaki	TBTTK
8	Jarak Horizontal Tangkai Kaki	JHTK

Sumber: Nurmianto. (1996)

2.2.3 Metode Perancangan dengan Antropometri (*Antropometri Methods*)

Tahapan perancangan sistem kerja menyangkut *work space design* dengan memperhatikan *factor antropometri* secara umum adalah sebagai berikut (Roebuck, 1995) :

1. Menentukan kebutuhan perancangan dan kebutuhannya (*establish requirement*)

2. Mendefinisikan dan mendeskripsikan populasi pemakai
3. Pemilihan sampel yang akan diambil datanya
4. Penentuan kebutuhan data (dimensi tubuh yang akan diambil)
5. Penentuan sumber data (dimensi tubuh yang akan diambil) dan pemilihan persentil yang akan dipakai
6. Penyiapan alat ukur yang akan dipakai
7. Pengambilan data
8. Pengolahan data

Nurmianto (1996) dan Tayyari (1997) menyatakan bahwa tahapan dalam pengolahan data antropometri adalah sebagai berikut:

1. Uji keseragaman data

- Tentukan jumlah seluruh data ($\sum x$)
- Tentukan rata-rata sebenarnya dengan rumus :

$$\bar{X} = \frac{(\sum xi)}{N} \dots\dots\dots(2.1)$$

Ket : X_i = Data antropometri

N = Banyaknya data

- Tentukan standar deviasi dengan rumus :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Ket : \bar{X} = Nilai rata-rata data antropometri

- Hitung batas kontrol atas dan batas kontrol bawah dengan rumus :

$$BKA/BKB = \bar{X} \pm Z\sigma \dots\dots\dots(2.3)$$

Ket : BKA = Batas control atas

BKB = Batas Kontrol bawah

Z = Nilai Z dari tabel distribusi normal

σ = standar deviasi

2. Uji Kecukupan Data

- Untuk data yang belum normal

$$N' = \left[\frac{Z/\alpha \sqrt{N \times \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2 \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan : α = Nilai ketelitian

Catatan: Data dinyatakan cukup apabila nilai $N' < N$.

3. Uji kenormalan data

- Tentukan jumlah kelas (k)

$$k = 1 + 3,3 \log n \dots\dots\dots(2.5)$$

- Tentukan Rentang Kelas (R)

$$R = \text{data maksimum} - \text{data minimum} \dots\dots\dots(2.6)$$

- Tentukan Panjang kelas interval (I)

$$I = R / k \dots\dots\dots(2.7)$$

- Menghitung Nilai Z_1 dan Z_2

$$Z_1 = \frac{\text{Batasbawahkelasboundaris } \bar{X}}{\text{standar.deviasi}} \dots\dots\dots(2.8)$$

- Tentukan luas kurva

$$P(Z_1 < Z < Z_2) \dots\dots\dots(2.9)$$

- Tentukan Nilai e_i

$$e_i = P \times N \dots\dots\dots(2.10)$$

- Menghitung X^2_{hitung}

Hipotesis

1. H_0 : $X^2_{\text{tabel}} > X^2_{\text{hitung}}$ (Data berdistribusi normal)

2. H_1 : $X^2_{\text{tabel}} < X^2_{\text{hitung}}$ (Data tidak berdistribusi normal)

3. $\alpha : 0,05$

4. Daerah kritis : $X^2_{\text{tabel}} > X^2_{\text{hitung}}$

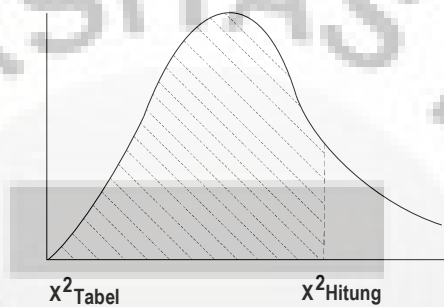
Dimana X^2_{tabel} dapat dilihat tabel Chi-Kuadrat

Derajat Kebebasan $V = k - 3$

$$X^2_{\text{tabel}} = X^2_{(1-\alpha)(V)} \dots\dots\dots(2.11)$$

5. Perhitungan :

$$X^2_{\text{hitung}} = \sum \frac{(f_i \cdot e_i)}{e_i} \dots\dots\dots(2.12)$$



Gambar 2.5 Kurva distribusi normal

6. Apabila $X^2_{\text{tabel}} < X^2_{\text{hitung}}$ maka dapat dikatakan tidak berdistribusi normal, sedangkan jika $X^2_{\text{tabel}} > X^2_{\text{hitung}}$ maka dapat dikatakan berdistribusi normal.

4. Perhitungan persentil data (persentil kecil, rata-rata dan besar)

- Rumus persentil untuk data normal

$$P_5 = \bar{X} - Z\sigma \dots\dots\dots(2.13)$$

$$P_{50} = \bar{X} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$P_{95} = \bar{X} + Z\sigma \dots\dots\dots(2.15)$$

- Rumus persentil untuk data tidak normal

$$P_i = L_i + \left[\frac{\frac{(i.n)}{100} - \sum fn}{F} \right] xk \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

L_i = Batas bawah kelas boundaris

k = Panjang kelas interval

i = 1, 2, 3, ..., 99

F = Frekuensi kelas median

$\sum fn$ = Jumlah frekuensi sebelum kelas median

n = Jumlah data

5. Visualisasi rancangan dengan memperhatikan:

- Posisi tubuh secara normal
- Kelonggaran (pakaian dan ruang)
- Variasi gerak

6. Analisis hasil rancangan

2.3 Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Rapid Upper Limb Assesment (RULA) adalah metode yang dikembangkan dalam bidang ergonomi yang menginvestigasikan dan menilai posisi kerja yang dilakukan oleh tubuh bagian atas. Peralatan ini tidak melakukan piranti khusus dalam memberikan pengukuran posisi leher, punggung, dan tubuh bagian atas sejalan dengan fungsi otot dan beban eksternal yang ditopang oleh tubuh. Penilaian dengan menggunakan metode RULA membutuhkan waktu sedikit untuk melengkapi dan melakukan *scoring* general pada daftar aktivitas yang mengindikasikan perlu adanya pengurangan resiko yang diakibatkan pengangkatan fisik yang dilakukan operator. RULA diperuntukkan dan dipakai

pada bidang ergonomi dengan bidang cakupan yang luas (McAtamney dan Corlett, 1993).

