

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pengertian Ergonomi.**

*Ergonomic* berasal dari Bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata yaitu: *ergon* yang berarti ilmu dan *nomos* yang berarti hukum. Secara sederhana, ergonomi adalah *study* tentang interaksi antara manusia dan object yang digunakan kemudian dengan lingkungan tempat yang digunakan. Definisi ini mencakup unsur yang paling penting yaitu: manusia, object, lingkungan dan juga interaksi yang kompleks antara bagian tersebut. *Design for human use* kata lain untuk mendefinisikan ergonomi dan penekanannya pada penggunaan peralatan, mesin dan system buatan manusia. Ahli *ergonomic* sering menggunakan istilah *human Engineerd* untuk menggambarkan bentuk yang sesuai dengan harapan manusia atau yang digunakan manusia tanpa menimbulkan stress.Pulat (1997).

Menurut Nurmiyanto (1996) istilah “ergonomi” berasal dari bahasa latin yaitu ERGO (kerja) dan NOMOS (hukum alam) dan dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, psikologi, fisiologi, *engineering*, manajemen dan perancangan. Ergonomi berkenaan pula dengan optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan dan kenyamanan manusia di tempat kerja, dirumah, dan rekreasi.

Menurut Satalaksana (1979) Ergonomi ialah suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat bekerja pada system itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu, dengan efektif, aman dan nyaman.

Menurut Madyana (1996) Ergonomi merupakan penerapan pengetahuan terpilih tentang manusia secara sistematis dan perancangan sistem manusia–benda, manusia-fasilitas dan manusia–lingkungan. Dengan kata lain perkataan ergonomic

adalah suatu ilmu yang mempelajari manusia dengan berinteraksi dengan obyek-obyek fisik dalam berbagai kegiatan sehari-hari.

## ***2.2 Rapid Upper Limb Assessment Methode (RULA).***

### ***a. Pengertian Rapid Upper Limb Assessment***

*Rapid Upper Limb Assessment* merupakan metode yang digunakan dalam perhitungan ergonomi. RULA dipakai untuk mnginvestigasi dan juga menilai posisi tubuh bagian atas pada saat bekerja. RULA tidak membutuhkan alat khusus untuk melakukan pengukuran pada postur punggung, leher, serta tubuh bagian atas, searah dengan beban eksternal yang diterima oleh tubuh dan juga fungsi otot. Menilai dengan menggunakan metode RULA memerlukan beberapa waktu untuk melakukan penilaian umum dalam daftar aktivitas yang menunjukkan adanya pengurangan resiko diakibatkan beban fisik yang dilakukan oleh operator. *Rapid Upper Limb Assessment* mencakup secara luas pada bidang ergonomi (McAtamney,1993).

RULA dalam ergnomi menilai sikap atau postur, aktivitas otot yang menyebabkan cedera yang diakibatkan perulangan aktivitas. Penerapan ergonomi dilakukan untuk menilai hasil pendekatan yang disajikan dalam skor risiko. Skor risiko tersebut antara satu sampai dengan tujuh, dimana skor tujuh merupakan level risiko yang paling besar dalam bekerja. Tetapi walaupun skor terendah bukan berarti ada jaminan pekerjaan bebas dari bahaya ergonomi. Maka dari itu, RULA dilakukan untuk mengetahui risiko kerja dan segera memperbaiki postur kerja bila terdapat risiko yang tinggi. (Lueder, 1996).

### ***b. Pertumbuhan Rapid Upper Limb Assessment.***

Berikut ini adalah tujuan dikembangkanya metode *Rapid Upper Limb Assessment*:

- 1) Dapat Memberikan metode yang dapat memeriksa populasi pekerja dengan cepat, yang paling utama terhadap risiko gangguan yang dialami tubuh bagian atas yang disebabkan karena pekerjaan.

- 2) Penentuan nilai pergerakan otot yang berkaitan dengan sikap kerja, tenaga yang dikeluarkan, kerja yang bersifat statis dan repetitif akibat otot yang bekerja.
- 3) Dapat memberikan hasil yang mana dapat dipergunakan dalam pengukuran ergonomi yang meliputi faktor fisik, mental, lingkungan, epidemiologis dan faktor organisasional, lebih khususnya untuk pencegahan terjadinya gangguan pada bagian tubuh atas yang disebabkan karena pekerjaan.

Dalam proses penilaian RULA, tahap-tahap penggunaan metode *Rapid Upper Limb Assessment* adalah sebagai berikut: (McAtamney dan Corlett,1993)

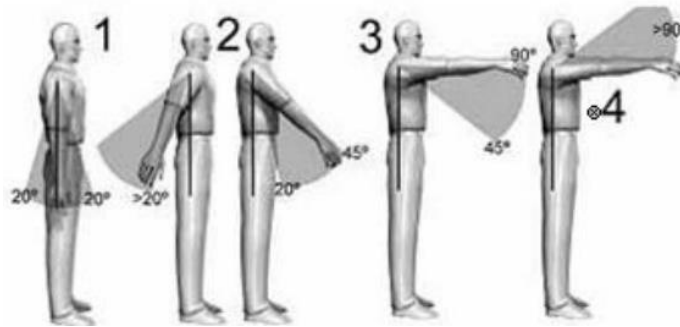
- 1) Langkah 1, Langkah untuk pencacatan postur saat bekerja.

Untuk mendapatkan metode yang cepat, bagian tubuh dikelompokkan menjadi 2 bagian, yaitu *group A* dan *group B*. *Group A* terdiri dari lengan bawah, lengan atas dan pergelangan tangan. Untuk *group B* terdiri dari badan, leher, dan kaki. Kedua *group ini* dapat memastikan bahwa semua sikap tubuh tercatat sehingga postur tubuh yang terbatas dan mungkin dapat mempengaruhi penilaian tubuh bagian atas dapat masuk pada pemeriksaan. Perkiraan pergerakan untuk tiap bagian tubuh terbagi menjadi beberapa bagian berdasarkan kriteria dari penjabaran literatur yang berhubungan. Beberapa bagian tersebut diberi skor mulai dari angka 1 yang merupakan kisaran postur kerja yang mempunyai faktor resiko minimal. Untuk angka yang diatas satu diberikan pada bagian gerakan postur tubuh yang menunjukkan faktor resiko lebih besar dan menghasilkan beban terhadap struktur bagian tubuh. Sistem *scoring* di setiap postur tubuh, menghasilkan urutan angka yang akan mudah untuk diingat. Supaya mempermudah identifikasi perkiraan postur setiap bagian tubuh diperlihatkan dalam bentuk bidang sagital. Pengukuran akan dimulai dengan mengobservasi operatort saat bekerja untuk beberapa periode kerja yang bertujuan untuk penentuan postur pengukuran. Siklus kerja paling lama mungkin akan dipilih karena mempunyai beban kerja terbesar. Pengukuran RULA dapat dilakukan terhadap setiap posisi kerja dalam siklus kerja. Postur tubuh lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan termasuk dalam *group A*. Studi yang telah

dilakukan oleh (McAtamney dkk,1993) menemukan kisaran sudut dan *scoring* pada bagian lengan atas sebagai berikut.

a. Postur lengan atas (*Upper Arm*).

