

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Ergonomi**

Ergonomi berasal dari bahasa Latin yaitu *ergo* yang berarti “kerja” dan *nomos* yang berarti “hukum alam”. Ergonomi dimaksudkan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan perancangan (Susihono, 2009).

Ergonomi berkenaan pula dengan optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan, dan kenyamanan manusia ditempat kerja, dirumah, dan tempat rekreasi. Didalam ergonomi dibutuhkan studi tentang sistem dimana manusia, fasilitas lingkungan kerja dan lingkungan saling berinteraksi dengan tujuan utama yaitu menyesuaikan suasana kerja dengan manusia (Nurmianto,2008).

Dalam perkembangan selanjutnya, ergonomi dikelompokkan atas empat bidang penyelidikan, menurut Iftikar Satalaksana dalam bukunya yaitu:

1. Penyelidikan tentang tampilan (*display*).

Tampilan (*display*) adalah suatu perangkat antara (*interface*) yang menyajikan informasi tentang keadaan lingkungan, dan mengkomunikasikannya pada manusia dalam bentuk tanda-tanda, angka, lambang dan sebagainya.

2. Penyelidikan tentang kekuatan fisik manusia.

Dalam hal ini diselidiki tentang aktivitas-aktivitas manusia ketika bekerja, dan kemudian dipelajari cara mengukur aktivitas-aktivitas tersebut.

3. Penyelidikan tentang ukuran tempat kerja.

Penyelidikan ini bertujuan untuk mendapatkan rancangan tempat kerja yang sesuai dengan ukuran (dimensi) tubuh manusia, agar diperoleh tempat kerja yang baik, yang sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan manusia.

4. Penyelidikan tentang lingkungan kerja.

Penyelidikan ini meliputi kondisi lingkungan fisik tempat kerja dan fasilitas kerja seperti pengaturan cahaya, kebisingan suara, temperatur, getaran, dan lain-lain yang dianggap dapat mempengaruhi tingkah laku manusia.

Berkenaan dengan bidang-bidang penyelidikan yang tersebut diatas, maka terlihat sejumlah disiplin dalam ergonomi, yaitu :

1. Anatomi dan fisiologi, yang mempelajari struktur dan fungsi tubuh manusia.
2. Antropometri, yaitu ilmu mengenai ukuran atau dimensi tubuh manusia.
3. Fisiologi psikologi, yang mempelajari sistem saraf dan otak manusia.
4. Psikologi eksperimen, yang mempelajari tingkah laku manusia.

### **2.1.1 Sejarah Dan Perkembangan Ergonomi**

Zaman dahulu, ketika masih hidup dalam lingkungan alam asli, manusia sangat tergantung pada kegiatan tangan. Peralatan-peralatan, perlengkapan-perlengkapan, dan rumah-rumah sederhana, dibuat hanya sekedar untuk mengurangi ganasnya alam pada saat itu.

Perjalan waktu, walaupun perlahan, telah mengubah manusia dari keadaan primitif menjadi manusia yang berbudaya. Kejadian ini antara lain terlihat pada perubahan perancangan peralatan-peralatan yang dipakai, yaitu mulai dari batu yang tidak berbentuk menjadi batu yang mulai berbentuk dengan meruncingkan beberapa bagian dari batu tersebut. Perubahan pada alat sederhana ini menunjukkan bahwa manusia sejak awal kebudayaannya telah berusaha memperbaiki alat-alat yang dipakai untuk memudahkan dalam pemakaiannya. Hal ini terlihat lagi pada alat-alat batu runcing yang bagian atasnya dipahat bulat kira-kira sebesar genggaman sehingga lebih memudahkan pemegangan dan cengkeraman saat digunakan (Sutalaksana, I dkk, 2006).

### **2.1.2 Tujuan Ergonomi**

Secara umum tujuan dari penerapan ergonomi menurut Widodo. (2008 : 25) adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.
2. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial, mengelola dan mengkoordinir kerja secara tepat guna dan

- meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.
3. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek yaitu aspek teknis, ekonomis, antropologis dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas hidup yang tinggi.

### **2.1.3 Konsep Keseimbangan dalam Ergonomi**

Ergonomi merupakan suatu ilmu, seni dan teknologi yang berupaya untuk menyerasikan alat, cara dan lingkungan kerja terhadap kemampuan, kebolehan dan segala keterbatasan manusia, sehingga manusia dapat berkarya secara optimal tanpa pengaruh buruk dari pekerjaannya. Dari sudut pandang ergonomi, antara tuntutan tugas dengan kapasitas kerja harus selalu dalam garis keseimbangan sehingga dicapai performansi kerja yang tinggi. Dalam kata lain, tuntutan tugas tidak boleh terlalu rendah (*underload*) dan juga tidak boleh terlalu berlebihan (*overload*). Karena keduanya, baik *underload* maupun *overload* akan menyebabkan stres (widodo,2005).

## **2.2 Antropometri**

Istilah antropometri berasal dari “*anthro*” yang berarti manusia dan “*metri*” yang berarti ukuran. Secara definitif antropometri dapat dinyatakan sebagai satu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Manusia pada dasarnya akan memiliki bentuk, ukuran (tinggi, lebar, dsb) berat dan lain-lain yang berbeda satu dengan yang lainnya.

Antropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam melakukan interaksi manusia. Data antropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas antara lain dalam hal:

1. Perancangan area kerja
2. Perancangan peralatan kerja seperti mesin, *equipment*, perkakas (*tool*) dan sebagainya.

3. Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, kursi, meja, komputer, dan lain-lain.
4. Perancangan lingkungan kerja fisik.