2.3.1 Penilaian Resiko Kerja Menggunakan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*

Penilaian menggunakan RULA merupakan metode yang telah dilakukan oleh Mc Atamney dan Corlett (1993). Tahap-tahap menggunakan metode RULA adalah sebagai berikut :

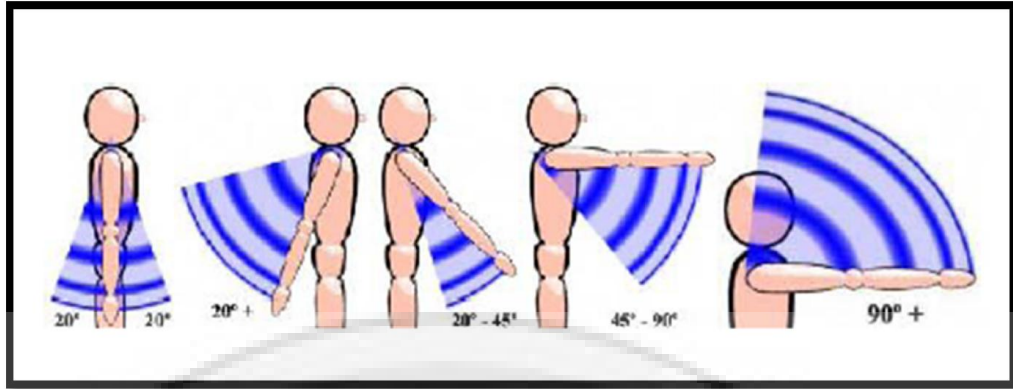
Untuk menghasilkan suatu metode yang cepat digunakan, tubuh dibagi menjadi dua bagian, yaitu grup A dan grup B. Grup A meliputi lengan atas dan lengan bawah serta pergelangan tangan. Sementara grup B meliputi leher, badan dan kaki. Hal ini memastikan bahwa seluruh posisi tubuh dicatat sehingga posisi kaki, badan dan leher yang terbatas yang mungkin mempengaruhi posisi tubuh bagian atas dapat masuk dalam pemeriksaan.

Pemeriksaan atau pengukuran dimulai dengan mengamati operator selama beberapa siklus kerja untuk menentukan tugas dan Posisi pengukuran. Pemilihan mungkin dilakukan pada posisi dengan siklus kerja terlalu lama dimana beban terbesar terjadi. Karena RULA dapat dilakukan dengan cepat, maka pengukuran dapat dilakukan pada setiap posisi pada siklus kerja. Kelompok A memperlihatkan posisi tubuh bagian lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan. Kelompok B memperlihatkan posisi tubuh bagian punggung, leher dan kaki. Dalam pengukuran tersebut menggunakan sistem skor dengan melihat posisi tubuh untuk setiap gerakannya. Berikut ini adalah langkah dalam menentukan nilai skor-skor tersebut:

- Grup A terdiri dari beberapa posisi yaitu sebagai berikut :

- Lengan Bagian Atas

Untuk memberikan penilaian terhadap lengan atas dilakukan dengan cara melihat posisi gerakan lengan atas yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 kemudian diberikan skor terhadap posisi tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 2.5.



Gambar 2.6 Posisi lengan bagian atas
 Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Tabel 2.5 Posisi lengan bagian atas

Skor	Gerakan
1	Lengan atas membentuk sudut 20°
2	Lengan atas membentuk sudut $20^{\circ} - 45^{\circ}$
3	Lengan atas membentuk sudut $45^{\circ} - 90^{\circ}$
4	Lengan atas membentuk sudut lebih dari 90°

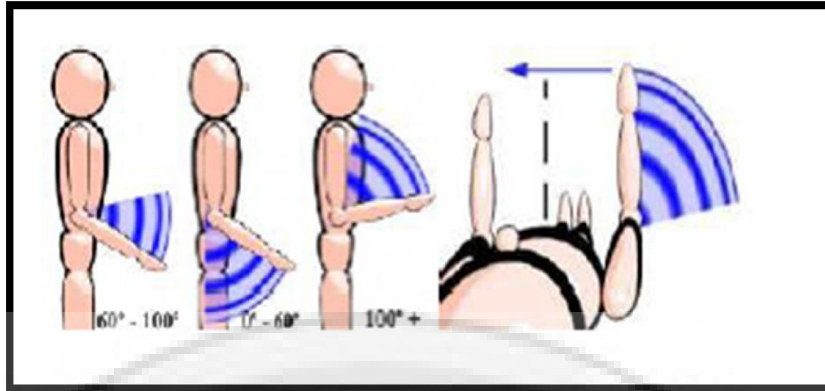
Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Keterangan:

- ✓ + 1 jika pundak/bahu ditinggikan
- ✓ + 1 jika lengan atas *abducted*
- ✓ -1 jika operator bersandar atau bobot lengan ditopang

➤ Lengan Bagian Bawah

Untuk memberikan penilaian terhadap lengan bawah dilakukan dengan cara melihat posisi gerakan lengan bawah yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 kemudian diberikan skor terhadap posisi tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 2.6.



Gambar 2.7 Posisi lengan bagian bawah
 Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Tabel 2.6 Posisi lengan bagian bawah

Skor	Gerakan
1	Lengan bawah membentuk sudut $60^{\circ} - 100^{\circ}$
2	Lengan bawah membentuk sudut kurang dari 60° atau lebih dari 100°

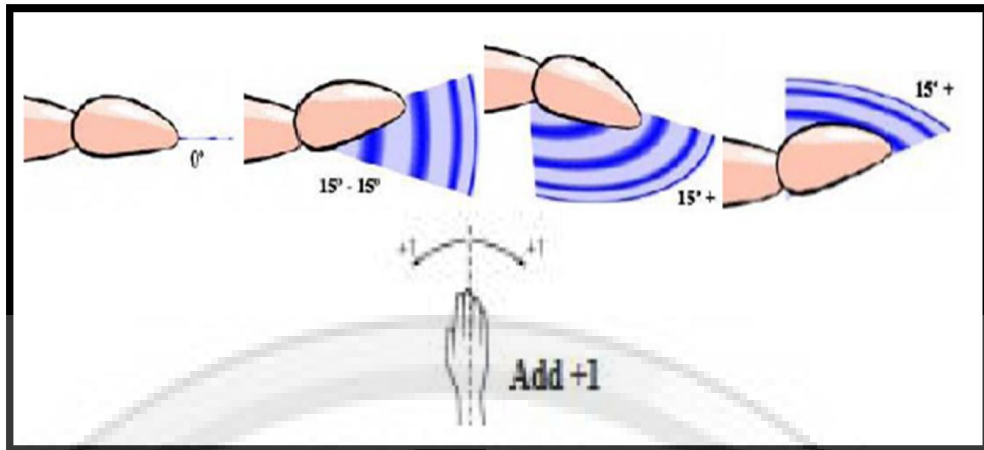
Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Keterangan:

- ✓ + 1 jika lengan bekerja melintasi garis tengah badan atau keluar dari sisi

➤ Tekukan Telapak Tangan dan Posisi Telapak Tangan yang Mengalami Tekukan dan Putaran

Untuk memberikan penilaian terhadap tekukan telapak tangan dilakukan dengan cara melihat posisi tekukan telapak tangan yang ditunjukkan pada Gambar 2.8 kemudian diberikan skor terhadap posisi tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 2.7. Selain itu, dari posisi tekukan tersebut dilihat apakah mengalami perputaran juga atau tidak yang ditunjukkan pada Tabel 2.8.



