

BAB 3

LANDASAN TEORI

3.1. Ergonomi

3.1.1. Definisi Ergonomi

Ergonomi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari sifat, kemampuan, keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja, sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu, dengan efektif, aman dan nyaman (Sutalaksana, 2006).

Menurut Pulat (1992), ergonomi adalah suatu disiplin keilmuan yang mempelajari manusia dalam kaitannya dengan pekerjaannya. Ergonomi berkaitan pula dengan optimasi, efisiensi, kesejahteraan, keselamatan dan kenyamanan manusia di tempat kerja, di rumah, dan di tempat rekreasi. Didalam ergonomi dibutuhkan studi tentang dimana manusia, fasilitas kerja dan lingkungannya saling berinteraksi dengan tujuan utama yaitu menyesuaikan suasana kerja dengan manusianya.

Ada 5 masalah pokok dalam ergonomi sehubungan dengan keterbatasan manusia (Pulat, 1992), yaitu:

1. *Anthropometry*, berhubungan dengan pengukuran dimensi-dimensi linear tubuh manusia. Masalah yang sering ditemui adalah adanya ketidaksesuaian dimensi tubuh manusia dengan rancangan produk dan area kerja. Solusinya adalah merancang suatu area kerja dan produk tersebut dengan penyesuaian terhadap informasi yang diperoleh dari data antropometri.

2. *Cognitive*, permasalahan kognitif timbul berkaitan dengan terjadinya kekurangan atau berlebihan informasi yang dibutuhkan selama pemrosesannya.
3. *Musculoskeletal*, sistem musculoskeletal terdiri dari otot, tulang dan jaringan penghubung. Masalah yang menyebabkan ketegangan otot dan rasa sakit pada tulang dapat masuk ke dalam kategori *musculoskeletal*.
4. *Cardiovascular*, berhubungan dengan fungsi organ tubuh manusia, yaitu jantung. Dalam menjalankan aktivitas fisik, otot memerlukan oksigen yang lebih banyak. Semakin berat aktivitas fisik yang dilakukan, semakin banyak oksigen yang dibutuhkan. Detak jantung akan meningkat karena lebih banyak darah yang dipompakan per unit waktu dalam paru-paru. Selain itu juga terjadi peningkatan panas dalam tubuh yang ditandai dengan keluarnya keringat dan tekanan darah juga naik. Untuk mengurangi kelelahan, beban fisik diukur dan ditentukan berdasar pada detak jantung.
5. *Psychomotor*, berkaitan dengan fungsi sensorik manusia (panca indera). Fungsi sensorik ini dipengaruhi oleh rangsangan eksternal, seperti informasi berupa bunyi-bunyian atau cahaya. Sehubungan dengan penerimaan dan pemrosesan informasi, maka area kerja yang melibatkan fungsi sensorik manusia ini, harus mampu memberikan display yang sesuai dengan kebutuhan performansinya.

Dengan adanya kelima masalah pokok tersebut, maka sistem kerja harus dirancang untuk menghasilkan kenyamanan yang maksimum bagi manusia. Salah satu

perancangan sistem kerja adalah mengatur kondisi daerah kerja. Manusia menggunakan berbagai peralatan dan melakukan beraneka ragam pekerjaan yang memerlukan kondisi daerah kerja yang berbeda-beda.

3.1.2. Tujuan dan Peran Ergonomi

Tujuan ergonomi adalah untuk meningkatkan produktivitas tenaga kerja pada suatu institusi atau organisasi. Hal ini dapat tercapai apabila terjadi kesesuaian antara pekerja dengan pekerjaannya. Banyak yang menyimpulkan bahwa tenaga kerja harus dimotivasi dan kebutuhannya terpenuhi. Dengan demikian akan menurunkan jumlah karyawan yang tidak masuk kerja (*absenteeism*). Pendekatan ergonomik mencoba untuk mencapai kebaikan bagi pekerja dan pimpinan institusi. Hal itu dapat tercapai dengan cara memperhatikan empat tujuan ergonomik, antara lain (Santoso, 2004):

1. Memaksimalkan efisiensi karyawan.
2. Memperbaiki keselamatan dan kesehatan kerja.
3. Menganjurkan agar bekerja aman, nyaman, dan bersemangat.
4. Memaksimalkan bentuk (*Performance*) kerja yang meyakinkan.

Peran ergonomi secara umum dipergunakan sebagai sarana untuk mengoptimalkan sistem kerja yang baik. Dalam proses ini ergonomi diterapkan sebagai aktivitas rancang bangun (*design*) atau rancang ulang (*redesign*). Peran tersebut dapat dibedakan menjadi 3 kelompok, yaitu:

1. Peran ergonomi dalam desain produk.

2. Peran ergonomi dalam upaya meningkatkan keselamatan dan hygiene kerja.
3. Peran ergonomi dalam upaya meningkatkan produktivitas kerja.

3.2. Anthropometri

3.2.1. Pengertian Anthropometri

Anthropometri berasal dari kata *anthro* yang berarti manusia dan *metric* yang berarti ukuran. Secara definitif anthropometri dapat dinyatakan sebagai suatu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Anthropometri berhubungan dengan pengukuran terhadap dimensi dan karakteristik tertentu dari tubuh manusia seperti volume, pusat gravitasi, massa tubuh. Suatu perancangan produk harus memperhatikan antropometri si pemakai. Faktor-faktor yang mempengaruhi dimensi tubuh manusia adalah umur, jenis kelamin, suku bangsa dan posisi tubuh.

Anthropometri merupakan ilmu yang secara khusus mempelajari tentang pengukuran tubuh manusia guna merumuskan perbedaan-perbedaan ukuran pada tiap individu ataupun kelompok dan lain sebagainya. (Panero, 1979)

Definisi lain mengenai anthropometri menurut Stevenson (1989) dan Nurmiyanto (1991) adalah satu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia meliputi ukuran, bentuk dan kekuatan serta penerapan data tersebut untuk penanganan masalah desain. Anthropometri secara luas digunakan oleh para ahli ergonomi dalam sistem desain, dimana mereka harus mempertimbangkan dimensi tubuh

manusia dalam merancang stasiun kerja dan produk (Pulat, 1992).

Dua cara untuk melakukan pengukuran anthropometri yang berhubungan dengan pengukuran badan dan ciri fisik manusia adalah :

1. Anthropometri Statis

Anthropometri statis berhubungan dengan pengukuran keadaan dan ciri fisik manusia atau dalam posisi yang dibakukan. Data anthro statis dapat berupa dimensi skeletal (dimensi diantara titik-titik pusat persendian, seperti siku dan pergelangan tangan) ataupun dimensi kontur tubuh (dimensi permukaan kulit seperti keliling lingkaran luar kepala).

2. Anthropometri Dinamis

Anthropometri dinamis berhubungan dengan pengukuran keadaan dan ciri fisik manusia dalam keadaan bergerak atau memperhatikan gerakan-gerakan yang mungkin terjadi saat pekerja tersebut melaksanakan kegiatan.

3.2.2. Data Anthropometri

Data anthropometri berguna untuk perancangan berbagai peralatan agar dapat dipergunakan secara optimal dan agar orang tersebut dapat bekerja dengan aman dan nyaman. Meskipun demikian dalam proses pengukuran tersebut akan ditemui berbagai kesulitan misalnya dengan adanya variasi dalam pengukuran setiap tubuh manusia. Faktor-faktor yang mempengaruhi data anthropometri antara lain: umur, jenis kelamin (sex), dimensi tubuh antara pria dan wanita memiliki

perbedaan-perbedaan, posisi tubuh, cara berpakaian, suku bangsa, dll.