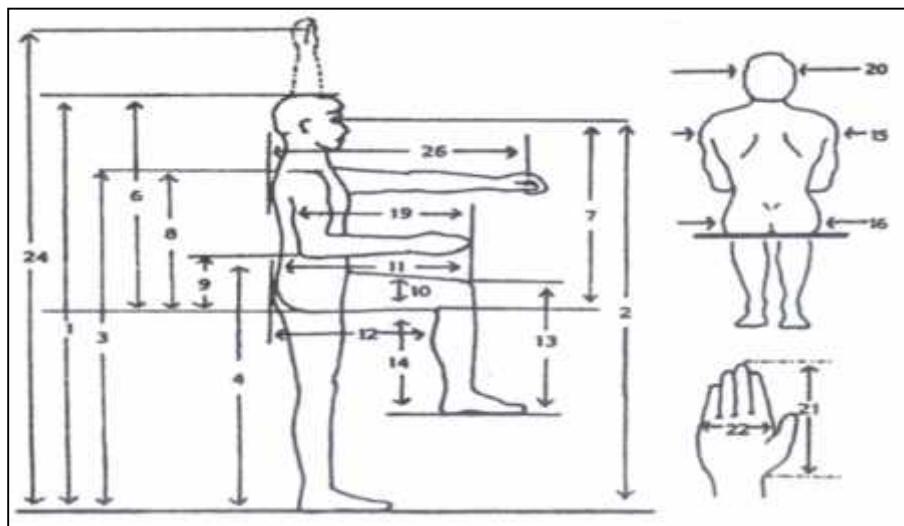
Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data antropometri akan menentukan bentuk, ukuran, dan dimensi yang tepat yang berkaitan dengan produk yang dirancang dan manusia yang akan mengoprasikan atau menggunakan produk tersebut (Wignjosoebroto, 2000).

### **2.2.1 Data Antropometri dan Pengukurannya**

Manusia pada umumnya akan berbeda-beda dalam hal bentuk dan dimensi ukuran tubuhnya. Disini ada beberapa faktor yang akan mempengaruhi ukuran tubuh manusia, sehingga sudah semestinya seorang perancang produk harus memperhatikan faktor-faktor tersebut itu antara lain:

1. Umur. Secara umum dimensi tubuh manusia akan tumbuh dan bertambah besar seiring dengan bertambahnya umur yaitu sejak awal kelahirannya sampai dengan umur sekitar 20 tahun. Setelah itu, tidak akan terjadi pertumbuhan bahkan justru akan cendrung berubah penurunan ataupun penyusutan yang dimulai sekitar umur 40 tahunan.
2. Jenis kelamin (*sex*). Dimensi tubuh ukuran laki-laki pada umumnya akan lebih besar dibandingkan dengan wanita, terkecuali untuk beberapa bagian tubuh, seperti pinggul dan sebagainya.
3. Suku bangsa (*ethnic*). Setiap suku bangsa maupun kelompok *ethnic* akan memiliki karakteristik fisik yang akan berbeda satu dengan yang lainnya.
4. Posisi tubuh (*posture*). Sikap *pusture* ataupun sikap tubuh akan berpengaruh terhadap ukuran tubuh oleh sebab itu, posisi tubuh standar harus diterapkan untuk survei pengukuran.

Adapun anggota tubuh yang perlu diukur adalah seperti terlihat pada gambar 2.1 sebagai berikut (Wignjosoebroto, 2000):



(Sumber: Sritomo Wignjosoebroto, 2000)

Keterangan Gambar:

1. Tinggi badan tegak (Tbt), yaitu dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai sampai dengan ujung kepala).
2. Tinggi mata berdiri (Tmb), yaitu tinggi mata dalam posisi berdiri tegak.
3. Tinggi bahu berdiri (Tbb), yaitu tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak.
4. Tinggi siku berdiri (Tsb), yaitu tinggi siku dalam posisi berdiri tegak.
5. Tinggi kepalan tangan (Tkt), yaitu tinggi kepalan tangan yang terjulur lepas dalam posisi berdiri tegak.
6. Tinggi duduk tegak (Tdt), yaitu tinggi tubuh dalam posisi duduk (diukur dari alas tempat duduk atau pantat sampai dengan kepala).
7. Tinggi mata duduk (Tmd), yaitu tinggi mata dalam posisi duduk.
8. Tinggi bahu duduk (Tbd), yaitu tinggi bahu dalam posisi duduk.
9. Tinggi siku duduk (Tsd), yaitu tinggi siku dalam posisi duduk (siku tegak lurus).
10. Tebal paha (Tp), yaitu tebal atau lebar paha.
11. Pantat ke lutut (Pkl), yaitu panjang paha yang diukur dari pantat sampai dengan ujung lutut.
12. Pantat popliteal (Pp), yaitu panjang paha yang diukur dari pantat sampai dengan bagian belakang dari lutut atau betis.

13. Tinggi lutut duduk (Tld), yaitu tinggi lutut yang bisa diukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk.
14. Tinggi popliteal (Tpo), yaitu tinggi tubuh dalam posisi duduk yang diukur dari lantai sampai dengan lutut bagian dalam.
15. Lebar bahu (Lb), yaitu lebar dari bahu (bisa diukur dalam posisi berdiri ataupun duduk).
16. Lebar pinggul (Lp), yaitu lebar pinggul atau pantat.
17. Lebar sandaran duduk (Lsd), yaitu lebar dari punggung, jarak horizontal antara kedua tulang belikat.
18. Tinggi pinggang (Tpg).
19. Panjang lengan bawah (Plb), yaitu panjang siku yang diukur dari siku sampai dengan ujung jari-jari dalam posisi tegak lurus.
20. Lebar kepala (Lkp).
21. Panjang tangan (Pt), yaitu panjang tangan diukur dari pergelangan sampai dengan ujung jari.
22. Lebar telapak tangan.
23. Lebar tangan (Lt), yaitu lebar tangan dalam posisi tangan terbentang lebar-lebar ke samping kiri-kanan.
24. Tinggi jangkauan tangan tegak (Tjtt), yaitu tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak, diukur dari lantai sampai dengan telapak tangan yang terjangkau lurus ke atas (vertikal).
25. Tinggi jangkauan tangan duduk (Tjtd), yaitu tinggi jangkauan tangan dalam posisi duduk tegak, diukur seperti halnya No. 24, tetapi dalam posisi duduk.
26. Jangkauan tangan ke depan (Jtd), yaitu jarak jangkauan tangan yang terjulur ke depan diukur dari bahu sampai ujung jari tangan.