Gambar 2.8 Posisi telapak tangan
 Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Tabel 2.7 Posisi tekukan telapak tangan (*wrist*)

Skor	Gerakan
1	Jika telapak tangan berada dalam posisi netral
2	Jika telapak tangan tertekuk dengan sudut $0^{\circ} - 15^{\circ}$
3	Jika telapak tangan tertekuk dengan sudut lebih dari 15°

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Keterangan:

- ✓ +1 jika pergelangan tangan berada pada deviasi radial maupun ulnar

Tabel 2.8 Posisi telapak tangan yang mengalami tekukan dan perputaran

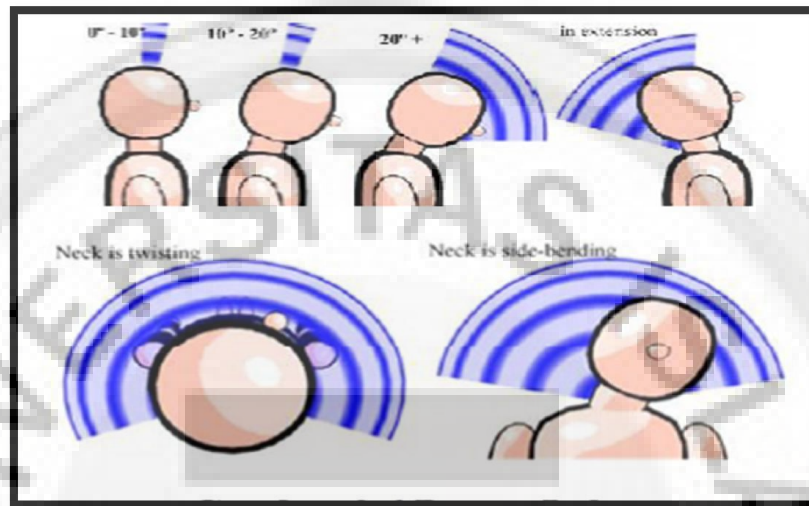
Skor	Gerakan
1	Bila telapak tangan yang tertekuk berputar pada posisi ditengah
2	Bila telapak tangan tertekuk didekat atau diakhiri dari putaran

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

- Grup B terdiri dari beberapa posisi yaitu sebagai berikut :

➤ Leher

Untuk memberikan penilaian terhadap posisi leher dilakukan dengan cara melihat posisi gerakan leher yang ditunjukkan pada Gambar 2.9 kemudian diberikan skor terhadap posisi tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 2.9.



Gambar 2.9 Posisi leher
Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Tabel 2.9 Posisi leher

Skor	Gerakan
1	Jika leher membentuk sudut $0^0 - 10^0$
2	Jika leher membentuk sudut $10^0 - 20^0$
3	Jika leher membentuk sudut lebih dari 20^0
4	Jika leher melakukan posisi mendongak keatas atau menunduk

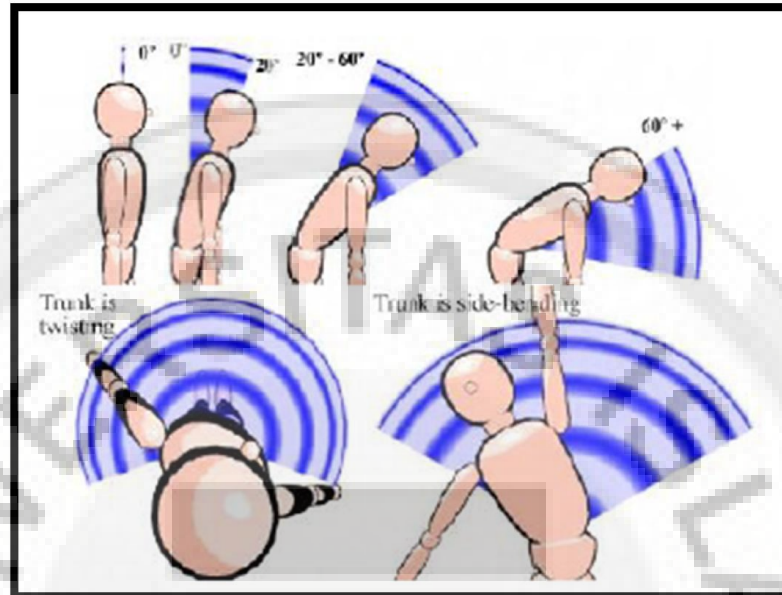
Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Keterangan :

- ✓ +1 jika leher diputar atau posisi miring, dibengkokkan ke kanan atau kiri.

➤ Punggung

Untuk memberikan penilaian terhadap posisi punggung dilakukan dengan cara melihat posisi gerakan punggung yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 kemudian diberikan skor terhadap posisi tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 2.10.



Gambar 2.10 Posisi punggung

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Tabel 2.10 Posisi punggung

Skor	Gerakan
1	Jika operator duduk atau disangga dengan baik oleh pinggul punggung yang membentuk sudut 90^0 atau lebih
2	Jika punggung membentuk sudut $0^0 - 20^0$
3	Jika punggung membentuk sudut $20^0 - 60^0$
4	Jika punggung membentuk sudut 60^0

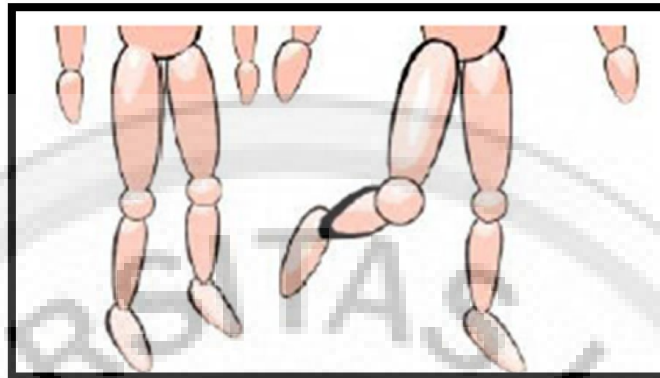
Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Keterangan:

- ✓ +1 jika tubuh diputar
- ✓ +1 jika tubuh miring kesamping

➤ Posisi Kaki

Untuk memberikan penilaian terhadap posisi kaki dilakukan dengan cara melihat posisi gerakan kaki seperti pada Gambar 2.11 kemudian diberikan skor terhadap posisi tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 2.11.