Penilaian pada sudut kisaran lengan atas mempunyai empat kondisi seperti pada Gambar 2.1.



Sumber: Tarwaka,2011, hal 34

**Gambar 2. 1 Postur Bagian Lengan Atas.**

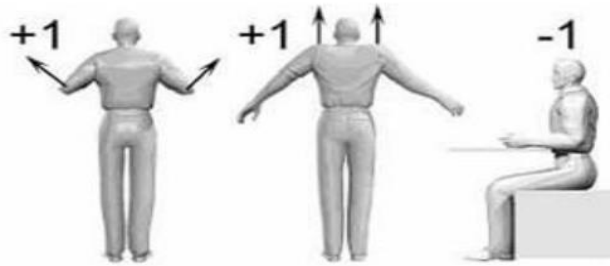
Dalam Studi yang dilakukan (McAtamney dkk,1993), penilaian dilakukan pada sudut jangkauan lengan atas yang dibentuk pada saat melakukan pekerjaan. Skor untuk sudut kisaran lengan tangan ditampilkan pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2 Skor *Upper Arm* (Lengan Atas)**

Skor	Pergerakan Sudut
1	Ekstensi $20^0$ - fleksi $20^0$
2	Ekstensi $>20^0$ / fleksi $20^0$ - $45^0$
3	Sudut $45^0$ - $90^0$
4	Sudut $>90^0$

Sumber: McAtamney & Corlett, 1993, hal 34

Penilaian skor lengan tangan tersebut dapat berubah sesuai dengan keadaan pada saat aktivitas. Skor tersebut dapat naik ataupun turun berdasarkan keadaan tambahan. Keadaan yang dapat mempengaruhi skor penilaian ditampilkan pada Gambar 2.2.



Sumber: Tarwaka,2011, hal 35

**Gambar 2. 2 Postur yang Dapat Mengubah Skor Lengan Atas**

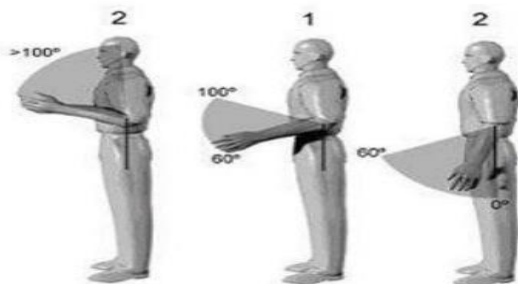
Skor perubahan untuk keadaan gerakan pada Gambar 2.2 ditampilkan pada Tabel 2.3.

**Tabel 2. 3 Skor Perubahan Untuk Lengan Atas**

Skor	Postur Tubuh
+ 1	Apabila diangkat atau lengan diputar atau dirotasi
+ 1	Apabila lengan diangkat menjauh dari badan
- 1	Apabila berat lengan ditopang

Sumber: McAtamney & Corlett, 1993, hal 35

b. Postur lengan bawah (*Lower Arm*)



Sumber: Tarwaka, 2011, hal 35

**Gambar 2. 3 Postur Bagian Lengan Bawah**

Penilaian pada sudut kisaran lengan bawah mempunyai tiga kondisi seperti pada Gambar 2.3. Untuk skor penilaian sudut gerakan pada lengan bawah ditampilkan pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4 Skor penilaian Lengan Bawah (*Lower Arm*)**

Skor	Perkiraan Sudut
1	Sudut 60 <sup>0</sup> -100 <sup>0</sup>
2	Sudut <60 <sup>0</sup> atau >100 <sup>0</sup>

Sumber: McAtamney, L & Corlett E.N, 1993, hal 36

Peningkatan postur pada lengan bawah (*upper arm*) dilakukan apabila lengan bawah diposisi garis tengah tubuh atau ke samping. Keadaan yang dapat mempengaruhi skor penilaian ditampilkan pada Gambar 2.4.



Sumber: Tarwaka, 2011 hal 36

**Gambar 2. 4 Posisi yang Berpengaruh pada Skor *Lower Arm***

Skor perubahan untuk keadaan gerakan pada Gambar 2.4 ditampilkan pada Tabel 2.5.

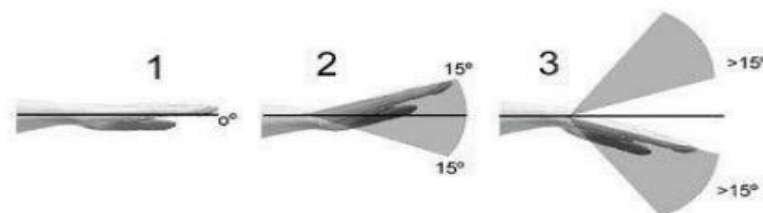
**Tabel 2.5 Skor Perubahan Lengan Bawah**

Skor	Posisi Tubuh
+ 1	Apabila lengan bawah bekerja pada luar sisi tubuh
+ 1	Apabila lengan bawah bekerja menyilang dari garis tengah tubuh

Sumber: McAtamney, L & Corlett E.N, 1993, hal 36

c. Postur pergelangan tangan

Penilaian dilakukan pada sudut pergerakan pergelangan tangan yang dibentuk pada saat melakukan pekerjaan. Sudut kisaran pergelangan tangan dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Sumber: Tarwaka,2011, hal 37

**Gambar 2. 5 Postur Sudut Pergelangan Tangan**

Dari Gambar 2.5, untuk skor penilaian sudut gerakan pada pergelangan tangan dapat dilihat dalam Tabel 2.6.

**Tabel 2.6 Skor Pergelangan Tangan**

Skor	Perkiraan Sudut
1	Apabila posisi netral
2	Sudut $0^0-15^0$
3	Sudut $>15^0$

Sumber: McAtamney, L & Corlett E.N, 1993, hal 37

Penilaian skor pergelangan tangan dapat berubah jika posisi tubuh seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.6.



Sumber: Tarwaka,2011, hal 37

**Gambar 2. 6 Postur yang Dapat Mempengaruhi Nilai Pergelangan Tangan**

Skor perubahan untuk keadaan gerakan pada Gambar 2.6 ditampilkan pada Tabel 2.7.

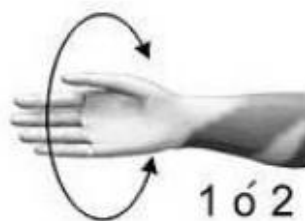
**Tabel 2.7 Skor Perubahan Pada Pergelangan Tangan**

Skor	Posisi Tubuh
+ 1	Apabila Pergelangan tangan mengalami deviasi posisi kekanan ataupun ke kiri

Sumber: McAtamney, L & Corlett E.N, 1993, Dalam Skripsi Dewi Masitoh,2016, hal 37

d. Postur Putaran pergelangan tangan

Untuk posisi putaran pergelangan ditampilkan pada Gambar 2.7.