### **2.2.2 Aplikasi Data Antropometri Dalam Perancangan Produk**

Agar rancangan suatu produk nantinya bisa sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang akan mengoprasikannya, maka prinsip-prinsip yang harus diambil dalam aplikasi data antropometri harus ditetapkan terlebih dahulu seperti berikut:

1. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran ekstrim

- Prinsip rancangan produk ini dibuat agar bisa memenuhi dua sasaran produk:
- a. Bisa sesuai ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim dalam arti terlalu besar atau terlalu kecil bila dibandingkan dengan rata-ratanya.
  - b. Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (majoritas dari populasi yang ada).
  2. Prinsip perancangan produk yang bisa diopersikan diantara rentang tertentu Disini rancangan bisa diubah-ubah ukurannya sehingga cukup fleksibel dioperasikan oleh setiap orang yang memiliki berbagai macam ukuran tubuh.
  3. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata  
Disini produk rancangan dibuat untuk mereka yang berukuran sekitaran rata-rata, sedangkan bagi mereka yang memiliki ukuran ekstrim akan dibuat rancangan tersendiri. Problem pokok yang dihadapi dalam hal ini justru sedikit sekali mereka yang berada dalam ukuran rata-rata (Wignjosoebroto, 2000).

### **2.2.3 Nilai dan Ukuran Populasi dalam Antropometri**

Data antropometri ini jelas akan berbeda untuk satu bangsa (*ras* atau *etnis*) dibandingkan dengan bangsa lain. Secara umum dapat disimpulkan kalau tinggi maupun berat badan dari manusia Amerika atau Eropa akan lebih tinggi atau berat dibandingkan dengan manusia Asia seperti Jepang, China, ataupun Indonesia. Dengan demikian rancangan produk, fasilitas kerja, ataupun stasiun kerja yang menerapkan data antropometri yang diambil dari populasi manusia Amerika akan tidak sesuai pada saat harus dioperasikan oleh manusia Asia (Indonesia). Untuk itu jelas memerlukan penyesuaian-penyesuaian agar lebih layak untuk dioperasikan dengan ukuran tubuh manusia pemakainya (Wignjosoebroto, 2000).

Penentuan dimensi ukuran dan karakteristik fisik tubuh manusia yang akan diaplikasikan dalam proses perancangan bukanlah satu hal yang mudah. Data antropometri yang ada dan telah diperoleh melalui sebuah penelitian khusus seringkali tidak bisa memberikan sebuah gambaran umum dan homogen dari populasi yang ingin ditampilkan. Dimensi ukuran tubuh manusia akan dibedakan

melalui berbagai faktor yang ada, seperti data antropometri untuk laki-laki (*male population*) akan dibedakan dengan wanita (*female population*). Umumnya laki-laki akan memiliki ukuran-ukuran fisik tubuh yang lebih besar (tinggi, panjang, berat, dan sebagainya) dibandingkan dengan wanita. Untuk bagian-bagian tertentu saja dari anggota tubuh (sebagai contoh pinggul atau lingkar dada), wanita akan lebih besar dibandingkan dengan laki-laki. Disisi lain faktor umur (usia) juga akan menentukan perbedaan ukuran tubuh manusia. Manusia dewasa jelas akan memiliki dimensi ukuran yang berbeda dibandingkan dengan anak-anak yang baru tumbuh dan berkembang kondisi fisiknya (Wignjosoebroto, 2000).

#### **2.2.4 Aplikasi Data Antropometri dalam Perancangan**

Data antropometri untuk berbagai ukuran anggota tubuh baik yang diukur dalam posisi tetap (*structural body dimension*) ataupun posisi bergerak dinamis sesuai dengan fungsi yang bisa dikerjakan oleh anggota tubuh tersebut (*functional body dimension*) dan dikelompokan berdasarkan nilai persentil dari populasi tertentu akan sangat bermanfaat untuk menentukan ukuran-ukuran yang harus diakomodasikan pada saat perancangan sebuah produk, fasilitas kerja maupun stasiun kerja. Persoalan yang paling mendasar dalam mengaplikasikan data antropometri dalam proses perancangan adalah bagaimana bisa menemukan dimensi ukuran yang paling tepat untuk rancangan yang ingin dibuat agar bisa mengakomodasikan mayoritas dan potensial populasi yang akan menggunakan atau mengoperasikan hasil rancangan tersebut. Dalam hal ini ada dua dimensi rancangan yang akan dijadikan dasar menentukan minimum atau maksimum ukuran yang umum ingin ditetapkan, yaitu: (Wignjosoebroto, 2000).

1. Dimensi jarak ruangan (*clearance dimensions*), yaitu dimensi yang diperlukan untuk menentukan minimum ruang (*space*) yang diperlukan orang untuk dengan leluasa melaksanakan aktivitas dalam sebuah stasiun kerja baik pada saat mengoperasikan maupun harus melakukan perawatan dari fasilitas kerja (mesin dan peralatan) yang ada. Jarak ruangan (*clearance*) dalam hal ini dirancang dengan menetapkan dimensi ukuran tubuh yang terbesar (*upper percentile*) dari populasi pemakai yang diharapkan. Sebagai contoh pada saat

kita merancang ukuran lebar jalan keluar-masuk (*personal aisle*) ke sebuah areal kerja, maka disini dimensi ukuran lebar jalan akan ditentukan berdasarkan data antropometri (lebar badan) dengan persentil terbesar (95th atau 97.5th *percentile*) dari populasi.