Gambar 2.11 Posisi kaki

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Tabel 2.11 Posisi kaki

Skor	Gerakan
1	Jika paha dan kaki disangga dengan baik pada saat duduk dan tubuh selalu dalam keadaan seimbang
2	Jika dalam posisi berdiri dimana berat tubuh didistribusikan merata ke kedua kaki
3	Jika paha dan kaki tidak disangga dan titik berat tubuh tidak seimbang

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Setelah dilakukan penentuan skor untuk grup A (lengan bagian atas, lengan bagian bawah, telapak tangan) dan B (leher, punggung, kaki) selanjutnya menetapkan skor penggunaan otot (*muscle use score*) dan skor untuk gaya atau pembebanan (*force/load score*) dengan ketentuan sebagai berikut:

1. (*muscle use score*)

Tambahkan nilai +1, apabila terjadi :

- Postur statis, berlangsung selama 1 menit atau lebih.
- Gerakan berulang 4 kali atau lebih dalam 1 menit.

2. (*force/load score*)

Dalam menentukan (*force/load score*) dapat melihat Tabel 2.12, selain itu juga dapat ditentukan dengan melihat lamanya waktu kerja dengan ketentuan:

Skor 1 apabila waktu kerja 4-6 jam

Skor 2 apabila waktu kerja lebih dari 6 jam

Setelah hal di atas dilakukan maka langkah selanjutnya adalah membuat tabel untuk postur tubuh baik dari grup A dan grup B yang nantinya bersama dengan *force/load score* dan *muscle use score* digunakan untuk menemukan skor akhir dan daftar aksi perbaikan. Untuk menentukan nilai grup A menggunakan Tabel 2.13.

Cara penggunaannya adalah setelah kita menemukan skor untuk *upper arm* dan lainnya kita masukkan ke dalam tabel sesuai dengan skor dari tabel sebelumnya sampai kita menemukan nilai akhir dari Tabel A ini. Untuk grup B menggunakan Tabel 2.14, cara memperoleh sama seperti yang dilakukan pada Tabel 2.13.

Tabel 2.12 *Force/load score*

Skor	Gerakan
0	Bila beban kurang dari 2 kg (<i>intermittent</i>)
1	Bila beban antara 2kg – 10kg (<i>intermittent</i>)
2	Bila beban antara 2kg – 10kg (statis atau perulangan)
3	Bila beban lebih dari 10kg atau perulangan atau beban kejut

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Tabel 2.13 Grup A (Posisi anggota gerak atas)

<i>Wrist Score</i>									
<i>Upper Arm</i>	<i>Lower Arm</i>	1		2		3		4	
		<i>Wrist</i>	<i>Twist</i>	<i>Wrist</i>	<i>Twist</i>	<i>Wrist</i>	<i>Twist</i>	<i>Wrist</i>	<i>Twist</i>
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Tabel 2.14 Grup B (Leher, punggung, kaki)

<i>Trunk Posture Score</i>												
<i>Neck</i>	1		2		3		4		5		6	
	<i>Leg Score</i>		<i>Leg Score</i>		<i>Leg Score</i>		<i>Leg Score</i>		<i>Leg Score</i>		<i>Leg Score</i>	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Langkah terakhir adalah melakukan pencarian skor akhir untuk mengetahui apakah posisi tubuh dari operator tersebut beresiko tidaknya, dengan cara penggabungan dari *muscle use score* dan *force/load score* sehingga

didapatkan nilai *score* C dan *score* D. Nilai tersebut kemudian dimasukkan ke dalam Tabel 2.15.

Tabel 2.15 Nilai Akhir (*Grand Score*)

<i>Grand Total Score</i>									
	<i>Score D = Score from Tabel B + Muscle Use Score + Force</i>								
<i>Score C*</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	3	4	5	5	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6	6	6
4	3	3	3	4	5	6	6	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7	7	7
9	5	5	6	7	7	7	7	7	7

Sumber : McAtamney dan Corlett (1993)

Dari nilai akhir yang didapat kemudian diterjemahkan untuk mengetahui nilai tersebut masuk ke *Action Level* mana. Berikut ini adalah ketentuan dari *Action Level* untuk setiap skor yang didapat dengan menggunakan metode RULA yaitu sebagai berikut:

Action level 1

Suatu skor 1 atau 2 menunjukkan bahwa postur ini biasa diterima jika tidak dipertahankan atau tidak berulang dalam periode yang lama.

Action level 2

Skor 3 atau 4 menunjukkan bahwa diperlukan pemeriksaan lanjutan dan juga diperlukan perubahan-perubahan.

Action level 3

Skor 5 atau 6 menunjukkan bahwa pemeriksaaan dan perubahan perlu segera dilakukan.

Action level 4

Skor 7 menunjukkan bahwa kondisi ini berbahaya maka pemeriksaan dan perubahan diperlukan dengan segera (saat itu juga).

2.4 Pembuatan Kuesioner

Kuesioner adalah suatu teknik pengumpulan informasi yang memungkinkan analis mempelajari sikap-sikap, keyakinan, perilaku, dan karakteristik beberapa orang utama di dalam organisasi yang bisa terpengaruh oleh sistem yang diajukan atau oleh sistem yang sudah ada.

Berdasarkan pertanyaan, kuesioner dibagi menjadi:

1. Pertanyaan terbuka

Pertanyaan-pertanyaan terbuka adalah pertanyaan-pertanyaan yang memberi pilihan-pilihan respons terbuka kepada responden.

Pertanyaan terbuka biasanya :

- a. Sesuai untuk situasi dimana diinginkan pendapat anggota organisasi mengenai beberapa aspek dalam sistem, apakah itu mengenai produk atau prosesnya.
- b. Sangat berguna dalam situasi-situasi mengetahui sesuatu. Situasi ini muncul bila penganalisis sistem tidak mampu menentukan dengan tepat problem apa yang mengganggu sistem yang ada.

2. Pertanyaan tertutup

Pertanyaan-pertanyaan tertutup adalah pertanyaan-pertanyaan yang membatasi atau menutup pilihan-pilihan respons yang tersedia bagi responden. Pertanyaan tertutup digunakan bila penganalisis sistem mampu membuat daftar semua respons yang memungkinkan terhadap pertanyaan-pertanyaan yang diajukan secara efektif dan ketika semua respons yang diperoleh beberapa hasil yang saling eksklusif, sehingga memilih satu prosedur berarti memilih yang lainnya. Pertanyaan tertutup digunakan bila ingin mensurvei sampel beberapa orang dalam jumlah besar.

2.5 Lingkungan Fisik Kerja

Manusia selalu beraktifitas setiap hari untuk memenuhi kebutuhannya. Dalam beraktifitas manusia tidak akan terlepas dari berbagai pengaruh lingkungan sekitarnya yang selalu membawa dampak positif maupun dampak yang merugikan. Secara langsung maupun tidak langsung, lingkungan sangat mempengaruhi aktifitas manusia. Lingkungan kerja yang nyaman sangat

dibutuhkan oleh manusia untuk dapat beraktifitas secara optimal dan produktif (Cahyadi dan Kurniawan, 2000).