Data anthropometri didapatkan dengan berbagai cara. Menurut Nurmiyanto (1996) pengambilan data anthropometri dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

1. Berdasarkan tabel

Data anthropometri yang digunakan berdasarkan tabel dimensi tubuh yang telah tersedia. Tabel tersebut dapat dilihat pada buku Nurmiyanto (1996).

2. Pengambilan secara langsung

Pengambilan data anthropometri dilakukan secara langsung pada populasi yang hendak dirancang pekerjaan maupun fasilitas kerjanya.

Menurut Sutralaksana (1979), di dalam perancangan yang menggunakan data anthropometri terdapat tiga prinsip yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Prinsip perancangan fasilitas berdasarkan individu ekstrim (minimum atau maksimum).
2. Perancangan fasilitas yang dapat disesuaikan.
3. Perancangan fasilitas berdasarkan rata-rata pemakainya.

3.2.3. Pengolahan Data Anthropometri

Data-data anthropometri yang didapat akan melewati beberapa uji agar layak untuk membuat dimensi atau ukuran dalam perancangan. Adapun pengujian yang dilakukan antara lain:

1. Uji kenormalan data

Pengujian kenormalan data digunakan untuk mengetahui apakah data yang ada memenuhi distribusi normal atau

mendekati distribusi normal. Pengujian kenormalan data menggunakan *software SPSS 12.0 for Windows*.

2. Uji keseragaman data

Pengujian keseragaman data dilakukan untuk mengetahui homogenitas data, apakah berasal dari suatu populasi yang sama dan data ekstrim atau yang berada di luar batas tidak perlu disertakan dalam perhitungan.

Untuk melakukan uji keseragaman data dilakukan tahapan perhitungan sebagai berikut:

a. Membagi data ke dalam suatu sub grup (kelas)

Penentuan jumlah sub grup dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$k = 1 + 3,3 \log N \dots\dots\dots (3.1)$$

dimana N = jumlah data.

b. Menghitung harga rata-rata dari harga rata-rata sub grup dengan:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}_i}{k} \dots\dots\dots (3.2)$$

dimana:

\bar{X}_i = Harga rata-rata dari sub grup ke-i

k = Jumlah sub grup yang terbentuk

c. Menghitung standar deviasi (SD), dengan:

$$\sigma = SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N}} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\sigma = SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \dots\dots\dots (3.4)$$

dimana:

N = jumlah data amatan pendahuluan yang telah dilakukan.

X_i = data amatan yang didapat dari hasil pengukuran ke-i.

d. Menghitung standar deviasi dari distribusi harga rata-rata sub grup dengan rumus:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (3.5)$$

dimana n = ukuran satu sub grup

e. Menentukan Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB) dengan rumus:

$$B.A = \bar{X} + 3\sigma_{\bar{x}} \dots\dots\dots (3.6)$$

$$B.B = \bar{X} - 3\sigma_{\bar{x}} \dots\dots\dots (3.7)$$

3. Uji kecukupan data

Pengujian kecukupan data sangat dipengaruhi oleh besarnya:

- a. Tingkat ketelitian (dalam persen), adalah penyimpangan maksimum dari hasil pengukuran terhadap nilai yang sebenarnya.
- b. Tingkat kepercayaan (dalam persen), adalah besarnya keyakinan atau besarnya probabilitas bahwa data yang kita dapatkan terletak dalam tingkat ketelitian yang telah ditentukan.

Rumus umum:

$$N' = \left[\frac{\frac{K}{S} \sqrt{N \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2}}{\sum_{i=1}^n X_i} \right]^2 \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan:

N' = jumlah pengukuran yang seharusnya dilakukan

N = jumlah pengukuran yang sudah dilakukan

Jika $N' < N$, maka data pengamatan cukup

Jika $N' > N$, maka data pengamatan kurang, dan perlu tambahan data.

Nilai K untuk tingkat kepercayaan tertentu dapat dilihat pada Tabel 3.1. berikut.

Tabel 3.1. Tingkat Kepercayaan

Tingkat Kepercayaan	Nilai K
$\leq 68\%$	1
$68\% < 1-\alpha \leq 95\%$	2
$95\% < 1-\alpha \leq 99\%$	3

Nilai S untuk tingkat ketelitian tertentu dapat dilihat pada Tabel 3.2. berikut.

Tabel 3.2. Tingkat Ketelitian

Tingkat Ketelitian	Nilai S
5%	0,05
10%	0,10

3.2.4. Persentil

Menurut Nurmiyanto (1991), persentil adalah suatu nilai yang menyatakan bahwa persentase tertentu dari sekelompok orang yang dimensinya sama dengan atau lebih rendah dari nilai tersebut. Misalnya : 95% populasi adalah sama dengan atau lebih rendah dari 95 persentil, 5% dari populasi berada sama dengan atau lebih rendah dari 5 persentil. Besarnya nilai persentil dapat ditentukan dari tabel probabilitas distribusi normal.

Tabel 3.3. Distribusi Normal dan Perhitungan Persentil

Persentil	Perhitungan
Ke-1	$\bar{x} - 2,325\alpha_x$
Ke-2,5	$\bar{x} - 1,96\alpha_x$
Ke-5	$\bar{x} - 1,645\alpha_x$
Ke-10	$\bar{x} - 1,28\alpha_x$
Ke-50	\bar{x}
Ke-90	$\bar{x} + 1,28\alpha_x$
Ke-95	$\bar{x} + 1,645\alpha_x$
Ke-97,5	$\bar{x} + 1,96\alpha_x$
Ke-99	$\bar{x} + 2,325\alpha_x$

Dalam pokok bahasan anthropometri, 95 persentil menunjukkan tubuh berukuran besar, sedangkan 5 persentil menunjukkan tubuh berukuran kecil. Jika diinginkan dimensi untuk mengakomodasi 95% populasi maka 2,5 dan 97,5 persentil adalah batas rentang yang dapat dipakai.

3.3. Keluhan Muskuloskeletal

Tarwaka, (2004) mengungkapkan bahwa keluhan muskuloskeletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligament, dan tendon. Keluhan hingga kerusakan inilah yang biasanya diistilahkan dengan keluhan *musculoskeletal disorders* (MSDs) atau cedera pada sistem muskuloskeletal (Grandjean, 1993; Lemasters, 1996). Secara garis besar keluhan otot dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

1. Keluhan sementara (*reversible*), yaitu keluhan otot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis, namun demikian keluhan tersebut akan segera hilang apabila pembebanan dihentikan, dan
2. Keluhan menetap (*persistent*), yaitu keluhan otot yang bersikap menetap. Walaupun pembebanan kerja telah dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut.

3.3.1..Faktor Penyebab Terjadinya Keluhan Muskuloskeletal

Peter Vi (2000) menjelaskan bahwa, terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya keluhan otot skeletal.

1. Peregangan Otot yang Berlebihan

Peregangan otot yang berlebihan (*over exertion*) pada umumnya sering dikeluhkan oleh pekerja, dimana aktivitas kerjanya menuntut pengerahan tenaga yang besar seperti aktivitas mengangkat, mendorong, menarik, dan menahan beban yang berat. Peregangan otot yang berlebihan ini terjadi karena pengerahan tenaga yang diperlukan melampaui kekuatan optimum otot, bahkan dapat menyebabkan terjadinya cedera otot skeletal.