2. Dimensi jarak jangkauan (*reach dimension*), yaitu dimensi yang diperlukan untuk menentukan maksimum ukuran yang harus ditetapkan agar mayoritas populasi akan mampu menjangkau dan mengoperasikan peralatan kerja (tombol kendali, *keyboard*, dan sebagainya) secara mudah dan tidak memerlukan usaha (*effort*) yang terlalu memaksa. Disini jarak jangkauan akan ditetapkan berdasarkan ukuran tubuh terkecil (*lower percentile*) dari populasi pemakai yang diharapkan dan biasanya memakai ukuran 2.5th atau 5th *percentile*.

Berdasarkan dua dimensi rancangan tersebut diatas dan untuk mengaplikasikan data antropometri agar bisa menghasilkan rancangan produk, fasilitas maupun stasiun kerja yang sesuai dengan ukuran tubuh dari populasi pemakai terbesarnya (*fitting the task to the man*), maka ada tiga filosofi dasar perancangan yang bisa dipilih sesuai dengan tuntutan kebutuhannya (Wignjosoebroto, 2000), yaitu :

1. Rancangan untuk ukuran rata-rata (*design for average*), yang banyak dijumpai dalam perancangan produk atau fasilitas yang dipakai untuk umum (*public facilities*) seperti kursi kereta api, bus dan fasilitas umum lainnya yang akan dipakai oleh orang banyak (masalah utama jarang sekali dijumpai orang yang memiliki dimensi ukuran rata-rata, sehingga rancangan yang dibuat tidak akan bisa sesuai dengan ukuran mayoritas populasi yang ada).
2. Rancangan untuk ukuran ekstrim (*design for extrem*), yang ditujukan untuk mengakomodasikan mereka yang memiliki ukuran yang terkecil atau yang terbesar (dipilih salah satu) dengan orientasi mayoritas populasi akan bisa terakomodasi oleh rancangan yang dibuat.
3. Rancangan untuk ukuran yang bergerak dari satu ekstrim ke ekstrim ukuran yang lain (*design for range*), yang diaplikasikan untuk memberikan fleksibilitas ukuran (karena ukuran mampu diubah-ubah) sehingga mampu

digunakan oleh mereka yang memiliki ukuran tubuh terkecil maupun yang terbesar (biasanya akan memakai ukuran dari *range percentile* 5th dan 95th).

Selanjutnya untuk mengaplikasikan data antropometri dalam proses perancangan ada beberapa langkah dan sistematika prosedur yang harus ditempuh yang dapat dijelaskan sebagai berikut (Wignjosoebroto, 2000), :

1. Tentukan terlebih dahulu mayoritas (potensi) dari populasi yang diharapkan akan memakai atau mengoperasikan produk atau fasilitas rancangan yang akan dibuat (seperti yang dilakukan dalam langkah penetapan target dan *segmentasi pasar*)
2. Tentukan proporsi dari populasi (*percentile*) yang harus diikuti, seperti 90th, 95th, 97,5th Ataukah 99th *percentile*.
3. Tentukan bagian-bagian tubuh dan dimensinya yang akan terkait dengan rancangan yang dibuat.
4. Tentukan prinsip ukuran yang harus diikuti apakah rancangan tersebut untuk ukuran ekstrim, rentang ukuran yang fleksibel (*range*), ataukah menggunakan ukuran rata-rata.
5. Aplikasikan data antropometri yang sesuai dan tersedia, bilamana diperlukan tambahan dengan (*allowance*) untuk mengantisipasi ketebalan pakaian yang harus dikenakan, pemakaian sarung tangan (*gloves*), dan sebagainya.

### **2.3 Perhitungan Statistik**

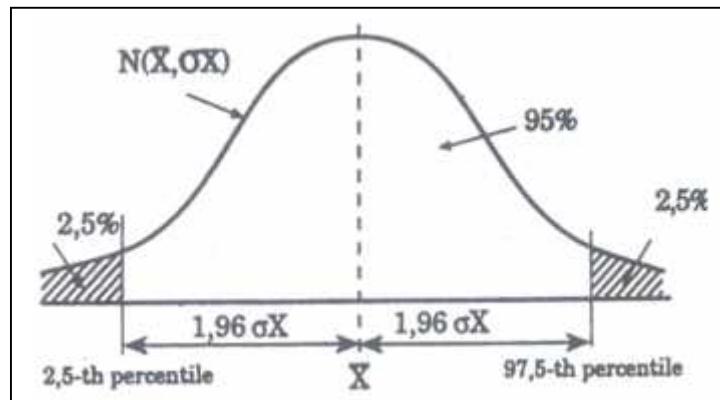
Seperti telah diuraikan didepan, studi tentang antropometri akan banyak terkait dengan teknik pengukuran dan data ukuran tentang dimensi tubuh manusia (tinggi badan, panjang lengan atau kaki, lebar bahu, dsb) serta karakteristik fisik lain dari tubuh manusia seperti berat, massa, volume, pusat gravitasi, kekuatan otot, dan sebagainya. Pengukuran antropometri merupakan satu hal yang penting dan merupakan elemen kritis dalam proses perancangan produk, fasilitas kerja maupun area stasiun kerja. Berdasarkan data antropometri (biasanya diperoleh melalui pengukuran sampel populasi yang representatif) yang ada, akan memberi kemungkinan bagi seorang perancang untuk mengakomodasikan potensial populasi yang dikehendaki untuk menggunakan atau mengoperasikan hasil

rancangannya kelak. berbagai macam data antropometri telah banyak dikumpulkan dan dipublikasikan untuk populasi orang yang dibedakan menurut jenis kelamin, usia, ras atau etnis dan sebagainya. Data antropometri biasanya diklasifikasikan menurut besaran *percentile* 5th, 10th, 50th, 90th, dan 95th. Dalam pemakaian data antropometri, satu hal yang penting dan harus selalu diingat adalah segmen populasi (*group of people*) yang mana yang ingin untuk direkomendasikan dalam penetapan dimensi ukuran dari produk rancangan. Sebagai contoh, bilamana seorang perancang stasiun kerja ingin merancang fasilitas produksi yang akan dioperasikan dalam sebuah lintasan perakitan, maka data antropometri yang diterapkan adalah data untuk pekerja laki-laki dengan usia sekitar 18 – 30 tahun (Wignjosoebroto, 2000).

