

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

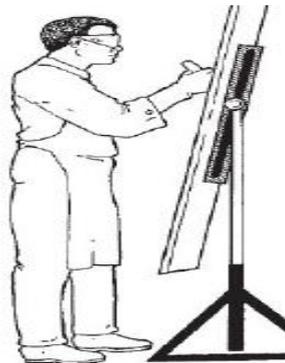
Pada tinjauan pustaka ini membahas pengetahuan mengenai konsep ergonomi gerakan manusia dan konsep Rekayasa Nilai yang digunakan sebagai landasan teori yang memberikan acuan dalam mengevaluasi masalah yang dibahas dalam penelitian di perusahaan PT. Azmy Jaya Indonesia yang bertempat di desa Tasikharjo kec. Jenu Tuban, yang merupakan tempat penelitian dan mengamati sistem kerja yang berlangsung di dalamnya.

#### 2.1 SIKAP KERJA ERGONOMI

Posisi tubuh dalam bekerja ditentukan oleh jenis pekerjaan yang dilakukan. Masing – masing posisi kerja mempunyai pengaruh yang sangat berbeda – beda terhadap tubuh. Sikap tubuh dalam beraktifitas pekerjaan yang diakibatkan oleh hubungan – hubungan antara dimensi kerja dengan variasi tempat kerja. Sikap tubuh pada saat melakukan setiap pekerjaan menentukan atau berpengaruh terhadap keberhasilan suatu pekerjaan. Sikap tubuh (*posture*) manusia secara mendasar keadaan istirahat menurut Pheasant, (1991), yaitu :

##### 1. Sikap berdiri (*standing*)

Sikap berdiri adalah posisi tulang belakang vertikal dan berat badan tertumpu secara seimbang pada dua kaki. Berdiri dengan posisi yang benar, dengan tulang punggung yang lurus dan bobot badan terbagi rata pada kedua kaki.

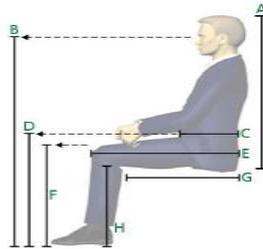


**Gambar 2.1 Sikap berdiri**

*Sumber : Pheasant 1991*

## 2. Sikap duduk (*sitting*)

Sikap dimana kaki tidak terbebani dengan berat tubuh dan posisi stabil selama bekerja



**Gambar 2.2 Sikap duduk**

*Sumber : Pheasant 1991*

## 3. Sikap berbaring (*lying*)

Sikap terlentang dimana bagian lordosis di pertahankan dengan paha dan lutut 45°.

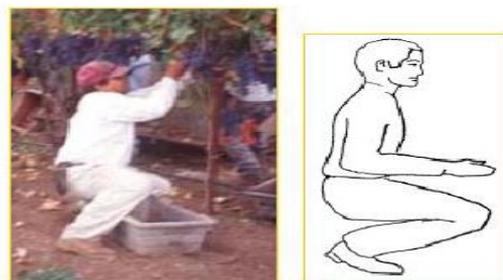


**Gambar 2.3 Sikap berbaring**

*Sumber : Pheasant 1991*

## 4. Sikap jongkok (*squatting*)

Sikap kerja dimana posisi lutut fleksi max, paha, badan fleksi max, dan lumbal juga fleksi max.



**Gambar 2.4 Sikap jongkok**

*Sumber : Pheasant 1991*

Apabila dari sikap tubuh terdapat alat atau peralatan yang digunakan untuk bekerja selanjutnya disebut dengan sikap kerja, prinsip kerja secara ergonomi agar terhindar dari resiko cedera yaitu:

1. Gunakan tenaga yang seefisien mungkin, beban yang tidak perlu harus dikurangi atau dihilangkan, perhitungan gaya berat yang mengacu pada berat badan dan bila perlu digunakan pengungkit sebagai alat bantu.
2. Sikap kerja duduk, berdiri dan jongkok disesuaikan dengan prinsip ergonomi
3. Panca indera dipergunakan sebagai kontrol, bila merasakan kelelahan dan harus istirahat (jangan dipaksa), dan bila lapar atau haus harus makan dan minum (jangan di tahan).
4. Jantung digunakan sebagai parameter yg diukur melalui denyut nadi per menit, yaitu jangan lebih dari jumlah maksimum yg diperbolehkan.

Dengan mengetahui kriteria sikap kerja yang ideal, prinsip dasar mengatasi sikap tubuh selama bekerja dapat di tentukan. Kasus yang paling umum berkaitan dengan sikap kerja yang tidak ergonomi, dapat diambil langkah – langkah yang lebih spesifik di dalam melakukan perbaikan. Sikap kerja seseorang menurut Bridger (1995), dipengaruhi oleh 4 faktor, yaitu :

1. Fisik umur, jenis kelamin, ukuran *anthropometri*, berat badan, kesegaran, kemampuan gerakan sendi system pengelihatian, masalah kegemukan, dan riwayat penyakit.
2. Jenis keperluan tugas, pengerjaan memerlukan ketelitian, kekuatan tangan, ukuran tempat duduk, giliran tugas, dan waktu istirahat.
3. Desain tempat kerja, seperti, tempat duduk, ketinggian landasan kerja, kondisi bidang pekerjaan, dan faktor lingkungan.
4. Lingkungan kerja (environment),intensitas penerangan, suhu lingkungan, kelembaban udara, kecepatan udara, kebisingan, debu, dan getaran.

### **2.1.1 POSISI POSTUR KERJA OPERATOR**

Postur (posture) adalah posisi tubuh manusia secara keseluruhan. Pada saat bekerja posisi tubuh (postur) tiap pekerja berbeda, yaitu postur kerja yang merupakan posisi tubuh pada saat pekerja melakukan aktivitasnya. Tubuh adalah keseluruhan jasad manusia yang kelihatan dari ujung rambut sampai ujung kaki. Pertimbangan ergonomi yang berkaitan dengan postur kerja membantu

mendapatkan postur yang nyaman bagi pekerja, baik itu postur kerja berdiri, duduk, angkat maupun angkut. Beberapa jenis pekerjaan memerlukan postur kerja tertentu dan terkadang tidak menyenangkan. Kondisi pekerja ini memaksa pekerja berat pada postur kerja yang tidak alami. Hal ini mengakibatkan pekerja cepat lelah dan keluhan sakit pada bagian tubuh, dan bisa menjadikan cacat produk, bahkan cacat tubuh.

Menurut Barnes (1980) untuk menghindari postur kerja yang demikian dilakukan pertimbangan ergonomi yaitu :

1. Mengurangi keharusan bekerja dengan posisi postur tubuh membungkuk dalam frekuensi kegiatan yang sering atau dalam jangka waktu yang lama.
2. Mengatasi hal ini, maka stasiun kerja dirancang dengan memperhatikan fasilitas alat bantu untuk menyesuaikan pekerjaan tersebut, apabila dikerjakan dengan duduk, berdiri, dan jongkok.
3. Pekerja tidak seharusnya menggunakan jarak jangkauan maksimum. Pengaturan postur kerja dalam hal ini dilakukan dalam jarak jangkauan normal ( prinsip ekonomi pergerakan).
4. Pekerja tidak seharusnya duduk pada saat bekerja dalam waktu yang cukup lama dengan posisi kepala, leher, dada dan kaki berada dalam postur kerja miring.
5. Operator tidak seharusnya di paksa bekerja dalam frekuensi atau periode waktu yang lama dengan tangan atau lengan berada dalam posisi di atas level siku yang normal.

Beberapa masalah berkenaan dengan posisi postur kerja yang sering terjadi, Barnes (1980) yaitu :

1. Hindari kepala dan leher mendongkakan.
2. Hindari tungkai yang menaik.
3. Hindari tungkai kaki dalam posisi yang terangkat.
4. Hindari postur memutar atau asimetris.
5. Sediakan sandaran yang cukup disetiap bangku.

Postur netral adalah posisi optimal tiap sendi yang menyediakan kekuatan paling besar, kontrol gerakan yang paling atas, dan stres fisik paling kecil pada sendi dan jaringan di sekitarnya. Secara umum, posisi ini sedah dekat titik tengah dari berbagai macam gerakan, yaitu posisi dimana otot-otot sekitar sendi seimbang dan santai. Ada pengecualian penting untuk aturan titik tengah ini. Contohnya adalah postur lengan yang dipengaruhi oleh gravitasi, dan lutut yang berfungsi yang baik dengan posisi perpanjangannya. Beberapa prinsip utama penerapan postur yang relevan di tempat kerja yaitu:

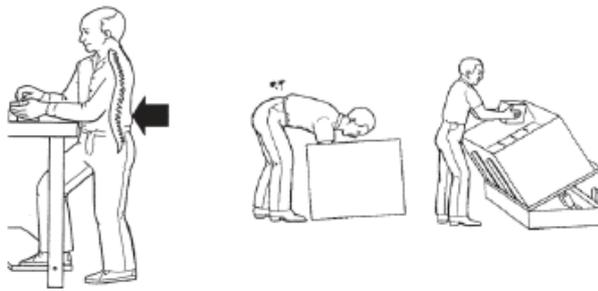
1. Bagian belakang (punggung) dengan kurva S utuh yang paling alami.  
Ruas tulang belakang melengkung kira – kira dalam bentuk sebuah S. Menjaga kurva S adalah sesuatu yang penting untuk mencegah cedera punggung kronis dan mengoptimalkan posisi kerja. Untuk punggung bagian bawah, meliputi mempertahankan beberapa derajat lordosis baik pada posisi duduk maupun berdiri. Pembengkokan kedepan (kifosis) memberikan tekanan pada fisik sensitif di punggung bawah, yang akhirnya menyebabkan cedera parah, penyelarasan tulang belakang difasilitasi dengan mempertahankan postur semi – mendekam. Menjaga lutut. Sedikit menekuk. Posisi yang mempromosikan kerja dalam posisi ini meliputi:
  - a. Pada saat berdiri, menggunakan kaki untuk istirahat.
  - b. Sambil bersandar ketika duduk.
  - c. Memiliki dukungan lumbalis yang baik.