Sumber: Tarwaka,2011, hal 38

**Gambar 2. 7 Postur Putaran Pergelangan Tangan**

Penilaian untuk posisi pergelangan tangan yang ditampilkan pada Gambar 2.7 dapat dilihat pada Tabel 2.8.

**Tabel 2.8 Skor Perputaran Pergelangan Tangan**

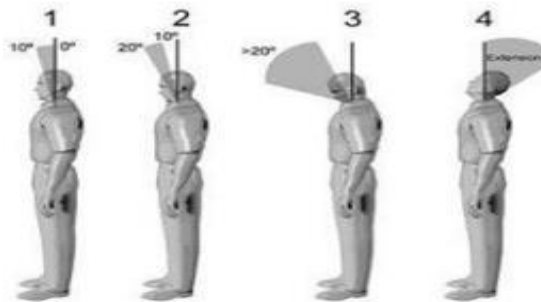
Skor	Postur Tubuh
1	Apabila pergelangan tangan pada kisaran putaran
2	Apabila pergelangan tangan pada atau dekat ujung jangkauan <i>twist</i>

Sumber: McAtamney, L & Corlett E.N, 1993, hal 38

Setelah menilai postur tubuh *group A*, Selanjutnya dilanjutkan dengan menilai postur tubuh *group B*. *Group B* terdiri dari posisi leher, batang tubuh dan postur kaki. Menurut (McAtamney dkk,1993) penilaian skor dan jangkauan untuk *group B* adalah sebagai berikut:

a. Postur leher

Penilaian dilakukan pada sudut postur leher yang dibentuk pada saat melakukan pekerjaan. Sudut kisaran pada postur tubuh dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Sumber: Tarwaka,2011, hal 39

**Gambar 2. 8 Postur Leher**

Berdasarkan Gambar 2.8, untuk skor penilaian sudut pada postur leher dapat dilihat dalam Tabel 2.9.

**Tabel 2.9 Skor Posisi Leher**

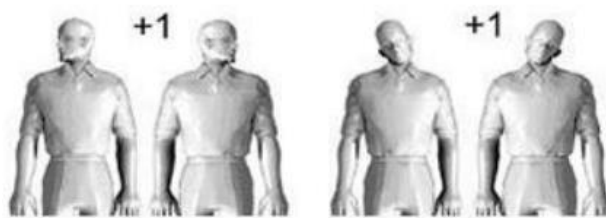
Skor	Kisaran Sudut
1	Sudut $0^0-10^0$
2	Sudut $10^0-20^0$
3	Sudut $>20^0$
4	Apabila leher pada posisi ekstensi

Sumber: McAtamney, L & Corlett E.N, 1993, hal 39

Peningkatan postur pada leher dilakukan apabila leher memutar atau membungkuk.

Keadaan yang dapat mempengaruhi skor penilaian ditampilkan pada Gambar 2.9.





Sumber: Tarwaka,2011, hal 39

**Gambar 2. 9 Postur yang Dapat Mempengaruhi Skor Leher**

Skor perubahan untuk keadaan gerakan pada Gambar 2.9 ditampilkan pada Tabel 2.10.

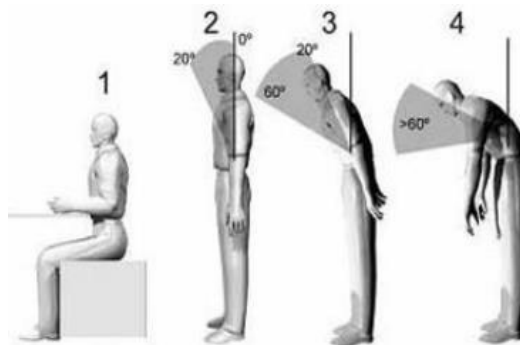
**Tabel 2.10 Skor Perubahan Postur Leher**

Skor	Posisi Tubuh
+ 1	Apabila leher dalam posisi berputar
+ 1	Apabila leher dibengkokkan

Sumber: McAtamney, L & Corlett E.N, 1993, hal 40

b. Postur batang tubuh (*trunk*)

Penilaian dilakukan pada sudut postur batang tubuh yang dibentuk pada saat melakukan pekerjaan. Sudut kisaran pada postur batang tubuh dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Sumber: Tarwaka,2011, hal 40

**Gambar 2. 10 Postur Batang Tubuh**

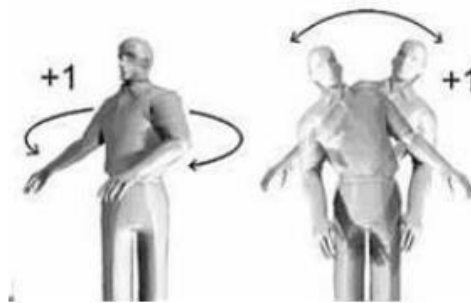
Berdasarkan Gambar 2.10, untuk skor penilaian sudut pada postur batang tubuh dapat dilihat dalam Tabel 2.11.

**Tabel 2.11 Penilaian Posisi Batang Tubuh**

Nilai	Sudut Kisaran
1	Apabila posisi duduk dengan kedua kaki yang tertopang dengan baik, dan juga sudut diantara badan dan tulang pinggul yang membentuk sudut $\geq 90^0$
2	Sudut $0^0-20^0$
3	Sudut $20^0-60^0$
4	Sudut $60^0$ atau lebih

Sumber: McAtamney, L & Corlett E.N, 1993, hal 40

Peningkatan postur pada batang tubuh dilakukan apabila batang tubuh memutar atau menekuk. Keadaan yang dapat mempengaruhi skor penilaian ditampilkan pada Gambar 2.11.



Sumber: Tarwaka, 2011, Dalam Skripsi Dewi Masitoh, 2016, hal 41

**Gambar 2. 11 Postur yang Dapat Mempengaruhi Skor Batang Tubuh**

Perubahan nilai untuk keadaan gerakan pada Gambar 2.11 ditampilkan pada Tabel 2.12.

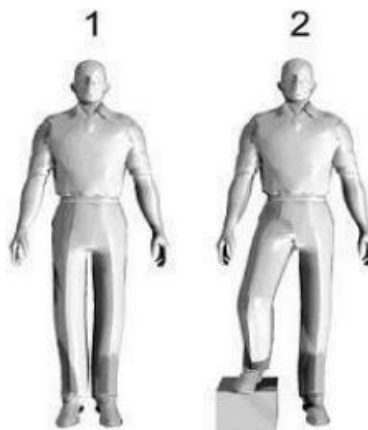
**Tabel 2.12 Nilai Perubahan Postur Batang Tubuh**

Skor	Postur Tubuh
+ 1	Apabila badan membungkuk atau memuntir
+ 1	Apabila batang tubuh menekuk

Sumber: McAtamney, L & Corlett E.N, 1993, hal 41

c. Postur kaki

Penilaian dilakukan pada postur kaki yang terjadi saat melakukan pekerjaan. Postur kaki dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Sumber: Tarwaka,2011, hal 41

**Gambar 2.12 Postur Kaki**

Penilaian untuk posisi kaki yang ditampilkan pada Gambar 2.12 dapat dilihat pada Tabel 2.13.