#### **2.4 Konsep Persentil**

Secara statistik terlihat bahwa ukuran tubuh manusia pada suatu populasi berada disekitar harga rata-rata dan sebagian kecil harga ekstrim jatuh di dua sisi distribusi. Perancangan berdasarkan konsep harga rata-rata hanya akan menyebabkan sebesar 50% dari populasi pengguna rancangan yang akan dapat menggunakan rancangan dengan baik. Sedangkan sebesar 50% sisanya tidak dapat menggunakan rancangan tersebut dengan baik. Oleh karena itu tidak dibenarkan untuk merancang berdasarkan konsep harga rata-rata ukuran manusia. Untuk itu dilakukan perancangan yang berdasarkan harga tertentu dari ukuran tubuh manusia.

Sebagian besar data Antropometri dinyatakan dalam bentuk persentil. Persentil merupakan suatu nilai yang menyatakan bahwa persentase tertentu dari sekelompok orang yang dimensinya sama dengan atau lebih rendah dari nilai tersebut. Misalnya 95% dari populasi adalah sama atau lebih rendah dari 95 persentil, dan 5% dari populasi berada sama dengan atau lebih rendah dari 5 persentil.



Gambar 2.5 Kurva Distribusi Normal dengan Data Antropometri 95 Persentil (Sumber: Wignjosoebroto, 2000)

Dalam konsep persentil ini ada dua konsep yang perlu dipahami. Pertama, persentil antropometri pada individu hanya didasarkan pada satu ukuran tubuh saja, seperti tinggi berdiri atau tinggi duduk. Kedua, tidak ada orang yang disebut sebagai orang persentil ke-90 atau orang persentil ke-5. Artinya, orang yang memiliki persentil ke-50 untuk tinggi duduk mungkin saja memiliki dimensi persentil ke-40 untuk tinggi popliteal atau persentil ke-60 untuk tinggi siku duduk. Pemakaian nilai-nilai persentil yang umum diaplikasikan dalam perhitungan data antropometri dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.1 Macam Persentil untuk Data Berdistribusi Normal

Percentile	Perhitungan
1 <sup>st</sup>	$X - 2,325 \cdot SD$
2,5 <sup>th</sup>	$X - 1,96 \cdot SD$
5 <sup>th</sup>	$X - 1,645 \cdot SD$
10 <sup>th</sup>	$X - 1,28 \cdot SD$
50 <sup>th</sup>	$X$
90 <sup>th</sup>	$X + 1,28 \cdot SD$
95 <sup>th</sup>	$X + 1,645 \cdot SD$
97,5 <sup>th</sup>	$X + 1,96 \cdot SD$
99 <sup>th</sup>	$X + 2,325 \cdot SD$

(Sumber : Sritomo Wignjosoebroto, 1995)

Dalam pokok bahasan antropometri, 95 persentil akan menggambarkan ukuran manusia yang “Terbesar”, sedangkan 5 persentil sebaliknya akan menunjukkan ukuran manusia yang “terkecil”. Bilamana diharapkan ukuran yang

mampu mengakomodasikan 95% dari populasi yang ada, maka disini diambil rentang 2,5 dan 97,5 persentil sebagai batas-batasnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.

Adapun pendekatan dalam penggunaan data antropometri, adalah sebagai berikut:

1. Pilihlah standar deviasi yang sesuai untuk perancangan yang dimaksud.
2. Carilah data pada rata-rata dan distribusi dari dimensi yang dimaksud untuk populasi yang sesuai.
3. Pilihlah nilai persentil yang sesuai sebagai dasar perancangan.
4. Pilihlah jenis kelamin yang sesuai.

## 2.5 Kelelahan

Kelelahan adalah suatu pola yang timbul pada suatu keadaan yang secara umum terjadi pada setiap individu, yang telah tidak sanggup lagi untuk melakukan aktifitasnya. Pada dasarnya pola ini ditimbulkan oleh dua hal, yaitu akibat kelelahan fisiologis (fisik atau kimia) dan kelelahan psikologis (mental atau fungsional).

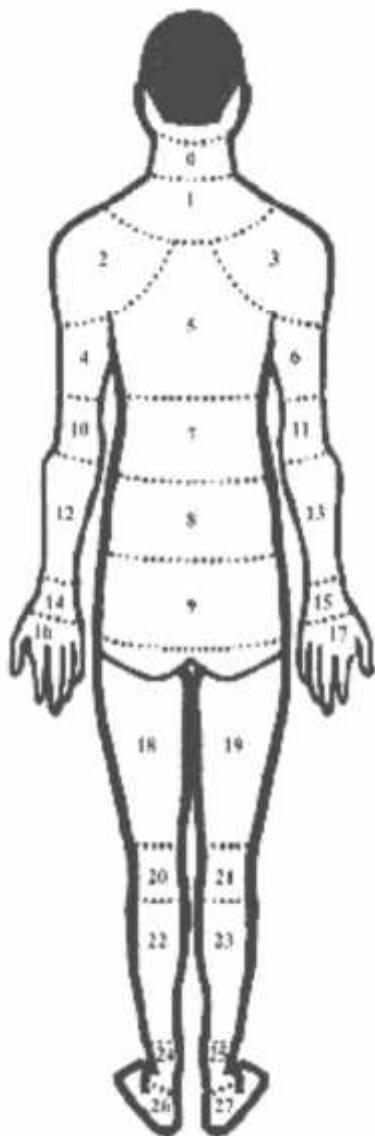
Kelelahan fisiologis adalah kelelahan yang timbul karena adanya perubahan-perubahan fisiologis dalam tubuh. Dari segi fisiologis, tubuh manusia dapat dianggap mesin yang mengkonsumsi bahan bakar, dan memberikan output berupa tenaga-tenaga yang berguna untuk aktifitas sehari-hari.