2. Aktivitas Berulang

Aktivitas berulang adalah pekerjaan yang dilakukan secara terus menerus seperti pekerjaan mencangkul, membelah kayu besar, angkat-angkut, dsb. Keluhan otot terjadi karena otot menerima tekanan akibat beban kerja secara terus menerus tanpa memperoleh kesempatan untuk relaksasi.

3. Sikap Kerja Tidak Alamiah

Sikap kerja tidak alamiah adalah sikap kerja yang menyebabkan posisi bagian-bagian tubuh bergerak menjauhi posisi alamiah, misalnya pergerakan tangan terangkat, punggung terlalu membungkuk, kepala terangkat, dsb. Semakin jauh posisi bagian tubuh dari pusat gravitasi tubuh, maka semakin tinggi pula resiko terjadinya keluhan otot skeletal. Sikap kerja tidak alamiah ini pada umumnya karena karakteristik tuntutan kerja, alat kerja dan stasiun kerja tidak sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan pekerja (Grandjean, 1993; Anis & McNville, 1996; Waters & Anderson, 1996 & Manuaba, 2000).

Sikap kerja tidak alamiah di Indonesia ini lebih banyak disebabkan oleh adanya ketidak sesuaian antara dimensi alat dan stasiun kerja dengan ukuran tubuh pekerja. Sebagai negara berkembang, sampai saat ini Indonesia masih tergantung pada perkembangan teknologi negara-negara maju, khususnya dalam pengadaan peralatan industri. Mengingat bahwa dimensi peralatan tersebut didesain tidak berdasarkan ukuran tubuh orang Indonesia, maka pada saat pekerja Indonesia harus mengoperasikan alat tersebut, terjadilah sikap kerja tidak alamiah.

3.4. Material Handling

Material Handling secara sederhana diartikan sebagai pemindahan material. Pengembangan pada *material handling* mempunyai akibat yang positif bagi para pekerja lebih dari hal-hal lain dalam perancangan kerja dan ergonomi. Saat ini pekerjaan-pekerjaan fisik yang

berbahaya dan membosankan telah dihilangkan oleh peralatan material handling. Namun *material handling* juga tercatat menjadi penyebab 50% kecelakaan dalam industri dan mencapai 40-80% biaya operasi. Pada beberapa industri, misalnya pertambangan, biaya ini dapat meningkat mencapai 90% dari biaya operasi. Biaya pembelian peralatan material handling memang tinggi, namun *Return of Investment* yang sesuai bisa didapatkan (Meyers, 1993).

Material handling dapat didefinisikan secara luas sebagai seluruh pemindahan material dalam suatu lingkungan manufaktur. ASME mendefinisikan *material handling* sebagai seni dan ilmu yang berkaitan dengan pemindahan, pengepakan, dan penyimpanan suatu bahan dalam berbagai bentuk. *Material handling* dapat dianggap memiliki 5 dimensi yang berbeda : perpindahan, kuantitas atau jumlah, waktu, ruang, dan kontrol.

Perpindahan berkaitan dengan transportasi dan transfer material dari satu tempat ke tempat lain. Efisiensi perpindahan beserta faktor keamanannya merupakan perhatian yang utama. Jumlah perpindahan material menunjukkan tipe dan sifat peralatan pemindah material dan juga biaya per unit untuk pengiriman bahan tersebut. Dimensi waktu menunjukkan seberapa cepat material dapat bergerak melalui fasilitas. Aspek ruang dalam *material handling* adalah berkaitan dengan ruang yang dibutuhkan untuk penyimpanan peralatan material handling serta pergerakannya. Laporan pergerakan material dan *inventory management* merupakan beberapa aspek dalam dimensi kontrol.

Menurut Meyers (1993), peralatan material handling telah mengurangi pekerjaan-pekerjaan yang berbahaya dan membosankan. *Material Handling* juga telah mengurangi biaya produksi dan telah meningkatkan kualitas kerja bagi hampir semua orang dalam industri. Namun peralatan material handling juga menyebabkan lebih dari setengah dari kecelakaan industri. Peralatan material handling, seperti juga peralatan yang lainnya dapat menyebabkan cedera, karena itu aspek keamanan harus diperhatikan.

Beberapa tujuan utama dari *Material Handling* adalah sebagai berikut :

1. Menjaga dan meningkatkan kualitas produk, mengurangi kerusakan dan memberi perlindungan pada material.
2. Meningkatkan keselamatan dan mengembangkan kondisi kerja.
3. Meningkatkan produktivitas.
4. Mendorong peningkatan penggunaan fasilitas.
5. Mengurangi berat kosong.
6. Pengawasan atau *inventory control*.

3.5. REBA (*Rapid Entire Body Assessment*)

Salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis pekerjaan berdasarkan postur tubuh pekerja dalam ilmu Ergonomi adalah metode *Rapid Entire Body Assessment*. Berdasarkan Nexgen Ergonomic, Inc (2002). Metode *Rapid Entire Body Assesment* (REBA) telah dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan akan suatu metode yang secara spesifik didesain untuk menganalisis postur tubuh pekerja khususnya di bidang kesehatan dan industri. REBA didesain untuk mengevaluasi suatu pekerjaan atau tugas dimana pekerjaan atau tugas tersebut dapat menyebabkan

ketidaknyamanan pada seluruh bagian tubuh khususnya pada bagian punggung, leher, pundak, lengan atas dan lengan bawah, pergelangan tangan dan kaki. REBA menuntaskan tujuan tersebut dengan memberikan sebuah "Grand Score" yang dinyatakan dalam 5 level resiko.

3.5.1. Kelebihan metode REBA

Metode *Rapid Entire Body Assessment* sebagai suatu metode yang didesain untuk menganalisis postur tubuh pekerja mempunyai beberapa kelebihan. Kelebihan dari metode *Rapid Entire Body Assessment* berdasarkan Nexgen Ergonomic, Inc (2005) adalah :

1. Merupakan metode yang cepat untuk menganalisis postur tubuh pekerja pada suatu populasi pekerjaan yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor resiko dalam pekerjaan (kombinasi efek dari otot dan usaha, postur tubuh dalam pekerjaan, pegangan atau *grip* benda kerja, pekerjaan statis atau berulang-ulang).
3. Metode REBA dapat digunakan untuk menganalisis postur tubuh baik yang stabil maupun yang tidak stabil.
4. "Grand Score" atau nilai aktivitas dapat berguna dalam menyelesaikan masalah, untuk menentukan prioritas penyelidikan dan perubahan yang perlu dilakukan.

3.5.2. Langkah-langkah metode REBA

REBA didesain untuk mengevaluasi suatu pekerjaan atau tugas dimana pekerjaan atau tugas tersebut dapat

menyebabkan ketidaknyamanan pada seluruh bagian tubuh khususnya pada bagian punggung, leher, pundak, lengan atas dan lengan bawah, pergelangan tangan dan kaki. REBA menuntaskan tujuan tersebut dengan memberikan sebuah "Grand Score" yang dibandingkan dengan 5 level resiko.

Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dalam metode *Rapid Entire Body Assessment* adalah :

1. Pengambilan data postur pekerja dengan menggunakan bantuan video atau foto.
2. Penentuan sudut-sudut dari bagian tubuh pekerja :
 - a. Punggung
 - b. Leher
 - c. Kaki
 - d. Lengan atas
 - e. Lengan bawah
 - f. Pergelangan tangan
3. Penentuan berat benda yang diangkat.
4. Perhitungan nilai REBA untuk postur yang bersangkutan.
5. Merancang dan mengimplementasikan metode dan fasilitas kerja yang baru dengan menggunakan metode Anthropometri.
6. Melakukan analisis REBA pada metode kerja yang baru.

Cara menghitung REBA :

1. Bagian A

a. Batang tubuh

Pada bagian batang tubuh sudut yang dibentuk pada waktu melakukan pekerjaan bervariasi antara $<-20^{\circ}$ sampai dengan $>60^{\circ}$. Punggung juga dapat berputar atau melekok ke samping.



Gambar 3.1. Pergerakan Batang Tubuh

Tabel 3.4. Pergerakan Batang Tubuh (Hignett S., and McAtamney L., 2000)

Movement	Score	Change score:
Upright	1	"+1 twisting/side flexed"
0° - 20° flexion, 0° - 20° extenxion	2	
20° - 60° flexion, $>20^\circ$ extension	3	
$>60^\circ$ flexion	4	

Semakin mendekati posisi netral dan punggung tidak berputar ataupun melekok ke samping, maka posisi kerja semakin baik dan nilai REBA semakin baik pula.

b. Leher

Pada bagian leher sudut yang dibentuk pada waktu melakukan pekerjaan bervariasi antara $<-20^\circ$ sampai dengan $>20^\circ$. Leher juga dapat berputar atau melekok ke samping.



Gambar 3.2. Pergerakan Leher

Tabel 3.5. Pergerakan Leher

(Hignett S., and McAtamney L., 2000)

Movement	Score	Change score:
0° - 20° flexion	1	
$>20^{\circ}$ flexion or in extension	2	"+1 twisting or side flexed"

Apabila posisi leher yang membentuk sudut 0° - 20° dan leher tidak berputar ataupun melekok ke samping, maka posisi kerja semakin baik dan nilai REBA semakin baik pula.

c. Kaki

Pada bagian kaki sudut yang dibentuk pada waktu melakukan pekerjaan bervariasi antara stabil, tidak stabil, 30° - 60° sampai dengan $>60^{\circ}$. Kaki dikatakan stabil apabila kedua kaki mendapat tumpuan yang baik. Kaki dikatakan tidak stabil apabila salah satu atau kedua kaki tidak mendapat tumpuan yang baik.



Gambar 3.3. Posisi Kaki

Tabel 3.6. Posisi Kaki

(Hignett S., and McAtamney L., 2000)

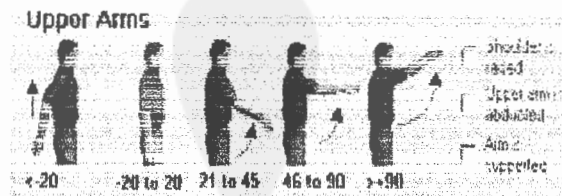
Position	Score	Change score
Bilateral weight bearing, walking, Or sitting	1	" +1 knee(s) between 30 ⁰ and 60 ⁰ flexion "
Unilateral weight bearing, Feather weight Bearing or an unstable posture	2	" +2 if knee (s) are >60 ⁰ flexion (n.b. Not for sitting) "

Posisi kaki yang stabil dan tidak membentuk sudut akan membuat posisi kerja semakin baik dan nilai REBA semakin baik pula.

2. Bagian B

a. Lengan Atas

Pada bagian tubuh lengan atas sudut yang dibentuk pada waktu melakukan pekerjaan bervariasi antara <-20⁰ sampai dengan >+20⁰. Selain itu pundak dapat terangkat maupun disangga dengan baik.



Gambar 3.4. Pergerakan Lengan Atas

Tabel 3.7. Pergerakan Lengan Atas

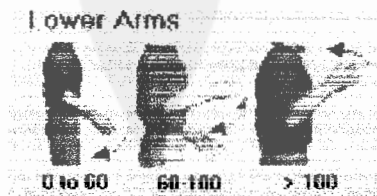
(Hignett S., and McAtamney L., 2000)

Position	Score	Change score:
20° extension, 20° flexion	1	"+1 if arm is abducted and/or rotated " "+1 if shoulder is raised " "-1 if leaning, supporting weight of arm or if posture is gravity assisted "
>20° extension, 20°-45° flexion	2	
45°-90° flexion	3	
>90° flexion	4	

Apabila posisi lengan atas yang membentuk sudut - 20°-20° dan lengan atas tidak diangkat serta lengan atas tersangga dengan baik maka posisi kerja semakin baik dan nilai REBA semakin baik pula.

b. Lengan Bawah

Pada bagian tubuh lengan bawah sudut yang dibentuk pada waktu melakukan pekerjaan bervariasi antara 0° sampai dengan >100°.



Gambar 3.5. Pergerakan Lengan Bawah

Tabel 3.8. Pergerakan Lengan Bawah

(Hignett S., and McAtamney L., 2000)

<i>Movement</i>	<i>Score</i>
60° - 100° flexion	1
$<60^{\circ}$ flexion or $>100^{\circ}$ flexion	2

Semakin kecil sudut yang dibentuk oleh lengan bawah maka posisi kerja semakin baik dan nilai REBA semakin baik pula.

c. Pergelangan Tangan

Pada bagian pergelangan tangan sudut yang dibentuk pada waktu melakukan pekerjaan bervariasi antara $<-15^{\circ}$, netral, sampai dengan $>15^{\circ}$. Pergelangan tangan dapat juga berputar ataupun melekok ke samping.



Gambar 3.6. Pergerakan Pergelangan Tangan

Tabel 3.9. Pergerakan Pergelangan Tangan

(Hignett S., and McAtamney L., 2000)

<i>Movement</i>	<i>Score</i>	<i>Change score</i>
0° - 15° flexion/ Extension	1	"+1 if wrist is deviated or Twisted"

Lanjutan Tabel 3.9.

>15° flexion/ Extension	2	
-------------------------------	---	--

Posisi pergelangan tangan yang netral dan pergelangan tangan tidak berputar menyebabkan posisi kerja semakin baik dan nilai REBA semakin baik pula.

Sedangkan untuk menghitung nilai REBA diperlukan tabel sebagai berikut :

Tabel 3.10. Perhitungan Nilai Bagian A

(Hignett S., and McAtamney L., 2000)

		Neck											
		1				2				3			
Trunk	Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	1		1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5
2		2	3	3	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3		2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4		3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5		4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Nilai bagian A yang didapat dari Tabel 3.8. selanjutnya ditambahkan dengan berat beban kerja yang diangkat. Berat beban kerja yang diangkat bervariasi antara 0 kg sampai dengan >10 kg

Tabel 3.11. Berat Beban Yang Diangkat

(Hignett S., and McAtamney L., 2000)

Load	Score	Change Score
< 5 kg	0	+1 shock or
5 - 10 kg	1	rapid build up of Force
> 10 kg	2	

Tabel 3.12. Perhitungan Nilai Bagian B

(Hignett S., and McAtamney L., 2000)

Table B		Upper Arm					
		1	2	3	4	5	6
Lower Arm = 1	Wrist						
	1	1	1	3	4	6	7
	2	2	2	4	5	7	8
	3	2	3	5	5	8	8
Lower Arm = 2	Wrist						
	1	1	2	4	5	7	8
	2	2	3	5	6	8	9
	3	3	4	5	7	8	9

Nilai bagian B yang didapat dari Tabel 3.10. selanjutnya ditambahkan dengan pegangan atau *coupling* benda. Pegangan benda bervariasi mulai dari *good* sampai dengan *unacceptable*.