**Tabel 2.13 Skor Postur Kaki**

Nilai	Postur Tubuh
1	Apabila kaki dan telapak kaki tertopang dengan baik saat duduk
1	Apabila berdiri dengan berat badan yang terdistribusi dengan merata oleh kedua kaki, terdapat ruang gerak yang cukup memadai untuk merubah posisi
2	Apabila kaki dan telapak kaki tidak tertopang dengan baik atau berat badan yang tidak terdistribusi dengan seimbang

Sumber: McAtamney, L & Corlett E.N, 1993, hal 42

2) Langkah ke 2, mengelompokkan nilai postur bagaian tubuh.

Kelompok A dan B dapat mewakili pembebanan pada postur dari sistem muskulosketel yang ada kaitanya dengan kombinasi dari postur pada bagian tubuh. *Group A* dan *group B* akan menghasilkan nilai tunggal berdasarkan Tabel masingmasing *group*. Kemudian masing-masing nilai tersebut akan dijumlahkan dengan skor aktivitas dan skor beban.

a. Skor postur tubuh untuk *group A*.

Penilaian untuk skor *group A* mempunyai urutan penilaian yang didasarkan pada Tabel 2.14.

**Tabel 2.14 Skor Untuk Postur Tubuh Group A**

Lengan Atas	Lengan Bawah	Pergelangan Tangan							
		1		2		3		4	
		Putaran Pergelangan Tangan		Putaran Pergelangan Tangan		Putaran Pergelangan Tangan		Putaran Pergelangan Tangan	
		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	2	3	3	3	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	3	4	4	5
3	1	2	3	3	3	4	4	5	5
	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	7	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Sumber: McAtamney, L & Corlett E.N, 1999, hal 43

a. Skor postur tubuh untuk *group B*

Penilaian untuk skor *group B* mempunyai urutan penilaian yang didasarkan pada Tabel 2.15.

**Tabel 2.15 Skor Untuk Postur Tubuh Grup B**

Leher	Batang Tubuh											
	1		2		3		4		5		6	
	Kaki		Kaki		Kaki		Kaki		Kaki		Kaki	
	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, L & Corlett E.N, 1993, hal 44

b. Skor penggunaan aktivitas (*muscle*) dan beban (*force*).

Setelah skor *group A* atau *group B* diperoleh, selanjutnya skor tersebut ditambahkan dengan skor aktivitas dan beban. Penilaian penggunaan aktivitas dan beban dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Nilai + 1 apabila postur aktivitas yang statis (dipertahankan dalam 1 menit) atau penggunaan postur aktivitas dilakukan berulang kali yaitu lebih dari 4 kali dalam waktu 1 menit.
- 2) Penambahan skor beban yang didapatkan berdasarkan Tabel 2.16, yaitu sebagai berikut:

**Tabel 2.16 Skor Penggunaan Beban Atau Kekuatan**

Skor	Kisaran
0	Pembebebanan sesekali atau tenaga <2kg dan ditahan
1	Pembebebanan sesekali 2-10kg
2	Pembebebanan statis 2-10kg atau yang dilakukan berulang
2	Pembebebanan sekali tetapi >10kg
3	Pembebebanan dan pengerahan tenaga secara repetitive atau statis $\geq 10$ kg
3	Pengeluaran tenaga dan pembebanan yang berlebihan dan cepat

Sumber: McAtamney, L & Corlett E.N, 1993, hal 45

Skor aktivitas dan skor beban pada masing-masing *group* yaitu *group A* dan *group B* dicatat. Kemudian skor tersebut ditambahkan dengan skor yang dihasilkan dari Tabel 2.14 dan 2.15, yaitu sebagai berikut:

- a. Skor Tabel A + skor aktivitas *group A* + skor beban *group A* = Total skor *group A*.
- b. Skor Tabel B + skor aktivitas *group B* + skor beban *group B* = Total skor *group B*.

3) Langkah ke 3, Penentuan *grand total* dan respon tindakan.

Tujuan pada langkah ini adalah untuk menggabungkan total skor dari *group A* dan total skor *group B*. Dari penggabungan ini akan menghasilkan skor *grand total*, yang mana nilai ini dijadikan panduan untuk prioritas observasi berikutnya. Pada *grand total* terdiri dari skor 1-7 yang mana nilai ini berdasarkan estimasi resiko cedera dalam kaitannya dengan pembebanan yang diterima muskuloskeletal. Tabel penilaian *grand total* ditampilkan pada Tabel 2.17.

**Tabel 2.17 Grand Total skor**

Skor Group A	Skor Group B						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Sumber: McAtamney, L & Corlett E.N, 1993, hal 46

Berdasarkan nilai *grand total* skor pada Tabel 2.17, terdapat 4 level tindakan yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

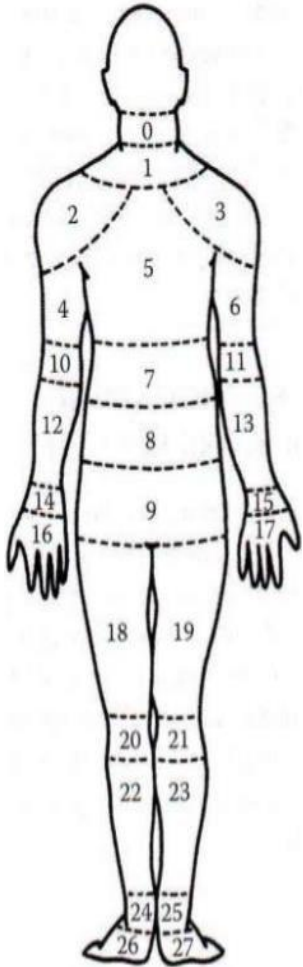
- a. *Action level 1, score 1* atau 2 mempunyai resiko yang minimum dan postur tersebut dapat diterima selama tidak dilakukan secara berulang-ulang untuk waktu yang lama.
- b. *Action level 2, score 3* atau 4 mempunyai resiko yang kecil dan menunjukkan bahwa penyelidikan lebih lanjut dibutuhkan dan mungkin juga perubahan diperlukan.
- c. *Action level 3, score 5* atau 6 mempunyai resiko yang sedang dan menunjukkan bahwa penyelidikan dan perubahan dibutuhkan segera.
- d. *Action level 4, score 7* mempunyai resiko tinggi dan menunjukkan bahwa penyelidikan dan perubahan dibutuhkan sesegera mungkin (mendesak).