Kelelahan terjadi karena terkumpulnya produk-produk sisa dalam otot dan peredaran darah, dimana produk-produk sisa ini bersifat bisa membatasi kelangsungan aktifitas otot atau mempengaruhi sistem syaraf pusat sehingga menyebabkan orang menjadi lambat bekerja jika sedang lelah (Sutalaksana, I dkk, 2006).

## 2.6 *Nordic Body Map*

*Nordic Body Map* (NBM) merupakan metode yang dilakukan dengan menganalisis peta tubuh (NBM) yang dapat menunjukkan kelelahan pada tiap bagian tubuh. Dengan melihat dan menganalisis peta tubuh (NBM) akan dapat

diestimasi jenis dan tingkat keluhan otot *skeletal* yang dirasakan oleh pekerja. Metode ini dilakukan dengan memberikan penilaian subjektif pada pekerja (Santoso G, 2004).



NO	JENIS KELUHAN
0	Sakit kaku di leher bagian atas
1	Sakit kaku dibagian leher Bagian bawah
2	Sakit dibahu kiri
3	Sakit dibahu kanan
4	Sakit lengan atas kiri
5	Sakit dipunggung
6	Sakit lengan atas kanan
7	Sakit pada pinggang
8	Sakit pada bokong
9	Sakit pada pantat
10	Sakit pada siku kiri
11	Sakit pada siku kanan
12	Sakit lengan bawah kiri
13	Sakit lengan bawah kanan
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan
16	Sakit pada tangan kiri
17	Sakit pada tangan kanan
18	Sakit pada paha kiri
19	Sakit pada paha kanan
20	Sakit pada lutut kiri
21	Sakit pada lutut kanan
22	Sakit pada betis kiri
23	Sakit pada betis kanan
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan
26	Sakit pada kaki kiri
27	Sakit pada kaki kanan

Gambar 2.6 *Nordic Body Map* (Nurmianto,2004)

## 2.7 Perancangan Produk

Produk adalah keluaran (output) yang diperoleh dari sebuah proses produksi dan merupakan pertambahan nilai dari bahan baku dan merupakan komoditi yang dijual perusahaan kepada konsumen. Konsep produk adalah sebuah gambaran atau perkiraan mengenai teknologi, prinsip kerja dan bentuk produk yang akan dikembangkan. Biasanya disajikan ke dalam gambar berbentuk tiga dimensi dengan uraian setiap komponen(Widodo, 2005)

Perancangan dan pengembangan produk adalah semua proses yang berhubungan dengan keberadaan produk yang meliputi segala aktivitas yang dimulai dari identifikasi keinginan konsumen sampai fabrikasi, penjualan dan deliveri dari produk. Melalui perancangan dan pengembangan produk, diharapkan akan dihasilkan inovasi produk baru yang mampu memberikan keunggulan tertentu di dalam mengatasi persaingan dengan produk kompetitor(Widodo, 2005).

Proses perancangan dan pengembangan produk pada hakikatnya merupakan langkah-langkah strategis yang akan mempengaruhi segala langkah menajemen yang diambil dan merupakan proses yang sangat komplek sehingga memerlukan cara berpikir yang komprehensif dengan melibatkan berbagai macam disiplin ilmu(Widodo, 2005).

Proses pengembangan perancangan konsep produk mencakup kegiatan-kegiatan sebagai berikut(Widodo, 2005):

1. Identifikasi produk

Memahami kekurangan dan kelemahan yang terdapat pada produk sebelumnya dan melakukan perbaikan terhadap produk tersebut.

2. Penetapan spesifikasi target

Spesifikasi memberikan uraian yang tepat mengenai bagaimana produk bekerja dan merupakan terjemahan dari identifikasi produk.

3. Penyusunan konsep

Sasaran penyusunan konsep adalah menggali konsep-konsep produk yang mungkin sesuai dengan kebutuhan pelanggan yang mencakup gabungan dari penelitian eksternal, proses pemecahan masalah secara kreatif.

4. Pemilihan konsep

Pemilihan konsep merupakan kegiatan dimana berbagai konsep dianalisis dan secara berturut-turut dieliminasi untuk mengidentifikasi konsep yang paling menjanjikan.

5. Pemodelan dan pembuatan prototipe

Setiap tahapan dalam proses pengembangan konsep melibatkan banyak bentuk model dan prototipe.

6. Pengujian konsep

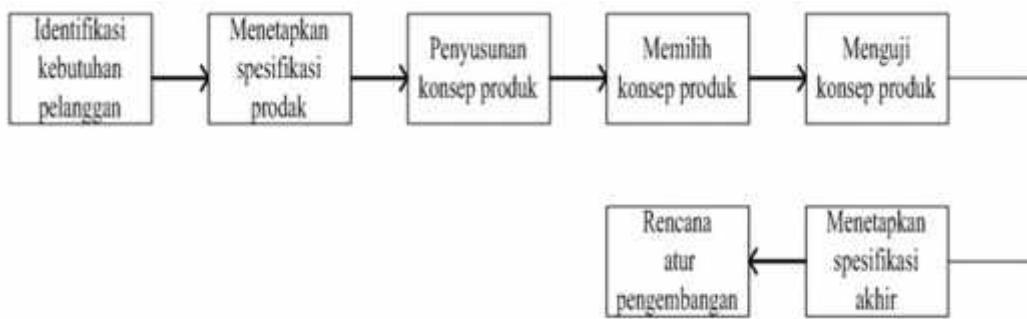
Satu atau lebih konsep diuji untuk mengetahui apakah kebutuhan pelanggan telah terpenuhi, memperkirakan potensi pasar dari produk dan mengidentifikasi beberapa kelemahan yang harus diperbaiki selama proses perkembangan selanjutnya.