Tabel 3.13. Coupling atau Pegangan Alat

(Hignett S., and McAtamney L., 2000)

0 Good	1 Fair	2 Poor	3 Unacceptable
Well-fitting handle and a midrange, Power grip	Hand hold acceptable but not ideal or coupling is acceptable via another Part of body	Hand hold not acceptable although possible	Awkwaid, unsafe grip, no Handles coupling is unacceptable using parts of the body

Nilai bagian C dicari dari nilai bagian A yang telah ditambahkan dengan berat beban yang diangkat dan nilai bagian B yang telah ditambahkan *coupling*.

Tabel 3.14. Perhitungan Nilai Bagian C

(Hignett S., and McAtamney L., 2000)

TABLE C													
SCORE B													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7	
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	7	
S	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
C	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
O	5	4	4	4	5	6	7	8	9	9	9	9	9
R	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
E	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
A	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tabel 3.15. Jenis Aktivitas

(Hignett S., and McAtamney L., 2000)

+1	"1 or more body parts are static, e.g. held for longer than 1min"
+1	"Repeated small range actions, e.g. repeated more than 4 times per minute" (not including walking)
+1	"Action causes rapid large range changes in postures or an unstable base"

Adapun perhitungan nilai akhir (*Grand Score*) adalah :

Grand Score = Score C + Nilai aktivitas

Tabel 3.16. Grand Score

(Hignett S., and McAtamney L., 2000)

Action Level	REBA Score	Risk Level	Action (including further assessment)
0	1	Negligible	None necessary
1	2-3	Low	May be necessary
2	4-7	Medium	Necessary
3	8-10	High	Necessary soon
4	11-15	Very high	Necessary NOW

Grand score atau nilai REBA digunakan untuk menganalisis apakah pekerjaan tersebut perlu dilakukan perbaikan atau tidak. Apabila nilai REBA masih tinggi setelah dilakukan perbaikan, maka perlu dilakukan perbaikan lebih lanjut sehingga nilai REBA semakin baik.

3.6. Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan

Studi gerakan diperlukan untuk mendapatkan gerakan-gerakan yang lebih terperinci, terutama untuk mengurangi gerakan yang tidak perlu dan untuk mengatur gerakan sehingga diperoleh urutan kerja yang terbaik. Alat dari suatu studi gerakan yang dapat dipergunakan untuk menemukan gerakan-gerakan yang efisien, yaitu gerakan-gerakan yang diperlukan dalam suatu pekerjaan adalah Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan.

Peta ini menggambarkan semua gerakan-gerakan saat bekerja dan menganggur yang dilakukan oleh tangan kiri dan tangan kanan, serta menunjukkan perbandingan antara tugas yang dibebankan pada tangan kiri dan tangan kanan ketika melakukan suatu pekerjaan. Melalui peta ini kita bisa melihat operasi secara lengkap, sehingga mempermudah perbaikan operasi tersebut. Peta ini sangat praktis untuk memperbaiki suatu pekerjaan manual dimana tiap siklus dari pekerjaan terjadi dengan cepat dan terus berulang. Dengan menggunakan peta ini, kita bisa melihat dengan jelas pola-pola gerakan yang tidak efisien atau adanya pelanggaran terhadap prinsip-prinsip ekonomi gerakan yang terjadi pada saat pekerjaan manual tersebut berlangsung.

Kegunaan peta tangan kiri dan tangan kanan, yaitu :

- a. Menyeimbangkan gerakan kedua tangan dan mengurangi kelelahan. Dengan studi gerakan dan prinsip-prinsip ekonomi gerakan, kita bisa menguraikan suatu pekerjaan menjadi elemen-elemen gerakan yang terperinci. Setiap elemen gerakan dari pekerjaan tersebut dibebankan ke setiap tangan secara seimbang dan memenuhi prinsip ekonomi gerakan.

- b. Menghilangkan atau mengurangi gerakan-gerakan yang tidak efisien dan tidak produktif sehingga mempersingkat waktu kerja. Sasaran ini bisa tercapai dengan bantuan studi gerakan dan prinsip-prinsip ekonomi gerakan.
 - c. Alat untuk menganalisis tata letak stasiun kerja. Percobaan dengan mengubah-ubah tata letak peralatan dapat memperoleh tata letak yang baik ditinjau dari jarak dan waktu dan dapat memperoleh urutan-urutan pengerjaan yang baik sesuai dengan prinsip ekonomi gerakan.
 - d. Sebagai alat untuk melatih pekerja baru, dengan cara kerja yang ideal. Peta tangan kiri dan tangan kanan menunjukkan urutan-urutan pengerjaan yang terbaik sehingga bisa dijadikan penuntun terutama bagi pekerja-pekerja baru, dalam mempercepat proses belajar.
-

3.7. Konsumsi Energi

Kemampuan seorang pekerja dalam melakukan pekerjaan berbeda-beda. Sehubungan dengan pekerjaannya sendiri, terdapat banyak faktor yang mempengaruhi besarnya pengeluaran tenaga selama bekerja. Diantaranya : Cara pelaksanaan kerja, kecepatan kerja, postur kerja, kondisi lingkungan kerja, dan lain-lain. Beban kerja fisik yang berlebihan, yang melebihi daya kerja seseorang sangat berbahaya bagi pekerja karena dapat menimbulkan kecelakaan, selain juga mempengaruhi performansi kerja karena munculnya kelelahan. Pengukuran aktivitas kerja dalam hal ini adalah

mengukur besarnya tenaga yang dibutuhkan oleh seorang pekerja dalam melakukan pekerjaannya serta batas kemampuan pekerja tersebut.

Menurut Astrand dan Rodahl (1977) dan Rodahl (1989) bahwa penilaian beban kerja fisik dapat dilakukan dengan dua metode secara objektif, yaitu metode penilaian langsung dan metode tidak langsung. Metode pengukuran langsung yaitu dengan mengukur energi yang dikeluarkan (*energy expenditure*) melalui asupan oksigen selama bekerja. Semakin berat beban kerja akan semakin banyak energi yang diperlukan atau dikonsumsi. Meskipun metode dengan menggunakan asupan oksigen lebih akurat, namun diperlukan peralatan yang cukup mahal. Sedangkan metode pengukuran tidak langsung adalah dengan menghitung denyut nadi selama aktivitas kerja.

Lebih lanjut Konz (1996) mengemukakan bahwa denyut jantung adalah suatu alat estimasi laju metabolisme yang baik, kecuali dalam keadaan emosi dan vasodilatasi. Pengukuran denyut jantung untuk menilai berat ringannya beban kerja mempunyai kelebihan karena tidak terlalu mengganggu proses kerja dan tidak menyakiti orang yang diperiksa. Kepekaan denyut jantung terhadap perubahan pembebanan yang diterima tubuh cukup tinggi. Denyut jantung akan segera berubah seiring dengan perubahan pembebanan, baik yang berasal dari pembebanan mekanik, fisika maupun kimiawi (Kurniawan, 1995).