### 2.3 Nordic Body Map (NBM).

*Nordic body map* merupakan salah satu alat ukur yang sederhana dalam *ergonomic*. NBM ini digunakan untuk mengetahui sumber penyebab dari rasa sakit yang dialami. Dari hasil *Nordic body map* dapat diketahui tingkat keluhan dari yang tidak sakit sampai yang terasa sangat sakit (Corlett,1992). *Nordic body map questionnaire* ditampilkan pada Tabel 2.18. Keterangan dari kategori sakit sebagai berikut.

- |                  |                 |
|------------------|-----------------|
| 1. Tidak sakit   | 3. Sakit        |
| 2. Sedikit sakit | 4. Sangat sakit |

Tabel 2.18 Nordic Body Map Questionnaire

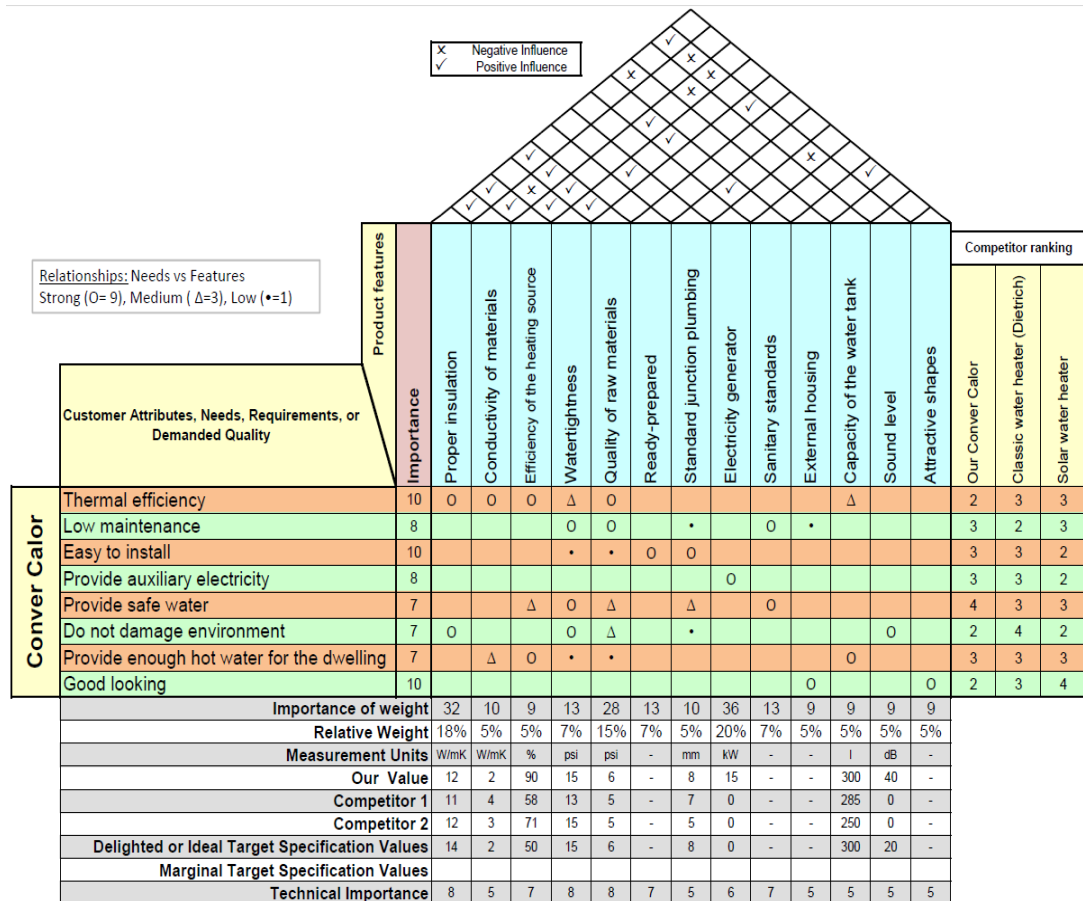
No	Jenis Keluhan	1	2	3	4	Peta Bagian Tubuh
0	Sakit bagian leher bagian atas					
1	Sakit bagian leher bagian bawah					
2	Sakit bagian bahu kiri					
3	Sakit bagian bahu kanan					
4	Sakit bagian lengan atas kiri					
5	Sakit bagian punggung					
6	Sakit bagian lengan atas kanan					
7	Sakit bagian pinggang					
8	Sakit bagian bokong					
9	Sakit bagian Pantat					
10	Sakit bagian Siku kiri					
11	Sakit bagian siku kanan					
12	Sakit bagian lengan bawah kiri					
13	Sakit bagian lengan bawah kanan					
14	Sakit bagian pergelangan tangan kiri					
15	Sakit bagian pergelangan tangan kanan					
16	Sakit bagian tangan kiri					
17	Sakit bagian tangan kanan					
18	Sakit bagian paha kiri					
19	Sakit bagian paha kanan					
20	Sakit bagian lutut kiri					
21	Sakit bagian lutut kanan					
22	Sakit bagian betis kiri					
23	Sakit bagian betis kanan					
24	Sakit bagian pergelangan kaki kiri					
25	Sakit bagian pergelangan kaki kanan					
26	Sakit bagian kaki kiri					
27	Sakit bagian kaki kanan					

Sumber: Tarwaka, 2011, hal 28

## 2.4 House of Quality (HOQ).

Proses QFD melibatkan pembuatan satu atau lebih matriks (disebut juga Tabel kualitas). Matriks pertama yang dibuat disebut *House of Quality* (HOQ). Matriks ini memperlihatkan kebutuhan pelanggan dan karakteristik teknis dari tim pengembang yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan konsumen tersebut (Cohen, 1995).

HOQ adalah sebuah struktur, ekspresi sistematis dari produk atau proses yang dilakukan oleh tim pengembang untuk memahami aspek-aspek pada keseluruhan proses perencanaan produk baru, pelayanan atau proses (Cohen, 1995). Bentuk umum dari setiap bagian matriks *House of Quality* ditampilkan dalam Gambar 2.13.