Keadaan lingkungan dibentuk oleh berbagai unsurnya yakni suhu udara dan kelembaban, sirkulasi udara, pencahayaan, kebisingan, getaran mekanis, bau-bauan, kecepatan, percepatan, ketinggian, kedalaman, dan lain-lain (Sutalaksana, 2006).

2.5.1 Suhu dan Tekanan Udara

Manusia selalu berusaha mempertahankan keadaan normal tubuh dengan sistem tubuh yang sangat sempurna sehingga dapat menyesuaikan dengan perubahan yang terjadi diluar tubuhnya. Tetapi kemampuan manusia untuk menyesuaikan diri ini pun ada batasnya, yaitu bahwa tubuh manusia masih dapat menyesuaikan dirinya dengan suhu luar jika perubahan suhu luar tubuh ini tidak melebihi 20% untuk kondisi panas dan 35% untuk kondisi dingin, semuanya dari keadaan normal tubuh (Sutalaksana, 2006). Tichauer telah menyelidiki pengaruh suhu terhadap produktivitas para pekerja penenun kapas, yang menyimpulkan bahwa tingkat produksi paling tinggi dicapai pada kondisi suhu antara 75°-80°F (24-27°C). Selain itu, standar yang dianjurkan untuk tekanan udara baik didalam maupun diluar ruangan yaitu 74 - 74.5 cm/Hg.

Berbagai pengaruh yang berbeda-beda dari suhu terhadap perikerja manusia ditunjukkan pada Tabel 2.16 berikut ini:

Tabel 2.16 Beberapa harga temperatur dan pengaruhnya terhadap kondisi tubuh

Temperatur	Pengaruh
10 °C	Kekakuan fisik yang ekstrim mulai muncul
24 °C	Kondisi optimum
29,5 °C	Aktifitas mental & daya tangkap menurun, mulai membuat kesalahan dalam pekerjaan dan timbul kelelahan fisik
49 °C	Temperatur yang dapat ditahan sekitar 1 jam tetapi jauh diatas tingkat kemampuan fisik dan mental.

Sumber: Sutalaksana. (2006)

2.5.2 Pencahayaan

Sumber cahaya ada dua jenis yaitu:

1. Sumber cahaya alami (pencahayaan alami) yaitu matahari berperan sebagai penerang alami pada siang hari
2. Sumber cahaya buatan (pencahayaan buatan) yaitu lampu berperan sebagai penerang buatan pada malam hari.

Pencahayaan mempunyai 3 fungsi utama yaitu:

- *General lighting* yaitu penerangan merata yang menerangi seluruh ruang
- *Task lighting* yaitu penerangan setempat untuk mendukung kegiatan tertentu (lampu baca)
- *Decorative lighting* yaitu penerangan tambahan untuk unsur dekoratif.

2.5.2.1 Pencahayaan Alami Siang Hari (PASH)

Terang Langit untuk pencahayaan alami ini dimana cahaya matahari yang langsung tidak dikehendaki masuk kedalam ruangan. Di dalam perancangan ini adanya variabilitas keadaan langit yang sangat besar, diperlukan beberapa syarat yang harus dipenuhi. Di Indonesia sebagai langit perancangan ditetapkan :

Langit biru tanpa awan, atau

Langit yang seluruhnya tertutup oleh awan abu-abu putih

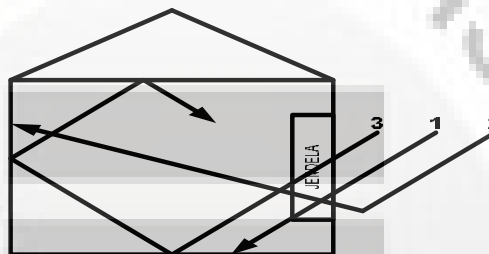
Langit perancangan ini memberikan tingkat pencahayaan pada titik-titik di bidang datar di lapangan terbuka sebesar 10.000 lux (SNI 03-2396, 2001). Untuk perhitungan diambil ketentuan bahwa tingkat pencahayaan ini asalnya dari langit yang keadaannya dimana-mana merata terangnya (*uniform luminance distribution*).

Pencahayaan Alami pada Siang Hari (PASH) yang merupakan performansi lubang cahaya pada ruangan tersebut. Dimana tingkat pencahayaan pada suatu titik yang mendapatkan cahaya alami melalui lubang cahaya merupakan akumulasi dari cahaya langit langsung dan cahaya pantulan. Oleh

karena itu, faktor pencahayaan ini terdiri dari tiga komponen, yaitu (SNI 03-2396, 2001):

1. Komponen Langit (Faktor Langit/FL) yaitu komponen pencahayaan langsung dari langit.
2. Komponen Refleksi Luar (Faktor Refleksi Luar/FRL) yaitu komponen pencahayaan yang berasal dari pantulan permukaan yang berada diluar bangunan.
3. Komponen Refleksi Dalam (Faktor Refleksi Dalam/FRD) yaitu komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi permukaan-permukaan di dalam ruangan.

Gambar 2.12 dibawah ini menjelaskan faktor-faktor pencahayaan diatas :



Gambar 2.12 Komponen faktor-faktor pencahayaan dalam suatu ruangan
Sumber : SNI. (03-2396-2001)

Keterangan :

1. Faktor Langit (FL)
2. Faktor Refleksi Luar (FRL)
3. Faktor Refleksi Dalam (FRD)

Karena FRL dan FRD mempunyai harga yang relatif kecil dan diperlukan perhitungan yang cukup panjang untuk mendapatkannya, maka dalam kenyataan sehari-hari kedua komponen refleksi ini sering tidak diperhitungkan dalam perancangan. Dengan demikian faktor langit lebih sering digunakan dalam perhitungan untuk menentukan letak dan ukuran lubang cahaya sebuah ruangan.

Faktor langit (f_l) didalam suatu ruangan adalah angka perbandingan tingkat pencahayaan langsung dan langit di titik tersebut dengan tingkat

pencahayaan oleh terang langit pada bidang datar di lapangan terbuka (SNI 03-2396, 2001).

Pengukuran kedua tingkat pencahayaan tersebut dilakukan dalam keadaan sebagai-berikut:

- a) Dilakukan pada saat yang sama.
- b) Keadaan langit adalah keadaan Langit Perancangan dengan distribusi terang yang merata di mana-mana.
- c) Semua jendela atau lubang cahaya diperhitungkan seolah-olah tidak ditutup dengan kaca.

Suatu titik pada suatu bidang tidak hanya menerima cahaya langsung dari langit tetapi juga cahaya langit yang direfleksikan oleh permukaan di luar dan di dalam ruangan.

Perbandingan antara tingkat pencahayaan yang berasal dari cahaya langit baik yang langsung maupun karena refleksi, terhadap tingkat pencahayaan pada bidang datar di lapangan terbuka disebut faktor pencahayaan alami siang hari. Dengan demikian faktor langit adalah selalu lebih kecil dari faktor pencahayaan alami siang hari. Pemilihan faktor langit sebagai angka karakteristik untuk digunakan sebagai ukuran keadaan pencahayaan alami siang hari adalah untuk memudahkan perhitungan oleh karena f_l merupakan komponen yang terbesar pada titik ukur (SNI 03-2396, 2001).