Pengukuran denyut jantung selama kerja merupakan suatu metode untuk menilai *cardiovascular strain*. Salah satu peralatan yang dapat digunakan untuk menghitung denyut nadi adalah telemetri dengan menggunakan

rangsangan *Electrocardiograph* (ECG). Apabila peralatan tersebut tidak tersedia, maka dapat dicatat secara manual memakai *stopwatch*.

Dengan metode ini dapat dihitung denyut nadi kerja sebagai berikut :

Pengukuran ini dimaksudkan untuk mencari data perubahan denyut jantung selama melakukan pekerjaan. Pengukuran denyut jantung yang telah diperoleh, kemudian dikonversikan ke dalam konsumsi energi dengan menggunakan rumus :

$$Y = 1,80411 - 0,0229038X + 4,71733 \cdot 10^{-4}X^2 \dots (3.9)$$

Dimana :

Y = Energi (kilokalori/menit)

X = Kecepatan denyut jantung (denyut/menit)

Setelah besaran kecepatan denyut jantung disetarakan dalam bentuk energi, maka konsumsi energi untuk suatu kegiatan kerja tertentu dapat dituliskan dalam bentuk sebagai berikut :

$$KE = Et - Er \dots (3.10)$$

Dimana :

KE = Konsumsi energi (kilokalori/menit)

Et = Pengeluaran energi saat melakukan kerja tertentu (kilokalori/menit)

Er = Pengeluaran energi saat istirahat (kilokalori/menit)

Setelah kita melakukan pengukuran denyut jantung dan konsumsi energi seseorang ketika melakukan kerja tertentu, kita dapat mengklasifikasikan level kerja seseorang melalui tabel berikut :

Tabel 3.17. Klasifikasi Level Kerja (Kroemer et al., 2001)

CLASSIFICATION	TOTAL ENERGY EXPENDITURE		HEART RATE
	IN KJ/MIN	IN KCAL/MIN	IN BEATS PER MINUTE
<i>Light Work</i>	10	2.5	90 or less
<i>Medium Work</i>	20	5	100
<i>Heavy Work</i>	30	7.5	120
<i>Very Heavy Work</i>	40	10	140
<i>Extremely Heavy work</i>	50	12.5	160 or more

3.8. Metode Perancangan

Menurut Cross (1994) metode perancangan adalah tiap-tiap prosedur, teknik, bantuan, atau alat yang digunakan untuk proses perancangan. Metode perancangan merepresentasikan sejumlah aktivitas nyata yang digunakan dan dikombinasikan oleh perancang dalam proses perancangan secara keseluruhan. Beberapa metode perancangan konvensional atau yang biasa digunakan sesuai dengan prosedur normal perancangan adalah menggambar, tetapi ada metode perancangan yang tidak konvensional dan berkembang seiring dengan perkembangan waktu yaitu biasanya lebih di kelompokkan bersama dengan "metode perancangan" itu sendiri.

Tujuan utama dari metode baru ini adalah mencoba untuk membawa prosedur rasional ke dalam proses perancangan. Beberapa dari metode ini merupakan penemuan baru yang diadaptasi dari penelitian operasional, teori keputusan, ilmu manajemen dan

sumber-sumber lainnya dan beberapa merupakan penyederhanaan atau formalisasi dari teknik informal yang biasa digunakan oleh perancang. Metode perancangan dapat diklasifikasikan kedalam dua kelompok yaitu metode kreatif dan metode rasional (Cross, 1994).

3.8.1. Metode Kreatif

Ada beberapa metode perancangan yang bertujuan untuk membantu mendorong pemikiran yang kreatif. Pada umumnya, mereka bekerja dengan mencoba meningkatkan aliran ide, dengan menghilangkan rintangan mental yang dapat menghambat kreativitas, atau dengan cara memperluas area pencarian solusi. Berikut ini adalah metode perancangan dengan menggunakan metode kreatif:

1. *Brainstorming*

Brainstorming adalah metode kreatif yang paling banyak diketahui dan merupakan metode yang dapat menghasilkan sejumlah besar ide-ide, dimana sebagian besar dari ide-ide tersebut akan dibuang, tapi untuk beberapa ide yang menarik akan ditindaklanjuti.

Jumlah orang yang biasanya masuk dalam kelompok *brainstorming* ini adalah sekitar empat sampai delapan orang. Sekelompok orang yang masuk dalam kelompok itu, seharusnya bermacam-macam dan harus memiliki pengetahuan yang cukup terhadap persoalan. Tidak harus ahli, tetapi orang-orang yang mengerti permasalahan tersebut.

2. *Sinektik*

Pemikiran kreatif sering digambarkan pada pemikiran yang analogis terhadap kemampuan untuk melihat persamaan atau mencari hubungan antara topik-topik

yang berbeda. Sama halnya dengan *brainstorming*, sinektik adalah suatu kelompok aktivitas dimana pemberian kritik dikesampingkan, dan anggota kelompok berusaha untuk membangun, mengkombinasikan dan mengembangkan ide-ide untuk memberikan solusi yang kreatif dalam menyelesaikan masalah. Adapun perbedaannya dengan *brainstorming* adalah dalam sinektik, kelompok berusaha bekerja bersama untuk mendapatkan solusi permasalahan tertentu, dibanding harus menghasilkan sejumlah ide-ide yang banyak.

3. Memperluas Ruang Pencarian

Suatu bentuk umum hambatan mental untuk berpikir secara kreatif adalah mengasumsikan adanya batasan yang sempit dalam menyelesaikan permasalahan. Banyak teknik kreatif yang digunakan untuk membantu dalam memperluas ruang pencarian, yaitu : *transformation*, *random input*, *Why? Why? Why?* dan *counter planning*.

3.8.2. Metode Rasional

Metode rasional lebih banyak dianggap sebagai metode perancangan dibandingkan dengan teknik-teknik kreatif, karena dalam metode rasional lebih kearah pendekatan yang sistematis dalam proses perancangannya. Meskipun demikian, metode rasional mempunyai maksud yang sama dengan metode kreatif seperti memperluas ruang pencarian untuk mendapatkan solusi yang potensial, atau adanya suatu kelompok kerja pengambil keputusan. Maka, tidak benar jika metode rasional sangat berlawanan dengan metode kreatif.

Banyak perancang yang merasa khawatir bahwa dengan penggunaan metode rasional dapat mengekang dan

melumpuhkan kreativitasnya. Hal ini merupakan kesalahpahaman terhadap pengertian dari perancangan yang sistematis, yang mana tujuannya adalah untuk memperbaiki kualitas keputusan perancangan dan hasil akhir dari produk. Metode rasional dan metode kreatif merupakan aspek-aspek yang saling melengkapi terhadap pendekatan sistematis perancangan.

Beberapa metode rasional yang paling relevan dan paling luas digunakan, serta mencakup seluruh proses perancangan, yaitu:

1. *Clarifying Objectives*

Langkah pertama yang penting dalam merancang adalah mengklarifikasi tujuan perancangan. Dalam kenyataannya, langkah ini sangat membantu dalam keseluruhan perancangan karena mempunyai ide-ide tujuan yang jelas, walaupun tujuan tersebut dapat berubah selama proses perancangannya.

Metode yang bisa dipakai dalam mengklarifikasi tujuan adalah metode pohon tujuan (*Objectives Tree*). Metode ini memberikan format yang jelas dan berguna untuk menyatakan tujuan. *Objectives Tree* menunjukkan tujuan dan maksud umum untuk pencapaian tujuan yang sedang dalam pertimbangan. Metode ini ditunjukkan dalam bentuk diagram dimana tujuan-tujuan yang berbeda dihubungkan satu sama lain, serta pola hirarki tujuan dan sub tujuan.