**GAMBAR 2.5 Posisi Trunk ideal**

*Sumber : Barnes 1980*

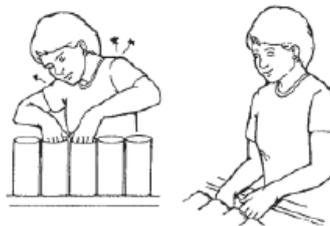
2. Leher dalam posisi tepat sejajar.  
Sikap netral leher cukup jelas, yaitu tidak boleh membungkuk atau memutar.



**Gambar 2.6 Posisi Leher netral**

*Sumber : Barnes 1980*

3. Siku digunakan secara alami di sisi tubuh dan bahu dengan santai. Siku diadakan nyaman disisi tubuh, bahu harus rileks dan tidak membungkuk. Bekerja dengan siku mengayun keluar dapat menambahkan regangan pada bahu sehingga menyebabkan kelelahan dan ketidaknyamanan, mengganggu kemampuan orang untuk melakukan pekerjaan mereka dengan baik dan memberikan kontribusi cedera bahu untuk jangka panjang. Jika bukan karena efek dari gravitasi, sikap netral tangan mungkin akan mengayun keluar setidaknya untuk beberapa derajat, karena merupakan titik tengah dari bagian gerakan.

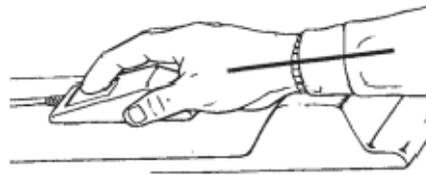


**Gambar 2.7 Posisi Siku dengan Bahu santai**

*Sumber : Barnes 1980*

4. Pergelangan tangan segaris dengan lengan  
 Postur normal pergelangan tangan jauh lebih intuitif untuk memahami. Tangan harus berada di bidang yang sama dengan lengan bawah atau membentuk sudut agak dalam kurang lebih memegang kemudi mobil pada posisi jam 10 dan 2. Perhatikan bahwa sikap netral pergelangan tangan tidak di sudut kanan seperti memegang karangan bunga atau bermain piano. Sekali lagi, perlu ditekankan untuk memastikan bahwa tidak ada orang yang bekerja dengan sangat membungkuk

pergelangan tangan. Mengoptimalkan postur pergelangan tangan adalah langkah sekunder.

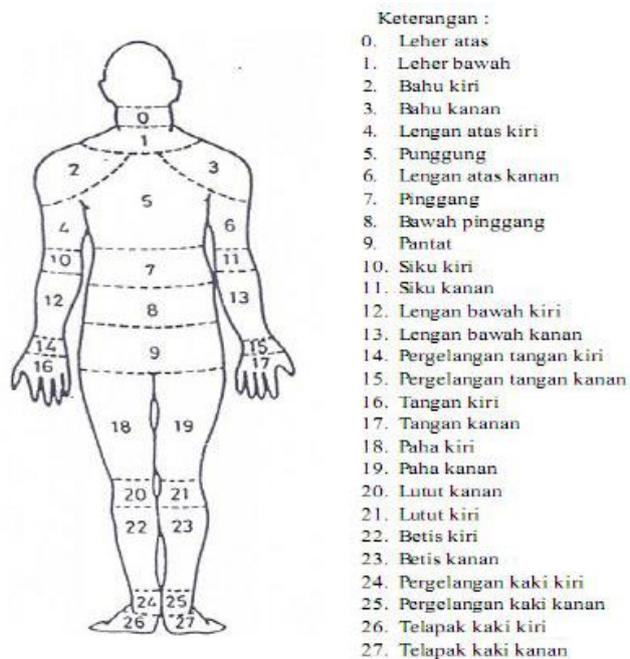


**Gambar 2.8 Posisi pergelangan tangan santai**

Sumber : Barnes 1980

### 2.1.2 Nordich Body Map

Adanya keluhan otot skeletal yang terkait dengan ukuran tubuh manusia lebih disebabkan oleh tidak adanya kondisi keseimbangan struktur rangka di dalam menerima beban, baik beban berat tubuh maupun beban tambahan lainnya. Misalnya tubuh yang tinggi rentan terhadap beban tekan dan tekukan. Oleh sebab itu mempunyai resiko yang lebih tinggi terhadap terjadinya keluhan otot *skeletal* (Wingjosoebroto 2000). Melalui *nordic body map* diketahui bagian bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari rasa sakit sampai dengan sangat sakit. *Nordic body map* terhadap segmen-segmen tubuh ditampilkan dalam gambar 2.9.



**Gambar 2.9 Nordic body map**

Sumber : Wingjosoebroto 2000

### 2.1.3 ELEMEN KERJA

Elemen *therblig* adalah penggolongan elemen kerja ke dalam beberapa kelompok elemen. Elemen gerakan terdiri dari 17 elemen gerakan yang dikelompokkan yaitu :

1. Kelompok gerakan utama

Elemen gerakan yang bersifat memberi nilai tambah termasuk didalamnya, yaitu *assembly*, *disassembly* dan *use*. Kelompok gerakan utama dijelaskan sebagai berikut:

a. Assembly (A)

Elemen gerakan menghubungkan dua obyek atau lebih menjadi satu kesatuan.

b. Disassembly (DA)

Elemen gerakan yang memisahkan atau menguraikan dua obyek yang tergabung menjadi satu satu, menjadi obyek terpisah.

c. Use (U)

Elemen gerakan dimana salah satu atau kedua tangan di gunakan untuk memakai atau mengontrol suatu alat atau obyek untuk tujuan tertentu.

2. Kelompok gerakan penunjang

Elemen gerakan yang kurang memberikan nilai tambah, namun di perlukan, terdiri dari elemen gerakan *reach*, *grasp*, *move* dan *released load*. Elemen gerakan ini dijelaskan sebagai berikut :

a. *Reach* (RE)

Merupakan gerakan yang menggambarkan gerakan tangan berpindah tempat tanpa beban atau hambatan baik gerakan menuju atau menjauhi proyek.

b. *Grasp* (G)

Merupakan elemen gerakan tangan yang dilakukan dengan menutup jari – jari tangan pada obyek yang dikehendaki dalam suatu operasi kerja.

c. *Move* (M)

Merupakan gerakan perpindahan tangan, disini tangan bergerak

dalam kondisi membawa beban.

d. *Released load (RL)*

Elemen gerakan yang terjadi pada saat tangan operator melepaskan kembali terhadap obyek yang di pegang sbelumnya.

3. Kelompok gerakan pembantu

Elemen-elemen gerakan yang tidak memberikan nilai tambah dan memungkinkan untuk dihilangkan. Elemen-elemen gerakan yang termasuk di dalamnya, yaitu *search, select, position, hold, inspection dan preposition*.

Kelompok gerakan pembantu dijelaskan sebagai berikut :

a. *Search (S)*

Merupakan elemen dasar gerakan pekerja untuk menentukan lokasisuatu obyek, dalam hal ini dilakukan oleh mata. Gerakan ini dimulai padasaat mata bergerak mencari obyek dan berakhir bila obyek tersebutditemukan.

b. *Select (SE)*

Merupakan gerakan kerja menemukan atau memilih obyek diantara dua ataulebih obyek yang sama lainnya.

c. *Position (P)*

Elemen gerakan yang terdiri dari menempatkan obyek pada lokasi yangdituju secara tepat.

d. *Hold (H)*

Elemen gerakan yang terjadi pada saat tangan memegang obyek tanpamenggerakkan obyek tersebut.

e. *Inspection (I)*

Langkah kerja menjamin bahwa obyek telah memenuhi persyaratan kualitasyang ditetapkan.

f. *Pre-position (PP)*

Elemen gerakan mengarahkan obyek pada suatu tempat sementara, sehinggalpada saat dilakukan, maka dengan mudah obyek akan bisa dipegang dandibawa ke arah tujuan yang dikehendaki.

#### 4. Kelompok gerakan luar

Elemen gerakan yang sama sekali tidak memberikan nilai tambah, sehingga dapat mungkin dihilangkan. Terdiri dari elemen gerakan *rest to overcome fatigue*, *plan*, *unavoidable delay* dan *avoidable delay*. Elemen ini dijelaskan, *fatigue*, *plan*, *unavoidable delay* dan *avoidable delay*. Elemen ini dijelaskan sebagai berikut:

a. *Rest to overcome fatigue (R)*

Waktu untuk memulihkan kondisi badan dari kelelahan fisik.

b. *Plan (P)*

Merencanakan merupakan proses mental operator berhenti sejenak bekerja dan memikirkan menentukan tindakan selanjutnya.

c. *Unavoidable delay (UD)*

Kondisi kerja ini merupakan kondisi yang diakibatkan oleh hal-hal yang di luar kontrol dari operator dan merupakan interupsi terhadap proses kerja yang sedang berlangsung.

d. *Avoidable delay (AD)*

Waktu menganggur yang terjadi selama siklus kerja yang dihindarkan.