Titik Ukur adalah titik pada bidang kerja di dalam ruangan yang keadaan pencahayaan merupakan indikator keadaan pencahayaan alami siang hari untuk ruangan tersebut. Ada dua macam titik ukur yaitu Titik Ukur Utama (TUU) dan Titik Ukur Samping (TUS) yang letaknya di dalam ruangan adalah sebagai berikut (SNI 03-2396, 2001):

1. Titik Ukur Utama (TUU) :
 - a. Pada bidang kerja (bidang sejajar lantai dengan ketinggian 75 cm dari lantai)
 - b. Berjarak $\frac{1}{3} d$ dari bidang lubang cahaya, dimana d adalah jarak antara bidang lubang cahaya dengan dinding di seberangnya
 - c. Terletak diantara kedua dinding samping

2. Titik Ukur Samping (TUS) :
 - a. Pada bidang kerja (bidang sejajar lantai dengan ketinggian 75 cm dari lantai)
 - b. Berjarak $1/3 d$ dari bidang lubang cahaya, dimana d adalah jarak antara bidang lubang cahaya dengan dinding di seberangnya
 - c. Berjarak 50 cm dari kedua dinding samping

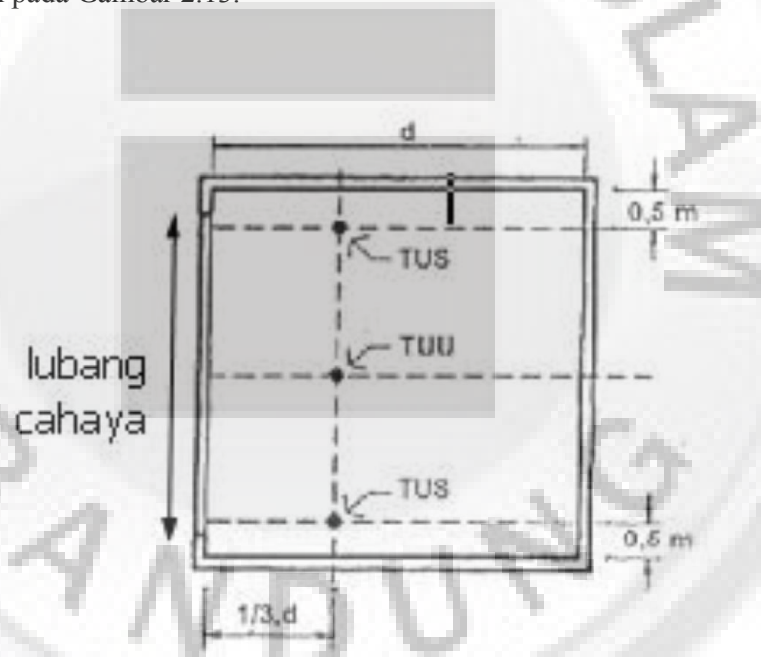
Keterangan :

TUU = Titik Ukur Utama

TUS = Titik Ukur Samping

d = jarak antara bidang cahaya dengan dinding di seberangnya

Berikut ini adalah gambar denah untuk pencahayaan alami yang ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Denah pencahayaan alami

Sumber : SNI. (03-2396-2001)

Persyaratan besarnya FL untuk suatu tempat berbeda-beda sesuai dengan fungsi ruangan/bangunan tersebut. Sebagai contoh berikut ini adalah syarat teknis

besarnya faktor langit untuk bangunan sekolah dan bangunan tempat tinggal pada Tabel 2.17 dan 2.18.

Tabel 2.17 FL_{min} pada TUU dan TUS untuk bangunan sekolah

NO.	Jenis Ruangan	f _{lmin} TUU (%)	f _{lmin} TUS (%)
1.	R. Kelas Biasa	0,35 d	0,20 d
2.	R. Kelas Khusus	0,45 d	0,20 d
3.	Laboratorium	0,35 d	0,20 d
4.	Bengkel	0,25 d	0,20 d
5.	R. Olahraga	0,25 d	0,20 d
6.	Kantor	0,35 d	0,15 d
7.	Dapur	0,20 d	0,20 d

Sumber : SNI. (03-2396-2001)

Tabel 2.18 FL_{min} pada TUU dan TUS untuk bangunan tempat tinggal

No	Jenis Ruangan	f _{lmin} TUU (%)	f _{lmin} TUS (%)
1.	Ruang tinggal	0,35 d	0,16 d
2.	Ruang Keda	0,35 d	0,16 d
3.	Kamar Tidur	0,18 d	0,05 d

Sumber : SNI. (03-2396-2001)

2.5.2.2 Perancangan Pencahayaan Buatan

Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang berasal dari sumber cahaya buatan manusia yang dikenal dengan lampu atau luminer. Pada cuaca yang kurang baik dan malam hari, pencahayaan buatan sangat dibutuhkan. Perkembangan teknologi sumber cahaya buatan memberikan kualitas pencahayaan buatan yang memenuhi kebutuhan manusia (Lechner, 2001).

Sistem pencahayaan umumnya diaplikasikan di pabrik dimana terdapat barisan meja kerja. Barisan luminer lampu dipasang diatas setiap barisan meja. Cahaya limpasan (*spill light*) dari barisan luminer dan cahaya pantulan pada umumnya sudah cukup untuk keperluan pergerakan didalam ruangan. Sistem tersebut dapat diterapkan pada tempat yang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi, 1000 lux atau lebih.

Iluminasi, bekerja dalam ruang yang terang akan berbeda dengan jika kita bekerja dalam ruang yang remang-remang cahayanya. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam iluminasi ialah : kadar cahaya, distribusi cahaya, sinar yang menyilaukan. Pekerjaan yang memerlukan ketelitian dan kejelian mata menuntut kadar cahaya yang lebih tinggi dibandingkan dengan pekerjaan-pekerjaan dimana penglihatan yang tajam tidak begitu diperlukan.

Terlepas dari pertimbangan atas kualitas konstruksi yang antara lain meliputi kemudahan dalam pemeliharaan, pemilihan iluminasi akan bergantung pada bentuk distribusi cahaya yang diinginkan dan persyaratan yang ada. Misalnya untuk bangunan industri dan komersil, jika tidak ada persyaratan khusus, iluminasi selain harus dapat memberikan tingkat pencahayaan pada bidang horizontal sesuai dengan standar, juga memberikan tingkat pencahayaan yang cukup memadai pada bidang vertikal.