Sumber: Cohen, 1995, hal 32

Gambar 2. 13 House of Quality



Dalam menggunakan matriks *House of Quality* harus melalui prosedur sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi keinginan konsumen ke dalam atribut-atribut produk Pada tahap ini akan diuji sampai sejauh mana tingkat kepuasan konsumen terhadap suatu produk. Umumnya konsumen terhadap suatu produk. Umumnya konsumen menyatakan pendapatnya mengenai suatu produk ke dalam atribut-atribut yang sangat umum, sehingga yang terpenting dalam tahap ini adalah mengidentifikasi pernyataan konsumen dengan baik untuk menghindari kesalahan interpretasi.
2. Menentukan tingkat kepentingan relatif dari atribut-atribut  
Penentuan peringkat atribut ini dapat dilakukan dengan memberikan bobot persentase pada masing-masing atribut dengan menggunakan skala prioritas.
3. Mengevaluasi atribut-atribut dari produk pesaing  
Performansi dari pesaing dianalisis, keterangan mengenai atribut yang diprioritaskan pesaing dikaji.
4. Membuat matriks perlawanan antara atribut produk dengan karakteristik Atribut-atribut yang telah diterjemahkan ke dalam karakteristik teknis pada tahap di atas dimasukkan ke dalam suatu matriks, dimana atribut diletakkan vertikal pada tepi sebelah kiri, sedangkan karakteristik teknis diletakkan horisontal pada tepi atas. Karakteristik teknis yang dipilih harus nyata dan dapat diukur.
5. Mengidentifikasi hubungan antara karakteristik teknis dan atribut produk Untuk menyatakan hubungan yang terjadi antara karakteristik teknis dan atribut, biasanya menggunakan skor, dimana skor yang tertinggi menggambarkan tingkat kemudahan yang tinggi bagi tim perancang untuk mengidentifikasi karakteristik teknis yang paling berpengaruh pada kepuasan konsumen dan sebaliknya.
6. Mengidentifikasi interaksi yang relevan di antara karakteristik teknis Dalam *House of Quality*, besaran diletakkan pada bagian *roof*. Bekerja dengan matriks *roof* seperti ini dapat memudahkan dalam memeriksa interaksi yang terjadi pada setiap pasangan karakteristik teknis.

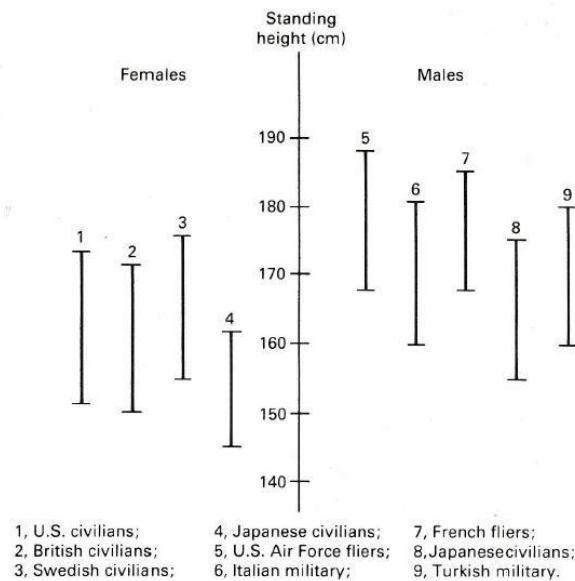
7. Menentukan Gambaran target yang ingin dicapai untuk karakteristik teknis  
Pada tahap ini tim perancang menentukan target yang ingin dicapai untuk pengukuran parameter karakteristik teknis dalam memuaskan keinginan konsumen dan meningkatkan produknya melebihi produk pesaing.

### **2.5 Anthropometry.**

*Anthropometry* merupakan *study* tentang dimensi tubuh manusia. Manusia lahir dengan bentuk dan ukuran yang berbeda-beda. Teknik yang menggunakan informasi dan pengembangan baru mengenai hal tersebut disebut teknik antropometri (Pulat, 1997).

Survei awal dimensi manusia dilakukan pada akhir abad ke-14. Data antropometri yang lengkap ada sejak tahun 1800an. Metode pengukuran distandarisasi beberapa kali selama awal dan pertengahan abad ke-20. Standarisasi terbaru terjadi pada tahun 1980 oleh *International Standards Organization (ISO)*. Metode standar mengasumsikan postur tubuh dan penunjuk, hanya pada beberapa dekade terakhir ini dilakukan secara khusus untuk penggunaan teknik. Aplikasi data antropometri adalah untuk desain pakaian, desain tempat kerja, desain lingkungan, desain pelaratan dan mesin, yang terakhir adalah desain produk (Pulat,1997).

Manusia mempunyai ukuran tubuh yang bervariasi, yang membedakannya dapat berasal dari etnis, suku, dan kebangsaan. Dalam kelompok yang sama, juga dapat berbeda dikarenakan perbedaan gen. Gambar 2.14 menyajikan data variabilitas berkenaan dengan antropometri antar berbagai bangsa dengan nilai percentil 5 dan 95%. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa ada variabilitas 10-15% antar kelompok etnis dengan jenis kelamin yang sama. Seseorang juga dapat menyimpulkan bahwa 25-30% perbedaan dapat diharapkan dalam ukuran populasi satu karakteristik antropometri pada jenis kelamin, etnis, dan rentang persentil dipertimbangkan secara bersamaan (Pulat,1997).



Sumber: Pulat,1997, hal 129

**Gambar 2.14 Human Variability Range ( 5<sup>th</sup> and 95<sup>th</sup> percentiles)**

Pedoman utama untuk merancang tempat kerja yang mengakomodasi sebagian besar individu sehubungan dengan ukuran struktur tubuh manusia. Ilmu untuk mengukur tubuh manusia disebut antropometri dan biasanya menggunakan berbagai perangkat seperti caliper dalam pengukurannya. Misalnya, perawakan dan panjang lengan bawah. (Freivalds and Niebel, 2014)

### 2.5.1 Faktor yang Mempengaruhi Data Antropometri.

Seorang perancang harus memperhitungkan factor yang mempengaruhi data antropometri. Faktor yang paling penting adalah sebagai berikut: (Pulat,1997)

#### 1. Umur

Secara umum dimensi manusia meningkat dari mulai lahir sampai dewasa yaitu sekitar umur 20tahun. Roche dan Davila mempelajari sample orang amerika dan menunjukkan bahwa mereka yang mencapai usia dewasa merekapada usia rata-rata 21,2 tahun untuk pria dan 17.3 tahun untuk wanita. Namun sekitar 10% dari lelaki mencapai usia dewasa pada usia 23.5 tahun dan untuk 10% wanita setelah usia 21.1 tahun. Setelah usia itu tidak ada perubahan bentuk tubuh. Trotter dan gleser memperlihatkan bahwa kita mulai menyusut pada usia 40 tahun keatas. Oleh karena itu penting bagi perancang untuk menentukan populasi

pengguna dalam merancang sesuatu yang berkaitan dengan umur kedua jenis kelamin tersebut.

2. Jenis kelamin

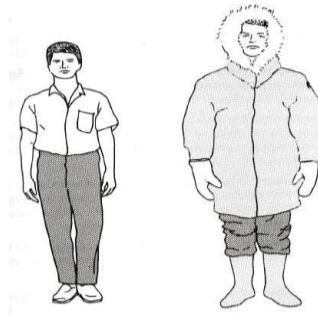
Pada umumnya laki-laki memiliki ukuran dimensi yang lebih besar dari pada wanita kecuali bagian pinggul dan paha. Wanita juga mempunyai kulit yang lebih lembut dari pada laki-laki.

3. Posisi tubuh

*Posture* mempengaruhi ukuran tubuh. Untuk alasan ini posisi standar harus digunakan selama survei. Pada saat posisi berdiri atau posisi duduk harus mempertimbangkan posisi ini selama perancangan. *Restrains* juga mempengaruhi dalam penerapan data. Inilah alasan mengapa dimensi *functional* lebih besar dari pada *static* dimension. Dimensi *static* harus dapat disesuaikan untuk gerakan bebas selama bekerja.