## 2.2 ERGONOMI

Sritomo Wignjosoebroto (2006) menuturkan bahwa ergonomi berasal dari kata Yunani, yaitu Ergo yang berarti kerja dan Nomos yang berarti hukum. Dari dua kata dasar tersebut, ia mendefinisikan ergonomi sebagai disiplin keilmuan yang mempelajari manusia dalam kaitannya dengan pekerjaannya. Sritomo juga mampu mengartikan ergonomi sebagai suatu cabang keilmuan yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem tersebut dengan baik: yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif, efisien, aman dan nyaman. Maksud dan tujuan utama dari ilmu ergonomi ini menurut Sritomo adalah ilmu ini dapat diaplikasikan pada upaya memperbaiki performa kerja manusia seperti menambah kecepatan kerja,

accuracy, keselamatan kerja serta mengurangi datangnya kelelahan yang terlalu cepat. Sritomo juga menambahkan bahwa ilmu ergonomi dapat pula digunakan untuk memperbaiki pendayagunaan sumberdaya manusia serta meminimalkan kerusakan peralatan yang disebabkan kesalahan manusia.

### **2.2.1 Desain Dan Ergonomi**

Manusia dalam kehidupan sehari – hari banyak menggunakan berbagai macam produk, mesin maupun peralatan kerja untuk memenuhi keperluannya. Manusia merupakan komponen yang paling penting untuk setiap sistem operasional (sistem manusia – mesin) yang berfungsi untuk menghasilkan sebuah aktifitas kerja. Agar sistem tersebut dapat berfungsi baik, maka sub – sistem (komponen – komponen) pendukungnya haruslah dirancang “*compatible*” suatu dengan yang sub – sistem mesin, tetapi juga menyangkut manusia yang berinteraksi dengan sub sistem mesin tersebut untuk membentuk sebuah sistem manusia – mesin (*man – machine system*). Oleh karena itu sangat mendasar sekali kalau seseorang perancang mesin (produk) selalu mempertimbangkan manusia dengan sub – sistem yang perlu diselaraskan dengan sub – sistem mesin (produk) yang layak dioperasikan nantinya.

Berkaitan dengan hal tersebut sudah semestinya seorang perancang mesin (produk) memperhatikan segala kelebihan maupun keterbatasan manusia dalam hal kepekaan inderawi (*sensory*), kecepatan dan ketepatan di dalam proses pengambilan keputusan, kemampuan penggunaan sistem gerakan otot, dimensi ukuran tubuh (*antropometri*). Kemudian menggunakan semua informasi mengenai faktor manusia (*human factors*) ini sebagai acuan dalam menghasilkan rancangan mesin atau produk yang serasi, selaras, seimbang dengan manusia yang mengoprasikannya (Wingjosoebroto 2000).

Seorang perancang mesin (produk) memperhatikan segala kelebihan maupun keterbatasan manusia dalam hal kepekaan inderawi. (*sensory*), kecepatan dan ketepatan dalam proses pengambilan keputusan, kemampuan penggunaan sistem gerakan otot, dimensi ukuran tubuh

(*antropometri*). Perancang produk harus dapat mengintegrasikan semua aspek manusiawi tersebut dalam karya rancangannya dalam sebuah konsep “*Human Integrated Design*”.

Human Integrated Design (HID) dijelaskan berdasarkan 2 (dua) prinsip, yaitu seorang perancang produk harus menyadari benar bahwa faktor manusia menjadi kunci penentu sukses di dalam operasionalisasi sistem manusia – mesin (produk), tidak peduli apakah sistem tersebut bersifat manual. Mekanis (*semi – automatic*) atau otomatis penuh. Kemudian perancang produk yang harus menyadari bahwa setiap produk memerlukan informasi detail dari semua faktor yang terkait dalam setiap proses perancangan.

Pertimbangan ergonomi dalam proses perancangan produk yang paling tampak nyata aplikasinya melalui pemanfaatan dan antropometri (ukuran tubuh) guna menetapkan dimensi ukuran geometris dari produk yang dan bentuk tertentu dari produk yang disesuaikan dengan ukuran maupun bentuk (*feature*) tubuh manusia pemakainya. Data antropometri yang menyajikan informasi mengenai ukuran maupun bentuk dari berbagai anggota tubuh manusia yang dibedakan berdasarkan usia, jenis kelamin, suku bangsa (*etnis*), posisi tubuh pada saat bekerja yang diakomodasikan dalam penetapan dimensi ukuran produk yang dirancang.

### 2.2.2 Antropometri

Menurut Sritomo (2006) *Anthropometri* berasal dari “*anthro*” yang berarti manusia dan “*metri*” yang berarti ukuran. *Anthropometri* adalah studi tentang dimensi tubuh manusia. Secara definitif *anthropometri* dinyatakan sebagai suatu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. *Anthropometri* merupakan ilmu yang menyelidiki manusia dari segi keadaan dan ciri-ciri fisiknya, seperti dimensi linier, volume, dan berat. Jadi, berdasarkan definisi tersebut, antropometri dapat digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam memerlukan interaksi manusia.

Anthropometri dapat diaplikasikan secara luas dalam hal perancangan area kerja (working station, interior mobil, dll), peralatan kerja (mesin, equipment, tools, dsb), perancangan produk-produk konsumtif (pakaian, kursi/meja computer, dll), dan perancangan lingkungan kerja fisik.

Menurut Sritomo (2006) pada umumnya manusia berbeda dalam hal bentuk dan ukuran tubuh. Beberapa faktor yang mempengaruhi ukuran tubuh manusia, yaitu:

1. Umur

Dimensi tubuh manusia akan tumbuh dan bertambah besar seiring dengan bertambahnya umur, yaitu sejak awal kelahirannya sampai dengan umur sekitar 20 tahun. Penelitian yang dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa laki-laki akan tumbuh dan berkembang naik sampai dengan usia 21,2 tahun, sedangkan wanita 17,3 tahun. Meskipun ada sekitar 10% yang masih terus bertambah tinggi sampai usia 23,5 tahun untuk laki-laki dan 21,1 tahun untuk wanita, setelah itu tidak lagi terjadi pertumbuhan.

2. Jenis kelamin

Jenis kelamin pria umumnya memiliki dimensi tubuh yang lebih besar kecuali dada dan pinggul.

3. Suku bangsa

Dimensi tubuh suku bangsa negara barat lebih besar dari pada dimensi tubuh suku bangsa negara timur.

4. Posisi tubuh

Sikap ataupun posisi tubuh berpengaruh terhadap ukuran tubuh. Oleh karena itu posisi tubuh standar harus diterapkan untuk survei pengukuran.

Posisi tubuh berpengaruh terhadap ukuran tubuh yang digunakan. Oleh karena itu, dalam anthropometri dikenal 2 cara pengukuran, yaitu:

1. Pengukuran dimensi struktur tubuh atau statis (*structural body dimension*)

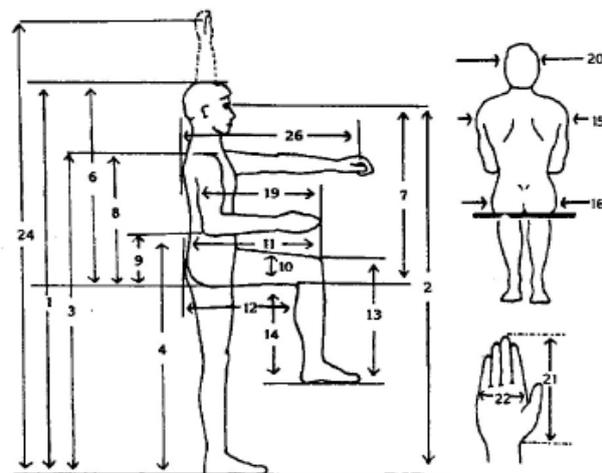
Tubuh diukur dalam berbagai posisi standar dan tidak bergerak. Istilah lain untuk pengukuran ini dikenal dengan '*static anthropometri*'. Dimensi tubuh yang diukur dengan posisi tetap meliputi berat badan, tinggi tubuh dalam posisi berdiri, maupun duduk, ukuran kepala, tinggi atau panjang lutut berdiri maupun duduk, panjang lengan

2. Pengukuran dimensi fungsional atau dinamis (*functional body dimension*)

Pengukuran dilakukan terhadap posisi tubuh pada saat melakukan gerakan tertentu. Hal pokok yang ditekankan pada pengukuran dimensi fungsional tubuh ini adalah mendapatkan ukuran tubuh yang berkaitan dengan gerakannya yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan-kegiatan tertentu.

### 2.2.3 Dimensi Antropometri

Data antropometri dimanfaatkan untuk menetapkan dimensi ukuran produk yang dirancang dan disesuaikan dengan dimensi tubuh manusia yang menggunakannya. Pengukuran dimensi struktur tubuh yang bisa diambil dalam perancangan produk maupun fasilitas ditampilkan pada gambar 2.1.1



**Gambar 2.11** Anthropometri untuk perancangan produk atau fasilitas

Sumber : Wigenjosoebroto, 2006

Keterangan gambar 2.11 di atas, yaitu:

- 1 : Dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai sampai dengan ujungkepala)
- 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 (dalamgambar tidak ditunjukkan)
- 6 : Tinggi tubuh dalam posisi duduk (di ukur dari alas tempat duduk pantatsampai 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 darilutut betis
- 13 : Tinggi lutut yang 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 di ukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk
- 16 : Lebar pinggul ataupun pantat
- 17 : Lebar dari dada dalam keadaan membusung (tidak tampak ditunjukkan dalamgambar)
- 18 : Lebar perut
- 19 : Panjang siku yang di ukur dari siku sampai dengan ujung jari-jari dalamposisi 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 sampaidengan ujung jari tangan

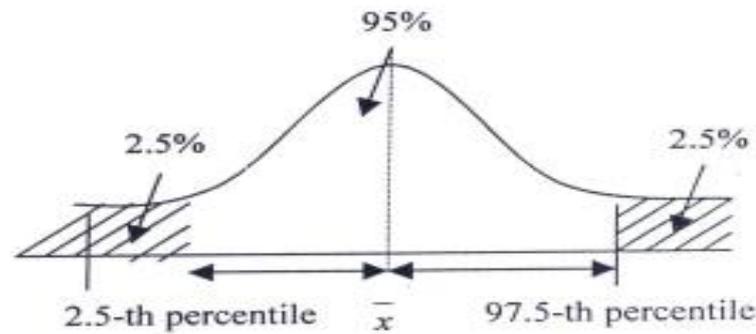
Selanjutnya untuk memperjelas mengenai data anthropometri yang tepatdiaplikasikan dalam berbagai rancangan produk ataupun fasilitas kerja, diperlukanpengambilan ukuran dimensi anggota tubuh.