7. Penentuan spesifikasi akhir

Spesifikasi yang telah ditentukan diawal proses ditinjau kembali setelah proses dipilih dan diuji.

8. Perencanaan proyek

Pada kegiatan akhir pengembangan konsep ini, tim membuat suatu jadwal pengembangan secara rinci, menentukan strategi untuk meminimasi waktu pengembangan dan mengidentifikasi sumber daya yang digunakan untuk menyelesaikan proyek.



Gambar. 2.7 Tahap Proses pengembangan perancangan konsep produk (Sumber: Widodo, 2005)

## 2.8 Definisi Biomekanika

Aktivitas *manual material handling* (MMH) yang tidak tepat dapat menimbulkan kerugian bahkan kecelakaan pada karyawan. Akibat yang ditimbulkan dari aktivitas MMH yang tidak benar salah satunya adalah keluhan muskoloskeletal. Keluhan muskoloskeletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan yang sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dalam jangka waktu yang lama akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon (Modul APK & E, 2011)

Biomekanika menyangkut tubuh manusia dan hampir semua tubuh mahluk hidup. Dalam biomekanika prinsip-prinsip mekanika di pakai dalam penyusunan konsep, analisis, disain dan pengembangan peralatan dan sistem dalam biologi dan kedokteran. Biomekanika di definisikan sebagai bidang ilmu aplikasi mekanika pada sistem biologi. Biomekanika merupakan kombinasi antara disiplin ilmu mekanika terapan dan ilmu-ilmu biologi dan fisiologi.

Filosofi Yunani Aristotle (384-322 SM) adalah orang yang pertama kali melakukan studi secara sistematis terhadap gerakan tubuh manusia. Banyak prinsip yang mendeskripsikan aksi dan karakteristik geometri dari otot. Dengan demikian gerak tubuh merupakan sebuah sistem biologis yang dapat diakui sebagai hasil interaksi sistem biologis dengan lingkungan sekelilingnya. Interaksi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu struktur dari lingkungan (bentuk dan stabilitas). Medan dari gaya (arah relatif terhadap gravitasi, kecepatan gerakan). Struktur dari sistem (susunan tulang, aktifitas otot, susunan segment dari tubuh, ukuran, integrasi motorik yang dibutuhkan untuk mendukung postur). Peranan dari keadaan psikologis (level kreatifan, motivasi).

Biomekanika di definisikan sebagai bidang ilmu aplikasi mekanika pada sistem biologi. Biomekanika merupakan kombinasi antara disiplin ilmu mekanika terapan dan ilmu-ilmu biologi dan fisiologi. Biomekanika menyangkut tubuh manusia dan hampir semua tubuh mahluk hidup. Selain itu untuk meningkatkan suatu sistem kerja melalui minimasi kemungkinan terjadinya cidera pada saat melakukan kerja. Biomekanika menggunakan hukum-hukum mengenai konsep

fisik dan teknik untuk menggambarkan gerakan yang dialami oleh bagian-bagian tubuh yang beragam dan aksi gaya pada bagian-bagian tubuh tersebut selama melakukan aktifitas harian normal.

## 2.9 Metode Analisis Postur Kerja OWAS

Perkembangan OWAS dimulai pada tahun tujuh puluhan di perusahaan *Ovako Oy Finlandia* (sekarang *Fundia Wire*). Metode ini dikembangkan oleh Karhu dan kawan-kawannya di Laboratorium Kesehatan Buruh Finlandia (*Institute of Occupational Health*). Lembaga ini mengkaji tentang pengaruh sikap kerja terhadap gangguan kesehatan seperti sakit pada punggung, leher, bahu, kaki, lengan dan rematik. Penelitian tersebut memfokuskan hubungan antara postur kerja dengan berat beban. Pada kurun waktu 1977 Karhu Dkk memperkenalkan metode ini untuk pertama kalinya. Pengenalan pertama terbatas pada aspek klasifikasi postur kerja. Kemudian Stofert menyempurnakan metode OWAS melalui disertasinya pada tahun 1985. Penyempurnaan ini telah memasukan aspek evaluasi analisa secara detail. Metode OWAS mengkodekan sikap kerja pada bagian punggung, tangan, kaki dan berat beban. Masing-masing bagian memiliki klasifikasi sendiri-sendiri. Metode ini cepat dalam mengidentifikasi sikap kerja yang berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja. Kecelakaan kerja yang menjadi perhatian dari metode ini adalah sistem *musculoskeletal* manusia. Postur dasar OWAS disusun dengan kode yang terdiri empat digit, dimana disusun secara berurutan mulai dari punggung, lengan, kaki dan berat beban yang diangkat saat melakukan penanganan material secara manual. Berikut adalah klasifikasi sikap tubuh yang diamati untuk dianalisa dan dievaluasi. (<http://ergonomi-fit.blogspot.com/2012/01/analisis-postur-kerja-owas.html>):

1. Sikap Punggung
  - a. Lurus
  - b. Membungkuk
  - c. Memutar atau miring kesamping
  - d. Membungkuk dan memutar atau membungkuk kedepan dan menyamping



Gambar 2.8 Klasifikasi Sikap Kerja Bagian Punggung

## 2. Sikap Lengan

- a. Kedua lengan berada dibawah bahu
  - b. Satu lengan berada pada atau diatas bahu
  - c. Kedua lengan pada atau diatas bahu