Pemilihan warna, erat kaitannya dengan iluminasi yaitu penggunaan warna pada ruangan dan peralatan kerja. Warna sekitar tempat kerja berpengaruh secara psikologis yang berbeda-beda terhadap manusia (Sutalaksana, 2006). Menurut penyelidikan, setiap warna memberikan pengaruh secara psikologis yang berbeda-beda terhadap manusia. Berikut adalah efek psikis dari penggunaan warna yang ditunjukkan Tabel 2.19.

Tabel 2.19 Efek psikis warna

Warna	Efek Warna
Biru	Memberikan kesan sejuk, aman dan menyegarkan
Hijau	Memberikan kesan sejuk, aman dan menyegarkan
Merah	Bersifat Merangsang
Orange	Merangsang
Kuning	Memberikan kesan luas atau lega
Gelap	Memberikan kesan sempit
Terang	Memberikan kesan leluasa

Sumber : Sutalaksana (2006)

Dengan adanya sifat-sifat warna tersebut, maka pengaturan warna ruangan tempat kerja perlu diperhatikan, dalam arti luas harus disesuaikan dengan kegiatan kerjanya.

✓ **Perhitungan Pencahayaan Buatan**

Metode Lumen, seperti telah disebutkan diatas bahwa metode Lumen digunakan untuk menghitung jumlah lumener terpilih dan daya listrik yang dibutuhkan untuk menerangi ruangan tertentu. Metode ini memperhitungkan jumlah cahaya yang diterima oleh bidang kerja yang meliputi :

- a) Komponen cahaya langsung (dari lumener).
- b) Komponen cahaya tidak langsung (yang berasal dari pantulan langit-langit, dinding dan lantai).

Jumlah cahaya yang diperlukan untuk mencapai bidang kerja adalah sama dengan perkalian antara tingkat pencahayaan rata-rata (Lux) yang disyaratkan dengan luas ruangan (m^2). Secara matematis, hal tersebut dapat dituliskan sebagai berikut (SNI, 03-6575-2001):

$$E = NF (UF) (LLF)/A \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

- E = Tingkat pencahayaan pada bidang kerja yang direkomendasikan (Lux).
- N = Jumlah lampu yang dibutuhkan.
- F = Fluks cahaya yang dihasilkan oleh setiap lampu. Untuk lampu pelepasan listrik, umumnya nilai ini adalah nilai awal (100 jam) yang dituliskan pada katalog atau kemasan lampu oleh produsen lampu tersebut (Lux/m^2).
- UF = *Utilization Factor* menunjukkan proporsi jumlah cahaya dari lumener yang sampai pada benda kerja, baik komponen cahaya langsung dan komponen cahaya tak langsung setelah pantulan.
- LLF = *Light Loss Factor*, merupakan faktor-faktor kerugian cahaya yang disebabkan atau berasal dari kondisi lampu.

$$(UF)(LLF) = 0,5 - 1$$

A = Luas ruangan (m^2).

Apabila besaran-besaran E, F, UF, LLF, dan A diketahui, maka jumlah lampu N yang diperlukan dan daya listrik yang diperlukan dapat dihitung, serta jumlah lumener yang diperlukan (dalam hal pada setiap armatur terdapat lebih dari satu lampu) juga dapat dihitung. Selanjutnya dapat direncanakan tata letak pemasangannya dan juga pengelompokkan penyalanya.

Utilization Factor, sering juga disebut juga dengan **Coefficient Of Utility** atau koefisien penggunaan. KF (Koefisien Faktor) merupakan besaran dengan nilai lebih kecil dari 1 (satu) yang dipengaruhi oleh :

- a. Bentuk distribusi (intensitas) cahaya dari lumener.
- b. Ukuran ruangan.
- c. Koefisien refleksi cahaya permukaan ruangan.

Pada umumnya distribusi intensitas cahaya lumener dapat diklasifikasikan menjadi distribusi langsung, semi langsung, difus, semi tidak langsung dan tidak langsung. Yang disebut pertama akan memberikan nilai UF yang terbesar. Sedangkan yang disebut terakhir mempunyai nilai UF yang terkecil.

Light Loss Factor, ada kalanya disebut sebagai **Maintenance Factor**, MF (sering disebut sebagai Koefisien Depresiasi, KD), merupakan besaran yang harus diperhitungkan dalam metode lumen karena harga E pada persamaan matematis yang diberikan adalah tingkat pencahayaan minimum yang harus selalu dipenuhi sepanjang waktu. Jumlah cahaya yang akan dikeluarkan lampu akan berkurang sebagai fungsi waktu, yaitu :

1. Umur lampu, makin tua umur lampu, maka jumlah cahaya yang dikeluarkan akan berkurang.
2. Adanya akumulasi debu pada lampu atau lumener, serta permukaan ruangan (langit-langit dan dinding)
3. Penurunan tegangan listrik yang seharusnya

Pada umumnya untuk ruangan yang kebersihannya terpelihara dengan baik, dalam perencanaan atau perhitungan pencahayaan buatan diambil harga (UF)(LLF) dapat digunakan angka 0,5.

Tingkat penerangan harus disesuaikan dengan jenis aktivitas yang dilakukan. Berikut ini adalah pemilihan tingkat penerangan yang disesuaikan dengan aktivitas yang dilakukan dalam Tabel 2.20.

Tabel 2.20 Tingkat pencahayaan

JENIS KEGIATAN	TINGKAT PENCAHAYAAN MINIMAL (LUX)	KETERANGAN
Pekerjaan kasar dan tidak terus menerus	100	Ruang penyimpanan & ruang peralatan/instalasi yang memerlukan pekerjaan yang kontinyu.
Pekerjaan kasar & terus menerus	200	Pekerjaan dengan mesin dan perakitan kasar.
Pekerjaan rutin	300	R. administrasi, ruang kontrol, pekerjaan mesin & perakitan/ penyusun.
Pekerjaan agak halus	500	Pembuatan gambar atau berkerja dengan mesin kantor pekerja pemeriksaan atau pekerjaan dengan mesin.
Pekerjaan halus	1000	Pemilihan warna, pemrosesan tekstil, pekerjaan mesin halus & perakitan halus
Pekerjaan amat halus	1500 Tidak menimbulkan bayangan	Mengukir dengan tangan, pemeriksaan pekerjaan mesin dan perakitan yang sangat halus
Pekerjaan terinci	3000 Tidak menimbulkan bayangan	Pemeriksaan pekerjaan, perakitan sangat halus

Sumber : Sujudi. (2002)

2.5.3 Kebisingan

Kebisingan adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran (Kepmenaker No 51, 1999).

2.5.3.1 Sumber-Sumber Kebisingan

Sumber bising dalam pengendalian kebisingan lingkungan dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu (Kepmenaker No 51, 1999):

1. Bising Interior

Bising yang berasal dari manusia, alat-alat rumah tangga atau mesin-mesin gedung yang antara lain disebabkan oleh radio, televisi, alat musik dan juga bising yang ditimbulkan oleh mesin-mesin yang ada di gedung tersebut seperti kipas angin, motor kompresor pendingin, pencuci piring dan lain-lain.