#### **2.2.4 Aplikasi Distribusi Normal Dalam Anthropometri**

Penerapan data *anthropometri* distribusi yang umum digunakan adalahdistribusi normal (Nurmianto, 2004). Dalam statistik, distribusi normaldiformulasikan berdasarkan nilai rata-rata dan standar deviasi dari data yang ada.Nilai rata-rata dan standar deviasi yang ditentukan *percentile* sesuai tabelprobabilitas distribusi normal.

Adanya variansi tubuh yang cukup besar pada ukuran tubuh manusia secaraperseorangan, maka perlu memperhatikan rentang nilai yang ada. Masalah adanyavariansi ukuran sebenarnya lebih mudah diatasi bilamana mampu merancangproduk yang memiliki fleksibilitas dan sifat ‘mampu suai’ dengan suatu rentangukuran tertentu. Pada penetapan data *anthropometri*, pemakaian distribusi normalakan umum

diterapkan. Distribusi normal diformulasikan berdasarkan harga rata-rata dan simpangan standarnya dari data yang ada. Berdasarkan nilai yang adatersebut, maka persentil (nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari orangyang memiliki ukuran pada atau di bawah nilai tersebut) bisa ditetapkan sesuaitabel probabilitas distribusi normal. Bilamana diharapkan ukuran yang mampumengakomodasikan 95% dari populasi yang ada, maka diambil rentang 2,5<sup>th</sup> dan97,5<sup>th</sup> persentil sebagai batas-batasnya.



**Gambar 2.12 Distribusi normal yang mengakomodasi**

**95% dari populasi**

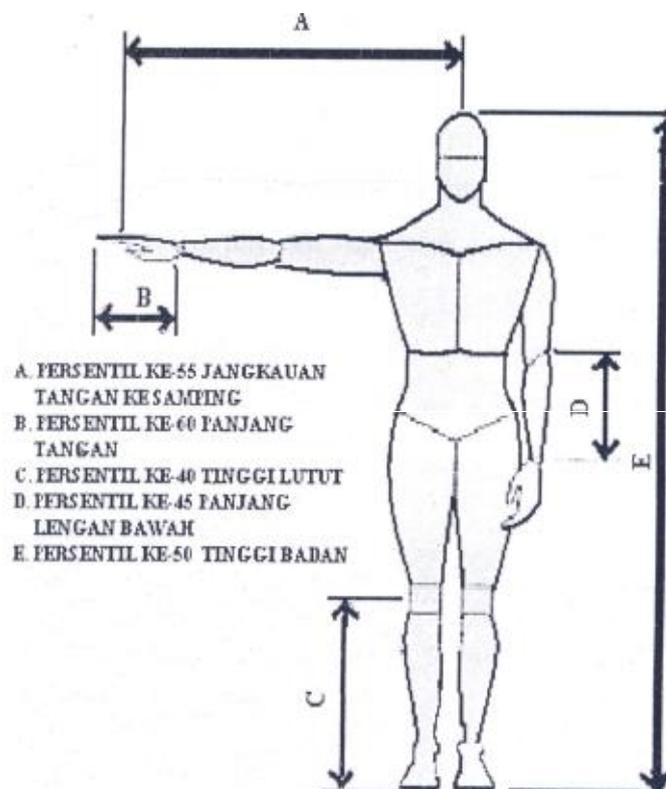
Sumber : Wigenjosoebroto, 2006

Secara statistik diperlihatkan data hasil pengukuran tubuh manusia pada berbagai populasi terdistribusi dalam grafik sedemikian rupa sehingga data-data yang bernilai kurang lebih sama akan terkumpul di bagian tengah grafik. Persentil menunjukkan jumlah bagian per seratus orang dari suatu populasi yang memiliki ukuran tubuh tertentu. Tujuan penelitian, sebuah populasi dibagi-bagi berdasarkan kategori dengan jumlah keseluruhan 100% dan diurutkan mulai dari populasi terkecil hingga terbesar berkaitan dengan beberapa pengukuran tubuh tertentu. Sebagai contoh, persentil ke-95 dari suatu pengukuran tinggi badan berarti bahwanya 5% data merupakan data tinggi badan yang bernilai lebih besar dari suatu populasi dan 95% populasi merupakan data tinggi badan yang bernilai sama atau lebih rendah pada populasi tersebut.

Persentil ke-50 memberigambaran yang mendekati nilai rata-rata dari suatu kelompok tertentu. Suatu kesalahan yang serius pada penerapan suatu data dengan mengasumsikan bahwa setiap ukuran pada persentil ke-50 mewakili pengukuran manusia rata-rata, sehingga digunakan sebagai pedoman perancangan. Kesalahpahaman yang terjadi dengan asumsi tersebut mengaburkan pengertian atas makna 50% dari kelompok, Sebenarnya tidak ada yang dapat disebut “manusia rata-rata”.

Ada dua hal penting yang harus selalu diingat bila menggunakan persentil. Pertama, suatu persentil antropometri dari tiap individu hanya

berlaku untuk satu data dimensi tubuh saja. Kedua, tidak dapat dikatakan seseorang memiliki persentil yang sama, ke-95, atau ke-90 atau ke-5, untuk keseluruhan dimensi. Tidak ada orang dengan keseluruhan dimensi tubuhnya mempunyai nilai persentil yang sama, karena seseorang dengan persentil ke-50 untuk data tinggi badannya, memiliki persentil 40 untuk data tinggi lututnya, atau persentil ke-60 untuk data panjang lengannya seperti ilustrasi pada gambar 2.22.



**Gambar 2.13 Ilustrasi seseorang dengan tinggi badan P50 mungkin saja memiliki jangkauan tangan ke samping P55**

Sumber : Wigenjosoebroto, 2000

Sebuah perancangan diperlukan identifikasi mengenai dimensi ruang dan dimensi jangkauan. Dimensi ruang merupakan dimensi yang menggunakan ukuran 90P ataupun 95P, bertujuan orang yang ukuran

datanya tersebar pada wilayah tersebut dapat lebih merasa nyaman ketika menggunakan hasil rancangan. Dimensi jangkauan lebih sering menggunakan ukuran 5P ataupun 10P, bertujuan orang yang datanya tersebar pada wilayah tersebut dapat turut menggunakan fasilitas yang tersedia.

Pemakaian nilai-nilai persentil yang umum diaplikasikan dalam perhitungan data *anthropometri* ditampilkan dalam tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Macam Persentil Dan Cara perhitungan Dalam Distribusi Normal**

PERSENTIL	PERHITUNGAN
1-st	$X - 2.325 \sigma_x$
2.5-th	$X - 1.96 \sigma_x$
5-th	$X - 1.645 \sigma_x$
10-th	$X - 1.28 \sigma_x$
50-th	$X$
90-th	$X + 1.28 \sigma_x$
95-th	$X + 1.645 \sigma_x$

Sumber : Wingjosoebroto 2006

Keterangan Tabel 2.1 di atas, yaitu:

$\bar{x}$  = mean data

$\sigma_x$  = standar deviasi dari data

### 2.2.5 Aplikasi Data Anthropometri dalam Perancangan Produk

Data Antropometri yang menyajikan data ukuran dari berbagai macam anggota tubuh manusia dalam percentiler tertentu akan sangat besar manfaatnya pada saat suatu rancangan produk ataupun fasilitas kerja yang akan di buat. Agar rancangan suatu produk nantinya bisa sesuai dengan

ukuran tubuh manusia yang akan mengoprasikannya, (Wignjosoebroto, 2006), yaitu :

1. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran ekstrim  
Rancangan produk dibuat agar bisa memenuhi 2 sasaran produk, yaitu:
  - a. Sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim.
  - b. Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada), agar memenuhi sasaran pokok tersebut maka ukuran diaplikasikan, yaitu:
    - Dimensi *minimum* harus ditetapkan dari suatu rancangan produk umumnya didasarkan pada nilai *percentile* terbesar misalnya *90-th*, *95-th*, atau *99-th percentile*.
    - Dimensi maksimum harus ditetapkan diambil berdasarkan *percentile* terkecil misalnya *1-th*, *5-th*, atau *10-th percentile*.
2. Prinsip perancangan produk yang bisa dioperasikan diantara rentang ukuran tertentu (*adjustable*).  
Produk dirancang dengan ukuran yang dapat diubah-ubah sehingga cukup fleksible untuk dioperasikan oleh setiap orang yang memiliki berbagai macam ukuran tubuh. Mendapatkan rancangan yang fleksibel semacam ini maka data antropometri yang umum diaplikasikan adalah dalam rentang nilai 5-th sampai dengan 95-th.
3. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata  
Produk dirancang berdasarkan pada ukuran rata-rata tubuh manusia atau dalam rentang *50-th percentile*. Berkaitan dengan aplikasi data *anthropometri* yang diperlukan dalam proses perancangan produk ataupun fasilitas kerja, beberapa rekomendasi yang diberikan sesuai dengan langkah-langkah, sebagai berikut:
  - a. Pertama kali terlebih dahulu ditetapkan anggota tubuh yang difungsikan untuk mengoperasikan rancangan tersebut.