4. Pakaian

Pakaian memberikan tambahan untuk ukuran tubuh manusia. Dampak lainnya adalah mempersempit ruang gerak. Pada Gambar 2.15 dibawah ini diperlihatkan bahwa dengan pakaian berbeda saat bekerja maka berbeda pula data ukuran yang didapat.

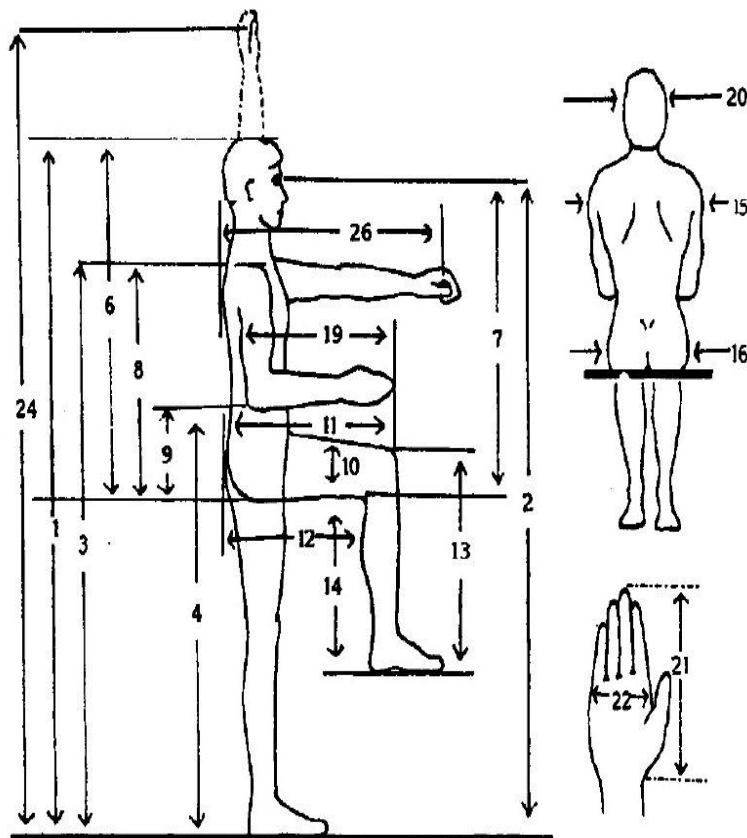


Sumber: Pulat,1997, hal 134

**Gambar 2.15 Perbedaan Ukuran Dengan Pakaian Berbeda**

### **2.5.2 Dimensi *Anthropometri* Umum.**

Menurut (Wingjosoebroto, 1995) Data anthropometri dapat dimanfaatkan untuk menetapkan dimensi ukuran produk yang akan dirancang dan disesuaikan dengan dimensi tubuh manusia yang akan menggunakannya. Pengukuran dimensi struktur tubuh yang biasa diambil dalam perancangan produk maupun fasilitas dapat dilihat pada Gambar 2.16 di bawah ini.



Sumber: Wingjosoebroto, 1995, hal 26







**Gambar 2.16 Antropometri Untuk Perancangan Produk Atau Fasilitas**

Keterangan Gambar 2.16 di atas, yaitu,

1. Dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai sampai dengan ujung kepala).
2. Tinggi mata dalam posisi berdiri tegak.
3. Tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak.
4. Tinggi siku dalam posisi berdiri tegak (siku tegak lurus).
5. Tinggi kepalan tangan yang terjulur lepas dalam posisi berdiri tegak (dalam Gambar tidak ditunjukkan).
6. Tinggi tubuh dalam posisi duduk (di ukur dari alas tempat duduk pantat sampai dengan kepala).
7. Tinggi mata dalam posisi duduk.
8. Tinggi bahu dalam posisi duduk.
9. Tinggi siku dalam posisi duduk (siku tegak lurus).
10. Tebal atau lebar paha.
11. Panjang paha yang di ukur dari pantat sampai dengan. ujung lutut.

12. Panjang paha yang di ukur dari pantat sampai dengan bagian belakang dari lutut betis.
13. Tinggi lutut yang bisa di ukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk.
14. Tinggi tubuh dalam posisi duduk yang di ukur dari lantai sampai dengan paha.
15. Lebar dari bahu (bisa di ukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk).
16. Lebar pinggul ataupun pantat.
17. Lebar dari dada dalam keadaan membusung (tidak tampak ditunjukkan dalam Gambar).
18. Lebar perut.
19. Panjang siku yang di ukur dari siku sampai dengan ujung jari-jari dalam posisi siku tegak lurus.
20. Lebar kepala.
21. Panjang tangan di ukur dari pergelangan sampai dengan ujung jari.
22. Lebar telapak tangan.
23. Lebar tangan dalam posisi tangan terbentang lebar kesamping kiri kanan (tidak ditunjukkan dalam Gambar).
24. Tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak.
25. Tinggi jangkauan tangan dalam posisi duduk tegak.
26. Jarak jangkauan tangan yang terjulur kedepan di ukur dari bahu sampai dengan ujung jari tangan.
27. Tinggi dalam posisi berdiri dari ujung kaki hingga pantat bagian bawah.

Berdasarkan (Roebuck and Thomson, 1975) Untuk memperjelas mengenai data anthropometri yang tepat diaplikasikan dalam berbagai rancangan produk ataupun fasilitas kerja, diperlukan pengambilan ukuran dimensi anggota tubuh. Penjelasan mengenai pengukuran dimensi anthropometri tubuh yang diperlukan dalam perancangan dijelaskan pada Gambar 2.17.

Data Anthropometri	Keterangan	Cara Pengukuran
	Tinggi badan tegak (tbt)	Dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (vertikal dari lantai sampai dengan ujung kepala).
	Tinggi bahu berdiri (tbb)	Ukur jarak vertikal dari permukaan tanah sampai bahu dalam kondisi subjek berdiri tegak.
	Panjang lengan atas (pla)	Panjang lengan atas yang diukur dari bahu sampai siku dalam posisi siku tegak lurus.
	Panjang lengan bawah (plb)	Panjang lengan bawah yang diukur dari siku sampai dengan pangkal telapak tangan.
	Pangkal telapak tangan ke pangkal jari (pttpj)	Panjang vertikal dari pangkal telapak tangan ke pangkal jari dalam posisi telapak tangan terbuka
	Diameter genggam tangan (gt)	Diameter genggam tangan saat menggenggam sesuatu.

Sumber: Roebuck J.A., 1975, hal 31

Gambar 2.17 Pengukuran Dimensi Tubuh

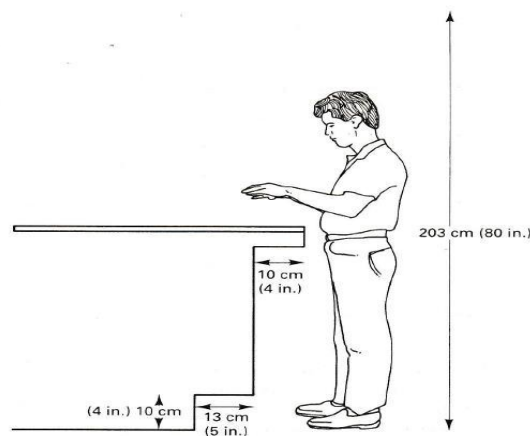
## 2.6 Area Kerja Berdiri.