1. Kedua tangan berada di bawah level ketinggian bahu      2. Satu lengan berada di atas level ketinggian bahu      3. Kedua tangan berada di atas level ketinggian bahu

Gambar 2.9 Klasifikasi Sikap Kerja Bagian Lengan

### 3. Sikap Kaki

- a. Duduk
  - b. Berdiri bertumpu pada kedua kaki lurus
  - c. Berdiri bertumpu pada satu kaki lurus
  - d. Berdiri bertumpu pada kedua kaki dengan lutut ditekuk
  - e. Berdiri bertumpu pada satu kaki dengan lutut ditekuk
  - f. Berlutut pada satu atau kedua lutut
  - g. Berajalan



Gambar 2.10 Klasifikasi Sikap Kerja Bagian Kaki

4. Berat Beban

- a. Berat beban adalah kurang dari 10 Kg ( $W = 10$  Kg)
- b. Berat beban adalah 10 Kg – 20 Kg ( $10 \text{ Kg} < W = 20$  Kg)
- c. Berat beban adalah lebih besar dari 20 Kg ( $W > 20$  Kg)

Dibawah ini adalah perihal penjelasan tentang klasifikasi sikap agar membedakan sikap masing-masing klasifikasi.

1. Sikap Punggung

- a. Membungkuk

Penilaian sikap kerja diklasifikasikan membungkuk jika terjadi sudut yang terbentuk pada punggung minimal sebesar  $20^\circ$  atau lebih. Begitu pula sebaliknya jika perubahan sudut kurang dari  $20^\circ$ , maka dinilai tidak membungkuk. Adapun posisi leher dan kaki tidak termasuk dalam penilaian batang tubuh (punggung).

2. Sikap Lengan

- a. Yang dimaksud sebagai lengan adalah dari lengan atas sampai tangan.
- b. Penilaian terhadap posisi lengan yang perlu diperhatikan adalah posisi tangan.

3. Sikap Kaki

- a. Duduk

Pada sikap ini adalah duduk dikursi dan semacamnya.

b. Berdiri bertumpu pada kedua kaki lurus

Pada sikap ini adalah kedua kaki dalam posisi lurus / tidak bengkok dimana beban tubuh menempati kedua kaki.

c. Berdiri bertumpu pada satu kaki lurus

Pada sikap ini adalah beban tubuh bertumpu pada satu kaki lurus (menggunakan satu pusat gravitasi lurus), dan satu kaki yang lain dalam keadaan menggantung (tidak menyentuh lantai). Dalam hal ini kaki yang menggantung untuk menyeimbangkan tubuh dan bila jari kaki menyentuh lantai termasuk sikap ini.

d. Berdiri bertumpu pada kedua kaki dengan lutut ditekuk

Pada sikap ini adalah keadaan postur setengah duduk yang telah umum diketahui yaitu keadaan lutut ditekuk dan beban tubuh bertumpu pada kedua kaki.

e. Berdiri bertumpu pada satu kaki dengan lutut ditekuk

Pada sikap ini dalam keadaan berat tubuh bertumpu pada satu kaki dengan lutut ditekuk (menggunakan pusat gravitasi pada satu kaki dengan lutut ditekuk).

f. Berlutut pada satu atau kedua lutut

Ada sikap ini dalam keadaan satu atau kedua lutut menempel pada lantai.

g. Berjalan

Pada sikap ini adalah gerakan kaki yang dilakukan termasuk gerakan kedepan, belakang, menyamping dan naik turun tangga.

4. Berat beban

Dalam hal ini yang membedakan adalah berat beban yang diterima dalam satuan kilogram (Kg). Berat beban yang diangkat lebih kecil atau sama dengan 10 Kg ( $W = 10$  Kg), lebih besar dari 10 Kg dan lebih kecil atau sama dengan 20 Kg ( $10 \text{ Kg} < W = 20$  Kg), lebih besar dari 20 Kg ( $W > 20$  Kg).

Hasil dari analisa postur kerja OWAS terdiri dari empat level skala sikap kerja yang berbahaya bagi para pekerja.

KATEGORI 1: Pada sikap ini tidak ada masalah pada sistem *muskuloskeletal* (tidak berbahaya). Tidak perlu ada perbaikan.

KATEGORI 2: Pada sikap ini berbahaya pada sistem *musculoskeletal* (postur kerja mengakibatkan pengaruh ketegangan yang signifikan). Perlu perbaikan dimasa yang akan datang.

KATEGORI 3: Pada sikap ini berbahaya pada sistem *musculoskeletal* (postur kerja mengakibatkan pengaruh ketegangan yang sangat signifikan). Perlu perbaikan segera mungkin.

KATEGORI 4: Pada sikap ini sangat berbahaya pada sistem *musculoskeletal* (postur kerja ini mengakibatkan resiko yang jelas). Perlu perbaikan secara langsung / saat ini juga. (<http://ergonomi-fit.blogspot.com/2012/01/analisis-postur-kerja-owas.html>).

Berikut ini merupakan tabel kategori tindakan kerja OWAS secara keseluruhan, berdasarkan kombinasi klasifikasi sikap dari punggung, lengan, kaki dan berat beban.

Tabel 2.2 Kategori Tindakan Kerja OWAS

BACK	ARMS	1			2			3			4			5			6			7			LEGS USE OF FORCE
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	4	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	1	1	1
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4

(sumber : Kategori tindakan kerja OWAS)

Tabel diatas menjelaskan mengenai klasifikasi postur-postur kerja ke dalam kategori tindakan. Sebagai contoh postur kerja dengan kode 2352, maka postur kerja ini merupakan postur kerja dengan kategori tindakan dengan derajat perbaikan level 4, yaitu pada sikap ini berbahaya bagi sistem *musculoskeletal* (sikap kerja ini mengakibatkan resiko yang jelas). Perlu perbaikan secara langsung atau saat ini.