- b. Tentukan dimensi tubuh dalam proses perancangan tersebut, dalam hal ini perhatikan apakah harus menggunakan data *structural body dimension* atau *functional body dimension*.
- c. Populasi terbesar yang diantisipasi, diakomodasikan dan menjadi target utama pemakai rancangan produk tersebut.
- d. Tetapkan prinsip ukuran yang diikuti semisal apakah rancangan rancangan tersebut untuk ukuran individual yang ekstrim, rentang ukuran yang fleksibel atau ukuran rata-rata.
- e. Pilih persentil populasi yang diikuti; ke-5, ke-50, ke-95 atau nilai persentil yang lain yang dikehendaki.
- f. Setiap dimensi tubuh yang diidentifikasi selanjutnya pilih atau tetapkan nilai ukurannya dari tabel data *anthropometri* yang sesuai. Aplikasikan data seperti halnya tambahan ukuran akibat faktor tebalnya pakaian yang dikenakan oleh operator, pemakaian sarung tangan (*gloves*).

### 2.3. Kelelahan

Gempur (2013) mengatakan kelelahan merupakan suatu pertanda yang bersifat sebagai pengaman yang memberitahukan tubuh bahwa kerja yang dilakukan telah melewati batas maksimal kemampuannya. Sampai saat ini belum ada cara untuk mengukur tingkat kelelahan secara langsung.

Pengukuran-pengukuran yang dilakukan oleh para peneliti sebelumnya hanya berupa indikator yang menunjukkan terjadinya kelelahan akibat bekerja. Menurut Grandjean dalam buku Gempur Santoso mengelompokkan metode pengukuran kelelahan dalam beberapa kelompok sebagai berikut:

1. kualitas dan kuantitas kerja yang dilakukan
2. uji psiko-motor
3. uji hilangnya kelipan
4. perasaan kelelahan secara subjektif
5. uji mental

## 2.4 PROSES PENGELASAN

Gempur (2013) menjelaskan pengelasan adalah suatu proses dimana bahan dengan jenis yang sama digabungkan menjadi satu sehingga terbentuk sambungan melalui ikatan kimia dari yaitu menyambung dua logam pemakaian panas dan tekanan. Fungsi dan tujuan dari pengelasan atau lebih menjadi suatu komponen yang utuh. Pada tahap-tahap permulaan dari pengembangan teknologi las, pengelasan digunakan pada sambungan-sambungan dan reparasi-reparasi yang kurang penting. Tetapi seiring perkembangan jaman, maka proses pengelasan dan penggunaan konstruksi las merupakan hal yang umum di semua negara di dunia.

### 2.4.1 Teknologi Pengelasan Busur

Sebelum menjelaskan proses pengelasan busur secara individual, dasar yang menyertai proses ini, seperti elektroda, pelindung busur (*arc shielding*), dan sumber daya dalam pengelasan busur, sebagai berikut:

#### 1. Elektroda

Elektroda menghasilkan gas CO yang melindungi cairan gas, busur listrik dan sebagian benda kerja terhadap udara luar. Diklasifikasikan sebagai elektroda terumpan dan elektroda tak terumpan, yaitu:

##### a. Elektroda terumpan

Elektroda berbentuk batang atau kawat yang diumpankan sebagai logam pengisi dalam pengelasan busur. Panjang batang las pada umumnya sekitar 9 in sampai 18 in. (225 mm sampai 450 mm) dengan diameter  $\frac{1}{4}$  in. (6,5mm) atau kurang. Kelemahan dari elektroda bentuk batang, selama pengoperasiannya harus diganti secara periodik, sehingga memperkecil waktu busur dalam pengelasan. Elektroda bentuk kawat memiliki kelebihan bahwa pengumpanan dilakukan secara kontinyu karena kawat memiliki ukuran jauh lebih panjang dibandingkan dengan elektroda bentuk batang. Baik elektroda bentuk batang maupun bentuk kawat keduanya diumpankan ke busur listrik selama proses dan ditambahkan kesambungan las-an sebagai logam pengisi.

b. Elektroda tak terumpan

Dibuat dari bahan tungsten atau kadang-kadang dari bahan grafit yang tahan terhadap peleburan busur. Walaupun elektroda ini tidak diumpangkan, tetapi secara bertahap menipis selama proses pengelasan, mirip dengan keausan bertahap pada perkakas pemotong dalam operasi pemesinan. Untuk proses pengelasan busur yang menggunakan elektroda tak terumpan, logam pengisi diumpangkan secara terpisah ke genangan las-an

2. Pelindung busur

Pada suhu tinggi dalam pengelasan busur, logam yang disambung mudah bereaksi dengan oksigen, nitrogen, dan hidrogen dalam udara bebas. Reaksi ini memperburuk sifat mekanis sambungan las-an. Perlindungan pengelasan dari pengaruh yang tidak diinginkan tersebut, digunakan gas pelindung atau fluks untuk menutup ujung elektroda dan busur sehingga tidak berhubungan secara langsung dengan udara luar sampai logam las-an tersebut menjadi padat. Adapun jenis pelindung busur, sebagai berikut :

a. Gas pelindung

Digunakan gas mulia seperti argon dan helium. Dalam pengelasan logam *ferrous* yang dilakukan dengan pengelasan busur, digunakan oksigen dan karbon dioksida, biasanya dikombinasikan dengan Ar atau He yang melindungi las-an dari udara luar atau untuk mengendalikan bentuk las-an.

b. Fluks

Digunakan mencegah terbentuknya oksida dan pengotoran lainnya. Selama proses pengelasan, fluks melebur dan menjadi terak cair, menutup operasi dan melindungi logam las-an lebur. Terak mengeras setelah pendinginan dan dilepaskan dengan cara dipecahkan. Fluks biasanya diformulasikan untuk melakukan beberapa fungsi, yaitu:

1. Memberikan perlindungan pengelasan terhadap pengaruh udara luar
2. Menstabilkan busur
3. Mengurangi terjadinya percikan

Pengelasan dengan menggunakan elektroda terumpun, memiliki efisiensi yang lebih besar dibandingkan dengan elektroda tak terumpun, karena sebagian besar panas yang dihasilkan digunakan untuk melebur elektrodadan benda kerja. Sedang pengelasan busur tungsten gas yang menggunakan elektroda tak terumpun memiliki efisiensi paling rendah.

## 2.5 Value Engineering(VE)

### 2.5.1 Pengertian Value Engineering (VE)

Definisi VE atau Rekayasa Nilai adalah suatu metode yang sistematis untuk meningkatkan nilai dari jasa dan produk atau barang-barang dengan menggunakan suatu pengujian dari fungsi.

Menurut Imam soeharto (1995) VE atau Rekayasa Nilai adalah usaha yang terorganisasi secara sistematis dengan mengaplikasikan suatu teknik yang diakui, yaitu teknik mengidentifikasi fungsi produk atau jasa yang bertujuan memenuhi fungsi yang diperlukan dengan harga yang terendah (paling ekonomis).

*VE atau Rekayasa Nilai* mengidentifikasi biaya dari suatu fungsi untuk pengambilan suatu keputusan. Maka *VE* adalah analisis dari fungsi-fungsi suatu program, proyek, sistem, hasil, peralatan, bangunan, fasilitas, pelayanan, atau perbekalan untuk memperbaiki penampilan, keandalan, kualitas, keselamatan, dan biaya. Jangkauan luas dari analisis tersebut lebih dari sekedar desain. Proses ini bukan saja penurunan biaya, tapi menghilangkan biaya-biaya yang kurang perlu.

Proses *VE* adalah suatu pendekatan yang sistematis dalam meneliti suatu proyek/produk berkaitan dengan fungsinya. Yaitu sesuatu yang dapat dilakukan berkaitan dengan perencanaan yang baru. Dalam tuntutan terhadap

desain awal tapi lebih untuk menentukan/memperbaiki desain-desain yang tidak baik, terdapat langkah-langkah perencanaan dalam pelaksanaannya yang lebih dikenal dengan nama *Five Phase Job Plant*. Menurut Utus Hari Pristiati (2013) kelima tahap pengerjaan tersebut adalah tahap informasi, tahap kreatif, tahap analisa, tahap pengembangan dan tahap presentasi. Yakni tahap – tahap tersebut adalah:

1. ***Tahapan informasi.***

Penggalian informasi dan data yang dibutuhkan berdasarkan pertanyaan-pertanyaan pada rencana kerja rekayasa nilai.

2. ***Tahap kreativitas.***

Tahap ini akan memunculkan beberapa alternatif alat bantu, yang selanjutnya alat bantu tersebut akan diseleksi untuk mendapatkan alternatif alat bantu dengan value terbaik.

3. ***Tahap analisa.***

Tahap ini akan dilakukan analisa terhadap alternatif-alternatif alat bantu yang muncul. Analisa tersebut meliputi analisa keuntungan dan kerugian dari tiap-tiap alternatif..