Pada desain stasiun berdiri, apabila tenaga kerja harus bekerja untuk periode yang lama, maka faktor kelelahan menjadi utama. Meminimalkan pengaruh kelelahan dan keluhan subjektif, maka pekerja harus dirancang agar tidak terlalu banyak menjangkau, membungkuk, atau melakukan gerakan dengan posisi kepala

yang tidak alamiah. Pertimbangan tentang pekerjaan yang paling baik dilakukan dengan posisi berdiri sebagai berikut: (Pullat,1997)

1. Tidak tersedia tempat untuk kaki dan lutut.
2. Harus memegang objek yang berat (lebih dari 4,5 kg).
3. Sering menjangkau ke atas, ke bawah dan ke samping.
4. Sering melakukan pekerjaan yang menekan kebawah.
5. Diperlukan mobilitas.

Beberapa faktor dimensi untuk area kerja berdiri ditunjukkan pada Gambar 2.18. Diperlukan minimum 10cm (4 inchi) untuk *allowance* lutut. Disarankan sebuah *clearance* kaki 13x10cm (5x4 inch). Untuk persyaratan jangkauan keatas, jarak jangkauan maksimum tidak boleh lebih dari 203cm (80inch). Ini adalah praktik yang baik untuk membuat ketentuan duduk bahkan dalam pekerjaan yang memerlukan postur tubuh berdiri. Untuk menghilangkan stress operator kadang-kadang dapat duduk. (Pulat, 1997)



Sumber: Pullat,1997, hal 177

**Gambar 2.18 Recommended Standing Workplace Dimension**

## 2.7 Pengertian Sistem Kerja.

Sistem kerja yaitu suatu sistem yang komponen-komponen kerja, seperti mesin, manusia, material, lingkungan fisik, fasilitas kerja yang saling berinteraksi untuk mencapai tujuan tertentu. (Suhardi, 2008). Berdasarkan (Sutalaksana,2006). Perancangan sistem kerja adalah suatu ilmu yang terdiri dari teknik - teknik dan prinsip - prinsip untuk mendapatkan rancangan terbaik dari sistem kerja yang bersangkutan. Teknik-teknik dan prinsip-prinsip ini digunakan untuk mengatur



komponen sistem kerja yang terdiri dari manusia dengan sifat dan kemampuannya, peralatan kerja, bahan serta lingkungan kerja sedemikian rupa sehingga dicapai tingkat efektivitas dan efisiensi yang tinggi bagi perusahaan serta aman, sehat dan nyaman bagi pekerja.

## **2.8 Tool Design.**

*Tool design* merupakan proses perancangan dan juga pengembangan alat, teknik dan metode yang digunakan untuk memperbaiki efisiensi dan produktifitas dalam proses manufaktur. Hal ini dapat memberikan mesin industri dan *special tool* yang dibutuhkan untuk keberlangsungan proses produksi sehari-hari dengan kecepatan dan *volume* yang tinggi. Hal ini akan meningkatkan kualitas produksi dan lebih ekonomis, agar dapat menjamin biaya produk tetap kompetitif. Selama tidak ada satu-pun *tool* atau proses yang dapat menghasilkan semua bentuk manufaktur yang diinginkan, desain *tool* akan selalu berubah dan berkembangnya proses kreatifitas pemecahan masalah. Tujuan utama dari *tool design* adalah menurunkan biaya manufaktur, dengan mempertahankan kualitas produk dan meningkatkan produksi. Untuk meraihnya, *tool designer* harus memenuhi tujuan berikut: (Hoffman,1996).

1. Menyajikan *design tool* yang *simple* dan mudah di operasikan untuk mendapatkan efisiensi maksimum.
  2. Mengurangi biaya manufaktur dengan memproduksi *parts* dengan biaya sekecil mungkin.
  3. *Design tools* yang secara konsisten dapat memproduksi *parts* dengan kualitas tinggi.
  4. Meningkatkan tingkatan produksi dengan adanya *machine tools*.
  5. *Design tool* agar sangat mudah dalam pembuatannya dan mencegah kesalahan dalam penggunaannya.
  6. Pilih material yang sesuai agar mendapatkan umur *tool* yang dibutuhkan.
- Mempertimbangkan keselamatan pekerja dalam mendesain *tool*.

## **2.9 Perancangan Produk.**

Perancangan dan pengembangan produk menurut Ulrich & Eppinger(2001) dapat diterjemahkan sebagai serangkaian aktifitas yang saling berkaitan yang dimulai dari analisis persepsi dan peluang pasar, sampai ke tahap produksi, penjualan serta pengiriman produk.

Menurut Ulrich & Eppinger(2001) terdapat tiga fungsi penting dalam proyek pengembangan produk, yaitu:

### **1. Pemasaran**

Kegunaan pemasaran didalam mengembangkan produk adalah untuk menghubungkan antara tim pengembang produk dengan konsumen. Dalam keadaan yang sesungguhnya berkembangnya produk, identifikasi segmen pasar dan identifikasi kebutuhan pelanggan, menetapkan target produk, merancang peluncuran dan promosi produk.

### **2. Perancangan**

Kegunaan perancangan merupakan kegunaan yang penting dalam mengidentifikasi bentuk produk supaya dapat keinginan pelanggan dapat dipenuhi. Bagian perancangan memiliki kewajiban meliputi desain *engineering* (mekanik, elektrik, dll) dan desain industri (estetika, ergonomi, dll).

### **3. Manufaktur**

Manufaktur memiliki kewajiban untuk memberikan rancangan dan mengoperasikan sistem produksi pada proses produksi produk untuk menghasilkan produk.

## **2.10 Software CATIA.**

*Catia* merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membantu proses desain, rekayasa dan *manufacture*. Perangkat lunak yang diusung IBM ini lazim dikategorikan sebagai *computer aided design (CAD)*, *computer aided engineering (CAE)*, dan *computer aided manufacturing (CAM)*. Dengan menggunakan *Catia*, proses pemodelan seluruhnya dilakukan secara digital sehingga tidak diperlukan lagi Gambar manual maupun model fisik. Misalkan *assembly* mobil atau pesawat terbang sepenuhnya dapat dilakukan di layar komputer, bahkan sebelum produknya jadi. *Catia* dikembangkan oleh *Desault*

*System* untuk keperluan *Desault Aviation*. Pada tahun 1982 Catia dipasarkan oleh IBM. Secara teknis, Catia sangat mudah digunakan dan memiliki aplikasi yang lengkap dan lebih dari 140 modul untuk berbagai keperluan industri (Pinem,2009).