Langkah-langkah dalam pembuatan pohon tujuan adalah sebagai berikut:

a. Mempersiapkan daftar tujuan perancangan.

Tujuan perancangan dapat disebut sebagai kebutuhan konsumen (pengguna) atau fungsi dari produk itu

sendiri. Beberapa tujuan perancangan akan dimuat dalam ringkasan perancangan, dengan memberikan pertanyaan kepada pengguna atau dengan melakukan diskusi dalam kelompok.

- b. Menyusun daftar ke dalam tujuan level tinggi dan level rendah.

Pengembangan dari daftar tujuan haruslah jelas karena pentingnya level yang lebih tinggi dibanding yang lainnya. Sub-tujuan dari tujuan level tinggi dapat muncul, dan beberapa pernyataan akan diartikan sebagai pencapaian tujuan yang pasti. Perluasan daftar tujuan dan sub tujuan secara kasar dapat dikelompokkan ke dalam tingkatan hirarki.

- c. Menggambarkan diagram pohon tujuan, yang menunjukkan hubungan hirarkinya.

Cabang-cabang atau akar dalam pohon menggambarkan hubungan yang mengusulkan bagaimana mencapai tujuan.

2. *Establishing Functions*

Salah satu metode yang dipakai pada tahap ini adalah metode analisis fungsi (*Function Analysis*). Metode ini menawarkan cara-cara untuk mempertimbangkan fungsi-fungsi dasar dan tujuan tingkat masalahnya.

Prosedur-prosedur dari metode ini adalah:

- a. Menjelaskan keseluruhan fungsi perancangan dalam hal perubahan *input* menjadi *output*.

Awal dari metode ini adalah menetapkan apa yang harus dicapai dengan desain yang baru, bukan bagaimana mencapainya. Cara yang paling sederhana

untuk memperlihatkan hal ini adalah dengan membayangkan produk yang akan dirancang sebagai 'kotak hitam' sederhana yang mengubah input tertentu menjadi output yang diinginkan.

- b. Memecah keseluruhan fungsi menjadi sub-fungsi dasar.

Proses perubahan input menjadi output dalam 'kotak hitam' adalah hal yang rumit. Oleh karena itu fungsi dalam 'kotak hitam' dipecah menjadi beberapa sub fungsi yang memiliki input dan output sendiri.

- c. Menggambarkan diagram blok yang menggambarkan interaksi antara sub fungsi.

Kotak hitam (*Black Box*) dibuat 'tembus pandang', jadi sub fungsi dan hubungan dan menjadi jelas.

- d. Menggambarkan batas sistem.

Batas sistem diartikan sebagai batasan bagi produk yang akan dirancang.

- e. Mencari komponen yang tepat untuk menampilkan sub fungsi dan interaksinya.

Pada tahap ini dicari komponen yang sesuai untuk tiap sub fungsi.

3. *Setting Requirements*

Metode yang dipakai pada tahap ini adalah *The Performance Spesification Methods*. Metode ini bertujuan membantu menemukan masalah perancangan. Langkah-langkah metode ini adalah sebagai berikut:

- a. Menimbang perbedaan tingkatan umum penyelesaian yang dapat diterima.

Misal ada beberapa pilihan alternatif produk, tipe produk dan ciri-ciri produk.

- b. Menentukan tingkatan umum yang nantinya akan dioperasikan. Keputusan ini biasanya dibuat oleh konsumen. Tingkatan umum yang lebih tinggi memberikan kebebasan yang lebih untuk perancangan.
- c. Mengidentifikasi atribut yang dibutuhkan. Atribut harus dinyatakan secara bebas untuk solusi tertentu.
- d. Menyebutkan persyaratan yang diperlukan atribut dengan tepat dan teliti. Bila dimungkinkan, spesifikasi harus dalam bentuk kuantitatif dan mengidentifikasikan jarak antar batas

4. *Determining Characteristics*

Dalam tahapan ini salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Quality Function Deployment (QFD)*. Tujuannya untuk menetapkan target yang akan dicapai oleh karakteristik teknis produk yang dapat memenuhi keinginan konsumen.

Prosedur yang dilalui dalam pembentukan *Quality Function Deployment (QFD)* adalah:

- a. Mengidentifikasikan keinginan konsumen terhadap atribut produk.

Suara konsumen dihargai dan keinginan konsumen bukan merupakan subjek untuk diterjemahkan oleh tim desain.

- b. Menentukan atribut yang relatif penting

Teknik pemberian rangking atau penempatan nilai dapat digunakan untuk membantu menentukan bobot relatif yang harus didampingkan dengan berbagai atribut. Persentase bobot normal digunakan.

c. Mengevaluasi atribut terhadap produk pesaing

Nilai performansi untuk produk pesaing dan produk hasil rancangan tim desain harus terdaftar pada keinginan konsumen.

d. Menggambar matrik atribut produk dalam karakteristik teknik

Termasuk semua karakteristik teknik yang mempengaruhi sejumlah atribut produk dan memastikannya untuk dapat disampaikan dalam unit-unit yang dapat diukur.

e. Mengidentifikasi hubungan antara karakteristik teknik dengan atribut produk

Kekuatan hubungan dapat diidentifikasi dengan simbol atau nomor, penggunaan nomor mempunyai beberapa keuntungan, tetapi dapat memperkenalkan sebuah keakuratan palsu.

f. Mengidentifikasi beberapa hubungan yang relevan antara karakteristik teknik

Atap rumah dari *House of Quality* menguntungkan pengecekan, tetapi tergantung terhadap perubahan dalam konsep desain.

g. Mengatur target figur yang dapat dicapai untuk karakteristik teknik

Menggunakan informasi dari produk pesaing atau percobaan dengan konsumen-konsumennya.

5. *Generating Alternatives*

Pada tahap ini mulai dicari solusi-solusi yang mungkin. Metode yang bisa dipakai adalah

Morphological Chart Method. *Morphological chart* ini berguna untuk memperluas daerah pencarian solusi baru yang potensial dalam pengembangan alternatif (Cross, 1994). Tujuan dari pembangkitan alternatif adalah untuk membangkitkan solusi-solusi rancangan alternatif atau memperluas ruang pencarian terhadap solusi-solusi baru yang potensial. Kombinasi yang berbeda dari sub solusi dapat dipilih dari *morphological chart*, dan diharapkan dapat memunculkan solusi baru yang belum pernah teridentifikasi sebelumnya.

Langkah-langkah dalam pembuatan Peta Morphologi (*Morphology Chart*) adalah sebagai berikut:

- a. Membuat daftar fitur atau fungsi yang penting bagi produk.
- b. Membuat daftar cara-cara untuk mencapai fitur atau fungsi tersebut.
- c. Menggambarkan bagan yang memuat semua sub solusi yang memungkinkan.
- d. Mengidentifikasi kombinasi sub solusi yang memungkinkan.