4. ***Tahap Pengembangan***

Pada tahap pengembangan akan dilakukan analisa biaya dan perhitungan value dengan menggunakan nilai performasi diperoleh dari hasil analisa dengan menggunakan matrix kelayakan untuk setiap alternatif terpilih dan alternatif awal. Penentuan nilai berdasarkan hasil analisa pada tahap sebelumnya diperoleh nilai performasi biaya operasional dan biaya pemeliharaan, maka nilai tersebut akan dibandingkan sehingga diperoleh suatu nilai (value) sebagai bahan pertimbangan dan pemilihan alternatif alat bantu yang terbaik. Perhitungan nilai ditentukan dengan rumus :

$$V = \frac{P}{C}$$

Dimana : V = Nilai (value)

P = Performasi

C = Biaya

Nilai P merupakan angka besaran, maka perlu dikonversikan menjadi satuan biaya, pengkonversian diperoleh dengan melakukan perbandingan alternatif awal dengan ke-n yaitu :

$$V = P / C$$

$$P_o / C_o = P_n / C_n$$

$$C_n = (P_n / C_o) : P_o$$

$$C_n = P_n / C_n = C'n / C_n$$

Dimana :

V<sub>o</sub> = Nilai (value) alternatif awal

V<sub>n</sub> = Nilai (value) alternatif ke-n

P<sub>o</sub> = Performasi alternatif awal

P<sub>n</sub> = Performasi alternatif ke-n

C<sub>o</sub> = Biaya alternatif awal

C<sub>n</sub> = Biaya alternatif ke-n

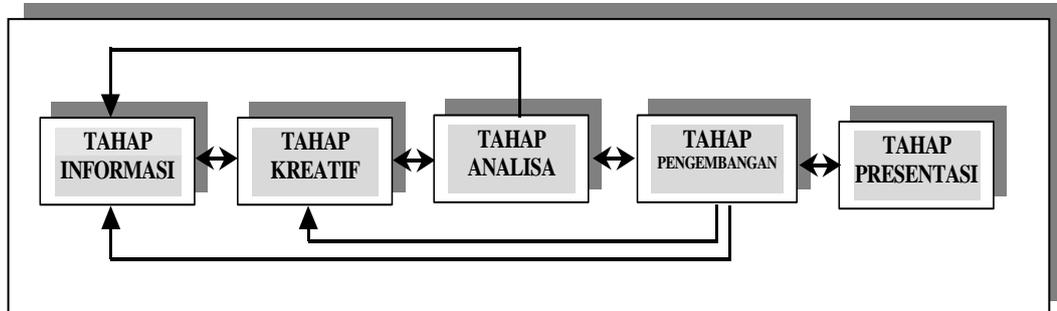
C'n = Performasi alternatif ke-n dalam  
rupiah

##### 5. Tahap persentasi

Tahap persentasi merupakan tahapan terakhir dari rencana kerja rekayasa nilai, dimana pada tahap ini akan dipersentasikan alternatif terbaik yang akan dipilih serta akan disajikan laporan lengkap hasil evaluasi yang diperhatikan adalah dari kelebihan-kelebihan dan kekurangan-kekurangan dari alternatif tersebut.

Setiap tahapan mempunyai tujuan masing-masing dan mempunyai pertanyaan kunci yang harus dijawab sebagai alat bantu. Sedangkan kelima tahapan kerja analisa nilai harus melalui tahap demi tahap, namun tidak menutup

kemungkinan jika sampai pada suatu tahap proses tersebut harus kembali ketahap sebelumnya. Pada gambar 2.14 diilustrasikan hubungan antara satu tahap dengan tahap lainnya dalam proses kerja lima tahap.



**Gambar 2.14 Hubungan rencana kerja lima tahap rekayasa nilai**

*Sumber : Dell'Isolla 1975*

Beberapa hal yang mendasari VE sangat penting dipahami oleh setiap perencana dan pelaksana proyek sehingga dapat menyebabkan biaya-biaya yang tidak perlu muncul setiap kegiatan berlangsung, hal-hal tersebut antaralain:

1. Kekurangan waktu (*lack of time*)
2. Kekurangan informasi (*lack of information*)
3. Kekurangan ide/ gagasan (*lack of idea*)
4. Kesalahan konsep (*misconceptions*)
5. Keadaan sementara yang tidak disengaja namun menjadi ketetapan (*temporary circumstances that inadvertently become permanent*)
6. Kebiasaan (*habits*)
7. Sikap (*attitude*)
8. Politik (*politic*)
9. Kekurangan (*fee*)

### **2.5.2 Function Analysis System Technique (FAST)**

*Function Analysis System Technique (FAST)* dilakukan untuk melihat identifikasi fungsi dasar dan fungsi pelengkap. Cara kerja diagram ini berawal dari penentuan fungsi utama dan bagaimana cara pencapaiannya (*how*), dan akan dijelaskan mengenai hal tersebut dilakukan (*why*). Diagram ini juga melakukan

pembagian antara lingkup design dan lingkup konstruksi untuk tercapainya analisa yang dibuat (suharto, 2000).

Langkah-langkah dalam penyusunan diagram FAST ini adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan suatu daftar fungsi-fungsi dari suatu item dengan menggunakan definisi dua kata seperti yang telah diterapkan pada analisa fungsi.
2. Menuliskan setiap fungsi pada kartu kecil kemudian menentukan posisi fungsi utama, fungsi tertinggi, fungsi terendah dan fungsi sekunder yang diinginkan dengan menjawab pertanyaan seperti dibawah ini, yaitu sebagai berikut :
  - a. Bagaimana fungsi itu sebenarnya dilaksanakan
  - b. Mengapa perlu untuk menampilkan kata kerja ataupun kata benda

Beberapa istilah yang diperlukan pada metode FAST adalah :

a. *Fungsi utama atau fungsi primer*

Fungsi utama ini merupakan fungsi bebas yang menjelaskan kegiatan utama yang harus ditampilkan oleh sistem.

b. *Fungsi ikutan*

Fungsi ini disebut fungsi sekunder dan keberadaannya tergantung pada fungsi lain yang lebih tinggi.

c. *Fungsi jalur kritis*

Fungsi jalur kritis (*critical path function*) adalah semua fungsi yang secara berurutan menjalankan bagaimana (*how*) dan mengapa (*why*) dari fungsi lain pada urutan tersebut. Jika semua pertanyaan telah terjawab untuk setiap fungsi maka berarti hubungan antara fungsi dan tingkat yang lebih tinggi dan tingkat yang rendah telah dapat ditentukan untuk mengidentifikasi fungsi-fungsi yang merupakan hasil dari fungsi lain yang ditampilkan.

d. *Fungsi pendukung*

Fungsi ini terletak di atas fungsi jalur kritis dan diadakan untuk meningkatkan penampilan dari fungsi-fungsi dari jalur kritis. Fungsi ini tergantung dari fungsi-fungsi lain dan dapat terjadi di setiap saat.

e. *Fungsi tingkat tinggi*

Fungsi ini berada pada bagian paling kiri pada diagram FAST dan fungsi ini merupakan fungsi tingkat tinggi yang berada dalam batas lingkup masalah.

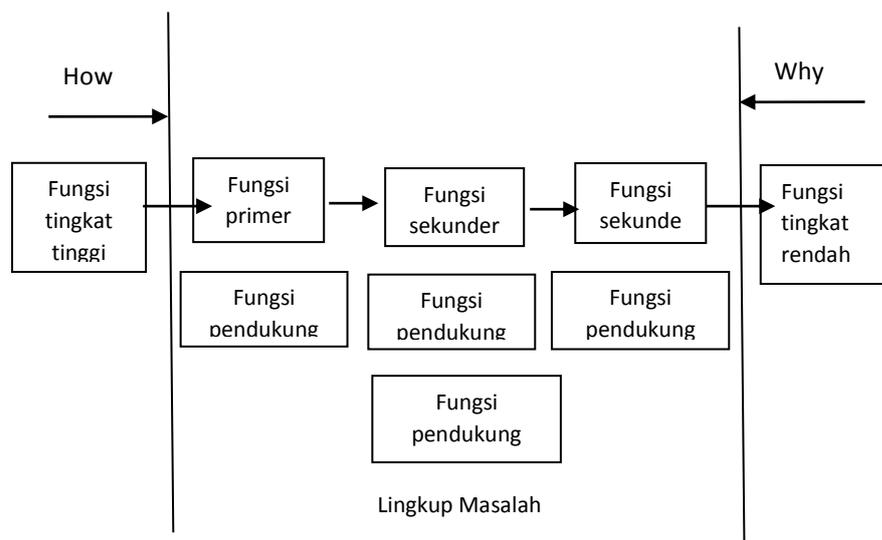
f. *Fungsi terendah*

Fungsi ini berada paling kanan dari fungsi lain pada diagram FAST.

g. *Lingkup masalah*

Lingkup masalah adalah batas-batas pembahasan dari masalah yang dihadapi.

Pada diagram FAST ruang lingkup masalah ditujukan sebagai daerah yang dibatasi oleh dua garis vertikal yang masing-masing berbatasan dengan fungsi tingkat tinggi dan fungsi tingkat rendah. Penyusunan fungsi-fungsi dalam diagram FAST dilakukan dengan menggunakan (2) dua buah pertanyaan, yaitu: bagaimana (how) dan mengapa (why). Berikut ini akan diberikan penjelasan tentang diagram FAST dalam bentuk diagram.



**Gambar 2.15 Fast Diagram**

Pada *FAST diagram* dijelaskan konsep pemikiran pada fase desain and fase konstruksi. Pada fase desain menjelaskan bagaimana cara yang dilakukan untuk memecahkan masalah yang akan timbul. Sedangkan pada masa konstruksi dijelaskan bagaimana cara yang dilakukan untuk memecahkan masalah yang timbul.

### 2.5.3 Matrik Kelayakan

Matrik kelayakan merupakan salah satu langkah yang diambil sebagai pertimbangan dalam pemilihan alternatif yang diusulkan. Kriteria kelayakan tergantung dari proyek atau produk yang diusulkan. Tiap-tiap alternatif akan dinilai dengan kriteria dimana penilai akan memberikan suatu penilaian dengan nilai antara 0 sampai dengan 10.

**Tabel 2.2 Matrik Kelayakan**

No.	ALTERNATIF	KRITERIA								Total	Ranking
		A	B	C	D	E	F	...	n		
1	Alternatif 1										
2	Alternatif 2										
3	Alternatif 3										
4	Alternatif 4										

Untuk mewujudkan suatu matrik kelayakan, maka dibuat tabel matrik kelayakan dimana bagian kolom atas terdiri dari kriteria-kriteria. Sedangkan kolom sebelah kiri terdiri dari alternatif-alternatif yang akan dinilai.