2. Bising Eksterior

Bising yang dihasilkan oleh kendaraan transportasi darat, laut maupun udara dan alat-alat konstruksi. Dalam dunia industri jenis bising yang sering dijumpai antara lain:

- Bising kontinu dengan jangkauan frekuensi yang luas contohnya suara mesin bubut, mesin frais dan lain-lain.
- Bising kontinu dengan jangkauan frekuensi yang sempit contohnya suara mesin gergaji, katup gas dan lain-lain.
- Bising terputu-putus (intermitten) misalnya suara lalu lintas, suara pesawat terbang.
- Bising impulsive seperti pukulan palu, tembakan pistol dan lain-lain.

2.5.3.2 Dampak Kebisingan

Secara umum dampak kebisingan bisa dikelompokkan dalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Dampak auditorial (*Auditory effects*)

Dampak ini berhubungan langsung dengan fungsi (perangkat keras) pendengaran, seperti hilangnya/ berkurangnya fungsi pendengaran, suara dering/ berfrekuensi tinggi dalam telinga.

2. Dampak non-auditorial (*Non-auditory effects*)

Dampak ini bersifat psikologis, seperti gangguan cara berkomunikasi, kebingungan, stress, dan berkurangnya kepekaan terhadap masalah keamanan kerja.

Ada tiga aspek yang menentukan kualitas suatu bunyi, yang bisa menentukan tingkat gangguan terhadap manusia, yaitu : lama, intensitas, dan frekuensinya. Makin lama telinga kita mendengarkan kebisingan, makin buruk akibatnya bagi kita, diantaranya pendengaran yang makin berkurang.

Intensitas kebisingan biasanya diukur dengan satuan desibel (dB), yang menunjukkan besarnya arus energi per satuan luas. Berikut ini ditunjukkan skala intensitas yang biasa terjadi di suatu tempat atau akibat suatu alat/keadaan pada Tabel 2.21.

Tabel 2.21 Skala intensitas kebisingan

Kedaaan	Desibel (dB)	Batas Dengar Tertinggi
	120	
Menulikan	110	Hallintar Meriam Mesin uap
	100	
Sangat hiruk	90	Jalan hiruk pikuk Perusahaan sangat gaduh Pluit polisi
	80	
Kuat	70	Kantor gaduh Jalan pada umumnya Radio Perusahaan
	60	
Sedang	50	Rumah gaduh Kantor umumnya Percakapan kuat Radio perlahan
	40	
Tenang	30	Rumah tenang Kantor perorangan Auditorium Percakapan
	20	
Sangat tenang	10	Suara dauri-daun Berbisik Batas dengar terendah
	0	

Sumber : Sutamakana. (2006)

Bunyi yang didengar secara terus menerus akan berakibat buruk bagi manusia. Groover (2007) berpendapat bahwa:

Tingkat kebisingan sebesar 80 dB dapat diterima dan tidak memerlukan langkah pengurangan, nilai 85 dB lazim digunakan sebagai ambang batas dimana pengusaha harus mulai mengambil

tindakan untuk mengontrol kebisingan, sedangkan tingkat kebisingan 90 dB harus dibatasi sampai 8 jam.

Berikut adalah waktu maksimum yang diperkenankan bagi seorang pekerja untuk berada dalam tempat kerja dengan tingkat kebisingan tidak aman yang ditunjukkan oleh Tabel 2.22.

Tabel 2.22 Jangka waktu yang diperbolehkan untuk berbagai tingkat tekanan suara

Tingkat Kebisingan (dB)	Waktu Maksimum Penerimaan kebisingan
80	32 jam
85	16 jam
90	8 jam
92	6 jam
95	4 jam
100	2 jam
105	1 jam
110	30 menit

Sumber : Groover. (2007)

2.5.4 Kadar Debu

Kadar debu udara dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain iklim, pola peredaran udara (angin) di suatu ruangan, dan lingkungan disekitar sistem kerja lainnya. Debu yang berlebihan dapat mengganggu pernafasan dan penglihatan sehingga akan menimbulkan penyakit yang membahayakan pekerja.

Arief (2012) mengatakan :

Debu memiliki karakter atau sifat yang berbeda-beda, antara lain :

- debu fisik (debu tanah, batu, dan mineral)
- debu kimia (debu organik dan anorganik)
- debu biologis (virus, bakteri, kista)
- debu eksplosif atau debu yang mudah terbakar (batu bara, Pb)
- debu radioaktif (Uranium, Tuttonium)

- debu Inert (debu yang tidak bereaksi kimia dengan zat lain)

Debu memiliki beberapa ukuran yang berbeda-beda. Debu ukuran 5 – 10 mikron akan tertahan pada jalan pernafasan bagian atas, debu berukuran 3 – 5 mikron ditahan oleh bagian tengah pernafasan. Lamanya pekerja kontak dengan debu ruangan tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu (Kepmenkes No 1405, 2002).

2.5.5 Bau-Bauan

Adanya bau-bauan di sekitar tempat kerja dapat dianggap sebagai pencemaran, apalagi kalau bau-bauan tersebut sedemikian rupa sehingga dapat mengganggu konsentrasi bekerja. Sutalaksana (2006) berpendapat bahwa bau-bauan yang terjadi terus-menerus bisa mempengaruhi kepekaan penciuman.

Dalam pembuatan suatu produk di suatu industri kadang tidak bisa lepas dari penggunaan bahan-bahan kimia. Tanpa disadari penggunaan bahan kimia secara berlebihan bisa menimbulkan efek bahaya bagi pekerja, karena bau yang ditimbulkan dari pemakaian bahan kimia tersebut akan tercium oleh pekerja melalui udara, sebagai salah satu contoh yaitu penggunaan lem.

Lem mengandung bahan kimia pelarut organik antara lain benzene dan toluene yang dapat memberikan dampak merugikan bagi kesehatan dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Penelitian sebelumnya (Maywati dan Novianti, 2011) menjelaskan bahwa didapatkan kadar fenol dalam urin terukur antara 80,090 mg/l sampai 203,370 mg/l terhadap 5 pekerja pengrajin sandal. Standar WHO untuk kadar fenol urin yang dianggap normal bila kurang dari 20 mg/l urin (WHO, 1996). Kondisi tersebut menggambarkan bahwa pekerja telah terpapar oleh benzen yang berasal dari uap lem yang digunakan. Batas pajanan benzene yaitu pada rata-rata waktu kerja 8 jam (ATSDR, 2010).

WHO (1996) mengatakan:

Kandungan benzena dalam kadar tinggi menyebabkan efek narkotik dan iritasi pada mata dan mukosa napas, paparan jangka panjang dengan kadar rendah dapat berakibat supresi sumsum tulang dan dapat dihubungkan dengan kejadian leukimia atau gangguan hematopoetik lainnya.