6. *Evaluating Alternatives*

Dalam evaluasi alternatif ini nantinya akan terpilih alternatif terbaik dari kombinasi-kombinasi alternatif yang ada. Metode yang digunakan adalah metode *weighted objectives* (pembobotan obyektif). Metode *weighted objectives* menyediakan peralatan untuk memperkirakan dan membandingkan alternatif perancangan yang menggunakan perbedaan pembobotan obyektif. Tujuan dari metode ini untuk mengambil suatu keputusan alternatif dalam pengembangan

alternatif-alternatif yang sudah ada (Cross, 1994). Pemilihan dilakukan berdasarkan jumlah dari score dikalikan bobot yang menghasilkan angka terbesar.

Langkah-langkah yang dibutuhkan dalam pengerjaan metode *weighted objectives*:

a. Membuat daftar tujuan perancangan.

Pohon objektif dapat juga sebagai tambahan berguna untuk metode ini.

b. Mengurutkan tingkatan tujuan.

Perbandingan dapat membantu menyusun urutan tingkatan.

c. Menentukan pembobotan relatif tujuan.

d. Menyusun nilai kegunaan untuk setiap tujuan.

e. Menghitung dan membandingkan nilai kegunaan relatif perancangan alternatif.

7) *Improving Details*

Perancangan tidak selalu berarti penciptaan desain yang benar-benar baru, tetapi dapat juga membuat modifikasi dari desain produk yang sudah ada. Modifikasi yang dilakukan biasanya diklasifikasikan dalam satu dari dua tipe yang ada yaitu modifikasi yang lebih pada meningkatkan nilai bagi pembeli atau mengurangi biaya bagi produsen. Metode yang relevan untuk penyempurnaan rancangan adalah *Value engineering* yang difokuskan pada nilai fungsional, dan bertujuan untuk meningkatkan atau mempertahankan nilai produk bagi konsumen tetapi juga sekaligus mengurangi biaya yang harus dikeluarkan produsen.

Beberapa tahapan yang perlu dilakukan dalam teknik *value engineering* adalah :

- a. Pembuatan daftar komponen-komponen produk, identifikasi fungsi dari setiap komponen.
- b. Perbandingan nilai dari setiap fungsi yang telah diidentifikasi (nilai disini adalah nilai yang dirasakan oleh konsumen).
- c. Perbandingan biaya dari setiap komponen (setelah komponen selesai dirakit).
- d. Pencarian solusi untuk pengurangan biaya tanpa pengurangan performansi/nilai fungsional produk atau penambahan performansi/nilai fungsional produk tanpa penambahan biaya. Dalam hal perlu adanya suatu teknik kreatif yang kritis.
- e. Pengevaluasian alternatif dan pemilihan pengembangan yang dilakukan.

3.9. Analisis Teknik

3.9.1. Gaya

Gaya (F) didefinisikan sebagai aksi suatu benda terhadap benda lainnya. Gaya merupakan besaran vektor, karena akibat yang ditimbulkan bergantung pada arahnya. Selain itu suatu gaya harus memiliki spesifikasi lengkap, yaitu memiliki besar, arah, dan titik kerja. Gaya mungkin saja terpusat atau terdistribusi. Sesungguhnya setiap gaya kontak bekerja pada suatu luasan kecil tertentu dan karenanya merupakan gaya terdistribusi. Apabila dimensi luasan tersebut sangat kecil dibandingkan dimensi-dimensi lain dari benda yang bersangkutan, dapat dianggap sebagai gaya terpusat pada suatu titik.

Berat suatu benda adalah gaya tarikan gravitasi yang terdistribusi pada volumenya dan dapat dikatakan

sebagai gaya terpusat yang bekerja melalui titik berat benda yang bersangkutan. Rumus untuk menghitung gaya berat jika massanya telah diketahui:

$$W = mg. \dots \dots \dots (3.11)$$

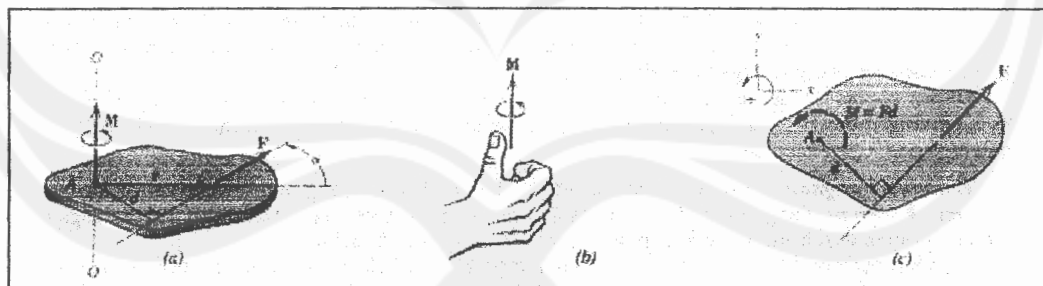
w = Gaya berat (N)

m = Massa (kg)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

3.9.2. Momen

Sebuah gaya cenderung untuk menggerakkan suatu benda pada arah kerjanya. Selain itu sebuah gaya juga cenderung untuk memutar suatu benda terhadap suatu sumbu. Sumbu ini dapat merupakan sembarang garis yang tidak berpotongan maupun sejajar dengan garis kerja gaya tersebut. Kecenderungan untuk berotasi ini disebut sebagai *momen M* dari gaya tersebut. Momen juga dikenal sebagai *puntiran (torque)*.



Gambar 3.7. Gaya dan Arah Momennya

Gambar 3.7a. menunjukkan sebuah benda dua-dimensi yang dikenai gaya **F** pada bidangnya. Besar momen atau kecenderungan gaya untuk memutar benda pada sumbu O-O yang tegak lurus terhadap bidang benda tersebut adalah sebanding dengan besar gaya dan lengan momen **d**, yang merupakan jarak tegak lurus dari sumbu terhadap garis

kerja gaya. Oleh karena itu besar momen di definisikan sebagai:

$$M = \Sigma (Fd) \dots \dots \dots (3.12)$$

M = Momen (Nmm)

F = Gaya (N)

d = Jarak tegak lurus gaya terhadap titik momen (mm)

Pada saat menghadapi gaya-gaya yang semuanya bekerja pada satu bidang, biasanya kita membayangkan sebuah momen terhadap suatu titik. Sesungguhnya momen terhadap suatu sumbu yang tegak lurus terhadap bidang dan melalui titik tersebut secara tak langsung telah dinyatakan. Jadi momen akibat gaya **F** terhadap titik A dalam Gambar 3.7c. mempunyai besar $M = Fd$ dan berlawanan dengan arah jarum jam. Arah momen dapat ditentukan dengan menggunakan konversi tanda, misalnya tanda (+) untuk yang berlawanan dengan jarum jam dan tanda (-) untuk yang searah dengan jarum jam, atau sebaliknya. Konversi tanda yang konsisten dalam suatu persoalan sangat penting.

3.9.3. Tegangan Tekuk

Batang-batang yang ramping dan menahan beban tekan atau putar mempunyai kemungkinan tertekuk. Setelah mempertimbangkan perhitungan mektek di atas, maka dapat menentukan tegangan tekuk (*buckling*) maksimum (σ_k) dengan rumus seperti persamaan di bawah ini :

$$\sigma_k = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} \dots \dots \dots (3.13)$$

dengan :

σ_k = tegangan tekuk

E = modulus elastisitas

λ = koefisien kerampingan (L_k/i)

dengan =

L_k = Panjang poros

i = jari-jari inersia

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \dots \dots \dots (3.14)$$

$$i = \sqrt{\frac{\pi/64 \times d^4}{\pi/4 \times d^2}} \dots \dots \dots (3.15)$$