### 2.5.4 Matrik Evaluasi

Matrik evaluasi adalah suatu teknik pengambilan keputusan yang dapat menghubungkan kriteria kualitatif (tidak dapat diukur) dengan kriteria kuantitatif (dapat diukur). Kriteria-kriteria ini dapat berupa biaya, kekuatan, kemudahan operasional dan sebagainya. Pada matrik evaluasi dilakukan penilaian terhadap alternatif-alternatif yang ditampilkan dan penilaian ini dilakukan dengan mempertimbangkan kriteria-kriteria yang telah ditetapkan. Langkah-langkah penilaian dengan menggunakan matrik evaluasi ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan alternatif desain yang akan dievaluasi
2. Menetapkan kriteria-kriteria yang berpengaruh
3. Menetapkan bobot masing-masing kriteria
4. Memberikan penilaian pada setiap alternatif terhadap masing-masing kriteria dan penilaian dilakukan oleh beberapa orang dengan persyaratan tertentu
5. Menghitung nilai total masing-masing alternatif
6. Memilih alternatif terbaik berdasarkan total nilai terbesar

Agar lebih jelasnya, pembuatan matrik evaluasi dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 2.3 Matrik evaluasi**

No.	ALTERNATIF TERPILIH	KRITERIA								Total	Ranking
		A	B	C	D	E	F	...	n		
		$\Phi_1$	$\Phi_2$	$\Phi_3$	$\Phi_4$	$\Phi_5$	$\Phi_6$	...	$\Phi_n$		
1	Alternatif 1										
2	Alternatif 2										
3	Alternatif 3										
4	Alternatif 4										

### 2.5.5 Analisa Hirarki

Dalam analisa hirarki, prinsip penyusunan hirarki digunakan untuk merinci suatu keadaan komplek ke dalam komponen-komponennya, kemudian mengatur bagian-bagian komponen tersebut dalam bentuk hirarki. Pada analisa hirarki, masalah yang paling utama adalah melakukan perbandingan berpasangan(judgement) antar faktor pada suatu hirarki. Setelah dilakukannya penilaian perbandingan berpasangan, maka sebagai hasil analisis adalah menentukan faktor mana yang memiliki prioritas tertinggi. Langkah selanjutnya adalah mengadakan pengujian konsistensi terhadap hasil analisis prioritas tertinggi di atas. Thomas L. Saaty (1991) merupakan seorang ahli matematika yang mengembangkan analisa ini pertama kali, metode ini sudah banyak

digunakan secara luas dalam segala bidang disiplin ilmu. Prinsip-prinsip analisa hirarki adalah sebagai berikut :

1. Prinsip menyusun hirarki
2. Prinsip menetapkan prioritas
3. Prinsip konsistensi logis

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penyusunan analisa hirarki adalah sebagai berikut :

1. Penyusunan struktur hirarki

Pada penyusunan hirarki, permasalahan dirinci ke dalam komponen-komponennya, kemudian bagian-bagian dari komponen tersebut disusun dalam bentuk hirarki.

2. Penilaian perbandingan berpasangan

Penilaian perbandingan berpasangan dilakukan pada elemen-elemen pada suatu tingkat hirarki. Penilaian ini dilakukan dengan memberikan bobot numerik berdasarkan perbandingan berpasangan antara satu elemen dengan elemen lainnya. Hasil perbandingan tersebut dibentuk menjadi matrik bujur sangkar dengan ordo yang sesuai dengan jumlah elemen pada tingkat hirarki tersebut. Skala penilaian yang digunakan untuk perbandingan berpasangan dapat dilihat pada tabel 2.4.

**Tabel 2.4 Skala perbandingan**

TINGKAT KEPENTINGAN	DEFINISI	PENJELASAN
1	Kedua elemen sama penting	Kedua elemen menyambung sama besar pada sifat tersebut
3	Satu elemen sedikit lebih penting dibanding elemen lain	Pengalaman menyatakan sedikit memihak pada sebuah elemen
5	Satu elemen sesungguhnya lebih penting dari elemen lain	Pengalaman menunjukkan secara kuat memihak pada satu elemen
7	Satu elemen jelas lebih penting dari elemen yang lainnya	Pengalaman menunjukkan secara kuat disukai dan didominasi elemen tampak dalam praktek
9	Satu elemen mutlak lebih penting daripada elemen lainnya	Pengalaman menunjukkan satu elemen sangat jelas lebih penting

**Sumber :** Thomas L. Saaty (1991), Pengambilan keputusan bagi para pemimpin, hal 85.

Metode analisis ini mempunyai beberapa kelebihan sebagai berikut :

- a. Penyusunan hirarki yang mempresentasikan suatu sistem dapat menjelaskan adanya perubahan tiap-tiap elemen tingkat atas dan tingkat bawah.
- b. Metode ini memberikan informasi yang lengkap mengenai struktur dan fungsi dari sistem pada tingkat bawah dan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap tingkat atas hirarki.
- c. Metode ini lebih efisien bila dibandingkan dengan melihat sistem secara keseluruhan.
- d. Metode ini lebih fleksibel terhadap perubahan struktur hirarki.

Berikut ini akan dijelaskan tabel matrik perbandingan berpasangan untuk menggambarkan hubungan antara satu kriteria dengan kriteria lainnya.

**Tabel 2.5 Matrik perbandingan berpasangan**

Kriteria	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	.....	K <sub>n</sub>
K <sub>1</sub>	1	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	.	N <sub>J-3</sub>
K <sub>2</sub>	.	.	N <sub>3</sub>	.	N <sub>J-2</sub>
K <sub>3</sub>	.	.	1	.	N <sub>J-1</sub>
....	.	.	.	.	.
....	.	.	.	.	.
K <sub>n</sub>	.	.	.	.	1

**Sumber :** Thomas L. Saaty (1991)

3. Menghitung nilai eugenvektor dan nilai eugenvalue

Elemen-elemen pada tiap baris dari matrik bujursangkar adalah hasil perbandingan berpasangan dikalikan secara kumulatif. Hasilnya berupa matrik kolom. Sedangkan eugenvektor (bobot) diperoleh dengan jalan membagi jumlah matrik kolom dengan jumlah kumulatif elemen pada matrik kolom.

Nilai eugenvektor merupakan bobot prioritas masing-masing elemen atau kriteria yang telah ditetapkan.

Nilai eugenvektor yang memiliki bobot yang tinggi atau prioritas yang tinggi adalah eugenvektor yang mempunyai nilai terbesar. Perkalian antara matrik perbandingan berpasangan dengan eugenvektor akan menghasilkan matrik kolom baru. Sedangkan eugenvektor merupakan hasil bagi antar jumlah elemen yang berkesesuaian dengan matrik kolom baru dengan eugenvektor, sedangkan eugenvalue maksimum adalah rata-rata dari elemen-elemen pada matrik eugenvalue.

### 2.5.6 Menguji Konsistensi Data

Konsistensi data di dapat dari rasio konsistensi (CR) yang merupakan hasil bagi antara indeks konsistensi (CI) dan indeks random (RI).

$$1. \text{ Konsistensi Ratio (CR)} = \frac{\text{Konsistensi Index (CI)}}{\text{Ratio Index (RI)}}$$

2. Untuk mendapatkan nilai indeks konsistensi (CI) akan digunakan rumus :

$$\text{Konsistensi Index (CI)} = \frac{\left[ \frac{\sum_{k=1}^n \lambda_{\text{maks}}}{n} \right] - n}{n - 1}$$

yang mana,

CI : indeks konsistensi

N : banyaknya elemen atau kriteria

$\lambda_{\text{maks}}$  : nilai eugenvalue maksimum

Indeks konsistensi diperoleh dengan mengurangkan eugenvalue maksimum terhadap n (jumlah elemen) dan membaginya dengan (n-1), sedangkan rasio indeks diperoleh dari tabel. Suatu data dapat dikatakan konsisten, apabila

nilai rasio konsisten (CR) < 0,100. Sedangkan nilai tabel indeks random yang berhubungan dengan ordo matrik ditunjukkan pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Indeks random perbandingan berpasangan

Banyaknya Elemen (n)	Indeks Random
1	0.00
2	0.00
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.40
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.48
11	1.49
12	1.51
13	1.56
14	1.57
15	1.59

## 2.5.7 Teknik Pengukuran Data

Cara pengukuran data disini mempunyai hubungan satu dengan lainnya dan bertujuan adalah untuk mencapai sasaran yang diinginkan. Setiap sampel yang diukur biasanya dibagi dalam beberapa variabel, yang meliputi antara lain :

### 2.5.7.1 Pengukuran Menurut Skala Likert

Prinsip pengukuran ini adalah semakin banyak jumlah pilihan atau alternatif yang diambil, maka akan semakin khusus pembagiannya. Tetapi

semakin sedikit jumlah pilihan atau alternatif, maka akan semakin umum materi pembagiannya. Sistem pengukuran ini mempunyai keuntungan dan kelemahan yaitu :

Keuntungannya,

- a. Mudah dipakai, karena dalam penyusunan pertanyaan mengenai sikap dan menentukan skor relatif mudah, karena tiap pertanyaan dan jawaban diberi bobot berupa angka yang mudah untuk dipahami dan dijumlahkan.
- b. Mempunyai realibilitas dan mengurutkan jawaban berdasarkan intensitas sikap tertentu.

Kelemahan,

- a. Tiap pertanyaan mempunyai bobot yang sama, hal ini tidak dapat dipertanggungjawabkan.
- b. Adanya kemungkinan responden mempunyai sikap yang sama intensitasnya, memiliki jawaban yang berlainan sehingga menghasilkan skor akhir yang berbeda.

#### **2.5.7.2 Pengukuran dengan skala pembobotan**

Pengukuran dengan skala pembobotan ini dilakukan dengan jalan memberikan kebebasan kepada responden untuk melakukan penilaian. Penilaian yang dilakukan adalah memilih atau mengurutkan variabel-variabel yang menjadi kebutuhan menurut urutan prioritas yang dikehendaki.

Urutan prioritas dinyatakan dengan nomor urut 1 mendapat nilai 10. Variabel yang mempunyai nomor urut 2 mendapat nilai 9 dan seterusnya sampai nomor urut 10 mendapat nilai 1.

Dari hasil penilaian seluruh responden selanjutnya dilakukan penjumlahan nilai-nilai yang diberikan responden untuk tiap-tiap variabel kemudian dilakukan penentuan pembobotan masing-masing variabel pada desain yang diinginkan.

### 2.5.8 Evaluasi Alternatif (*Evaluation of Alternative*)

Evaluasi sangat penting dilakukan untuk melihat alternatif mana yang terbaik dilakukan. Teknik yang dapat dilakukan dalam melakukan evaluasi alternatif adalah:

1. *Weight matrix*

Evaluasi dari alternatif yang dihasilkan dengan menggunakan pembobotan pada setiap komponen.

2. *Other mathematical techniques*

Teknik matematika yang dapat digunakan dalam penentuan evaluasi alternatif yang dapat dilakukan.

3. *Voting*

Melakukan suara terbanyak (*voting*) yang dapat dilakukan untuk mendapatkan alternatif yang dipakai.

4. *Subjective evaluation*

Evaluasi yang dilakukan secara subyektif yang dipakai untuk menentukan alternatif yang dipakai.

### 2.5.9 Desain dan Pengembangan Produk

Merancang dan mengembangkan produk, perlu dipahami terlebih dahulu mengenai konsep dasarnya, yang meliputi perspektif pengembangan, tantangan yang dihadapi dalam mengembangkan produk, karakter pengembangan produk dan tipe-tipe proyek pengembangan produk, seperti dijelaskan dibawah ini.

1. *Perspektif Perancangan dan Pengembangan Produk.*

Produk merupakan sesuatu yang dijual oleh perusahaan kepada pembeli. Perancangan dan pengembangan produk merupakan serangkaian aktivitas yang dimulai dari analisa persepsi dan peluang pasar, kemudian diakhiri dengan tahap produksi, penjualan dan pengiriman produk (Ulrich, Eppinger, 2001).

Berbagai industri telah melaksanakan pengembangan produk dengan efektif dan menelaraskan berbagai faktor yang mempengaruhinya dengan

sangat baik,seringkali dipengaruhi oleh pasar pelanggan yang berubah dengan cepat.Keberhasilan produk yang dikembangkan tergantung dari respon konsumen,produk hasil pengembangan dikatakan sukses bilamana mendapat respon positifdari konsumen yang diikuti dengan keinginan dan tindakan untuk membeliproduk. Mengidentifikasi kebutuhan konsumen merupakan fase yang palingawal dalam mengembangkan produk, karena tahap ini menentukan arahpengembangan produk (Ulrich dan Eppinger, 2001)

## 2. Definisi Prototipe.

Definisi prototipe hanya sebagai sebuah kata benda, dalam praktekpengembangan produk, kata tersebut digunakan sebagai kata benda, kata kerja,ataupun kata sifat. Definisi prototipe adalah “sebuah penaksiran produk melaluisatu atau lebih dimensi yang menjadi perhatian” (Ulrich dan Eppinger, 2001)

Berdasarkan definisi ini, setiap wujud yang memperlihatkan sedikitnya satu aspekproduk yang menarik bagi tim pengembangan produk dapat ditampilkan sebagaisebuah prototipe.

Prototipe diklasifikasikan menjadi dua dimensi. Dimensi pertama membagiprototipe menjadi dua yaitu prototipe fisik dan prototipe analitik. Prototipe fisikmerupakan benda nyata yang dibuat untuk memperkirakan produk. Aspek-aspekdari produk yang diminati oleh tim pengembangan secara nyata dibuat menjadis suatu benda untuk pengujian dan percobaan. Prototipe analitik adalah lawan dari prototipe fisik yang hanya menampilkan produk yang tidak nyata, biasanya dalambentuk matematis.

Dimensi kedua mengklasifikasikan prototipe menjadi dua pula yaitu prototipemenyeluruh dan prototipe terfokus. Prototipe menyeluruh mengimplementasikansebagian besar atau semua atribut dari produk. Prototipe menyeluruh adalah yangdiberikan kepada pelanggan untuk mengidentifikasi dari desain sebelummemutuskan diproduksi. Berlawanan dengan prototipe menyeluruh, prototipeterfokus hanya mengimplementasikan satu atau sedikit sekali atribut produk. Perlu dicatat

bahwa prototipe terfokus merupakan prototipe fisik maupun analitik, namun untuk produk fisik, prototipe menyeluruh biasanya merupakan prototipe fisik.

## 2.6 PENELITIAN TERDAHULU

1. Penelitian Joko Iwan Priyanto (2008) mengenai Perancang Alat Pengaduk Adonan Kue Roti bakar yang Ergonomis Dengan Pendekatan Metode Rekayasa Nilai (*Value Engineering*). Dengan tujuan untuk memberikan solusi terbaik alat pengaduk adonan roti bakar bagi UKM produsen yang sering mengalami kesulitan dalam proses pengadukan adonan, yang mengakibatkan keterlambatan dalam proses pembuatan adonan. Guna mendukung permasalahan yang ada peneliti dengan menggunakan disiplin ilmu yang tepat dan salah satu metode yang dipakai peneliti adalah dengan menggunakan metode rekayasa nilai (*Value Engineering*), dan didukung dengan metode Anthropometri dan Fuzzy Hierarchi Process yang mana untuk memudahkan dalam proses pengembangan alat tersebut. Pada rekayasa nilai yakni dengan pendekatan penganalisaan nilai terhadap fungsi prosesnya, yang ditempuh adalah memunculkan, memilih, dan menentukan alternatif alat pengaduk adonan roti yang ergonomis dan memiliki nilai tinggi.
2. Suparno (2008) dalam penelitiannya yang berjudul *Perancangan Fasilitas Meja Bor Berdasarkan Antropometri Operator Dengan Analisis Biomekanika dan Metode Reba (Studi Kasus : UD. Intim Baru, Sumber, Surakarta)*. UD. Intim Baru merupakan perusahaan yang berskala kecil yang bergerak di bidang perakitan timbangan sentisimal. Salah satu komponen utama dari timbangan sentisimal adalah rom. Rom diletakkan di dasar timbangan sentisimal yang berfungsi sebagai kerangka dasar alas timbangan dan tempat untuk memasang empat roda di sebelah kanan dan kiri. Proses pengeboran rom tersebut merupakan bentuk aktivitas MMH yang diterapkan oleh UD. Intim Baru. Dengan demikian, berdasarkan

hasilkuesioner *Nordic Body Map* yang menunjukkan tingkat persentase keluhan padasegmen tubuh operator ketika melakukanpengeboran rom, maka perlu proses dilakukan perancangan meja rom untuk melakukan perbaikan posisi postur kerjasebagai upaya untuk menghindari terjadinya gangguan *musculoskeletal*.

Hasil kesimpulan peneliti sebelumnya diperoleh bahwa alternatif yang dipilih merupakan hasil kajian yang sistematis dari serangkaian langkah yang strategis hingga diperoleh hasil akhir yang terbaik berdasarkan biaya yang relevan untuk suatu proyek yang akan dibangun tanpa menghilangkan fungsi dari alternatif yang dibangun pada proyek tersebut.

Rekayasa nilai yang dikembangkan beberapa peneliti dapat memberikan gambaran bahwa pengambilan keputusan sebelum membangun suatu produk ke langkah yang bersifat kuantitatif dalam merealisasikan diawali pengambilan data yang bersifat kualitatif. Nilai kualitatif yang dibangun bersumber dari penarikan data yang berasal dari kuesioner, pendekatan kuesioner ini dilakukan secara langsung kepada nara sumber sebagai tenaga ahli yang terlibat dalam penanganan proyek. Penarikan data ini berupa brainstorming dengan cara pendekatan model delphi. Pendekatan model delphi diperlukan untuk penanganan suatu proyek hanya diketahui oleh personal tertentu dalam pengambilan keputusan, metode delphi ini dilakukan agar data yang diperoleh tidak menjadi bias terhadap obyek yang diteliti.

Pengambilan keputusan yang bersifat kualitatif yang akan lebih cenderung ke arah pendekatan perkiraan, untuk menghindari pendekatan perkiraan ini para peneliti membuat langkah pendekatan yang rasional yaitu pendekatan analisa hirarki proses (AHP). Analisa hirarki proses yang dibangun dari informasi suatu hirarki pada kriteria dan alternatif. Selanjutnya informasi disintesaikan berguna dalam membuat ranking relatif dari alternatif. Informasi yang berasal dari nilai kuantitatif dan kriteria kuantitatif dapat diperbandingkan untuk memperoleh bobot dan

prioritas. Akhirnya bagian penting proses rekayasa nilai dilakukan peneliti adalah menetapkan tiga langkah yang meliputi menentukan tujuan, mendefinisikan kriteria yang akan dibangun dan membangun alternatif. Setelah proses analisa hirarki proses dilakukan hingga diperoleh bobot dari tiap-tiap alternatif yang dipilih berdasarkan dari informasi yang diperoleh dari responden. Perhitungan biaya yang dilibatkan diperhitungkan dalam membangun alternatif yang ditawarkan berdasarkan dari penawaran biaya yang didapat secara realitas mungkin. Biaya yang dilibatkan dalam membangun pengambilan keputusan tentunya biaya yang rendah dengan tanpa menghilangkan fungsi yang didasarkan penentuan tujuan dari rekayasa nilai.