

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Peneliti-peneliti terdahulu sudah banyak melakukan perancangan fasilitas kerja. Tujuan penelitian terdahulu pada dasarnya sama yaitu untuk memperbaiki fasilitas kerja sebelumnya yang tidak sesuai dengan postur tubuh dan juga memberikan nilai tambah atau multifungsi. Nofirza & Zulinf (2011) melakukan perancangan alat bermain dan belajar dan mengevaluasi ukuran awal mainan dengan ukuran hasil analisis antropometri. Nurkertamanda dkk (2006) melakukan perancangan fasilitas meja dan kursi untuk anak-anak dengan memperhatikan dimensi anthropometri dan metode QFD. Herawati dan Pawitra (2013) melakukan evaluasi data antropometri pada anak rentang usia 4-6 tahun yang akan digunakan sebagai dasar melakukan perancangan fasilitas oleh perancang lainnya.

Nofirza & Zulinf (2011) melakukan perancangan fasilitas bermain dan belajar di Suatu TK. Perancangan fasilitas dilakukan dengan analisis antropometri. Data antropometri yang didapat diolah dengan uji kecukupan, keseragaman dan kenormalan lalu didapatkan nilai persentil untuk ukuran perancangan. Data ukuran mainan hasil analisis antropometri dibandingkan dengan data ukuran mainan awal untuk mengetahui perbedaannya.

Nurkertamanda dkk (2006) melakukan perancangan fasilitas meja dan kursi untuk anak-anak. Dasar perancangan dilakukan dengan memperhatikan aspek ukuran tubuh anak usia 4-6 tahun. Tahapan penyesuaian rancangan meja dan kursi dengan keinginan anak dilakukan dengan menggunakan metode Quality Function Deployment (QFD).

Herawati dan Pawitra (2013) melakukan evaluasi data antropometri anak-anak. Rentang umur yang dievaluasi adalah umur 4-6 tahun. Data evaluasi ukuran yang didapatkan akan diuji guna mengetahui ada tidaknya perbedaan antropometri antara anak laki-laki dan perempuan Hasil data yang sudah diuji akan digunakan sebagai evaluasi rancangan fasilitas anak-anak. Fasilitas yang dievaluasi adalah meja komputer yang biasa digunakan oleh anak-anak. Data

yang ada juga bias dijadikan acuan untuk melakukan perancangan fasilitas anak-anak yang lain.

2.1.2. Penelitian Sekarang

Penelitian sekarang dilakukan di Taman Kanak-kanak (TK) Kanisius Pingitan. Tujuan penelitian adalah untuk merancang dan membuat fasilitas baru berupa Lemari . Perancangan lemari pada penelitian ini bertujuan untuk menampilkan hasil karya peserta didik dan dapat digunakan dengan nyaman pada kegiatan belajar mengajar oleh peserta didik. Metode perancangan yang digunakan adalah metode rasional. Metode ini memiliki tahapan sistematis sehingga dapat merancang fasilitas yang sesuai dengan keinginan pengguna. Dalam tahapan metode rasional, juga menggunakan alat untuk menentukan keinginan konsumen yaitu QFD (*Quality Function Deployment*). Penelitian sekarang menggunakan analisis yang berbeda dikarenakan penelitian berupa perancangan fasilitas baru. Analisis yang digunakan berupa analisis REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) sebagai alat untuk menilai resiko postur kerja. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil skor REBA awal saat peserta didik menggunakan fasilitas lemari awal dengan hasil skor REBA saat peserta didik menggunakan fasilitas lemari hasil rancangan.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Konsep Ergonomi

Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara manusia dengan dan elemen-elemen lain dalam suatu sistem dan pekerjaan yang mengaplikasikan teori, prinsip, data dan metode untuk merancang suatu sistem yang optimal, dilihat dari sisi manusia dan kinerjanya. Ergonomi memberikan sumbangan untuk rancangan dan evaluasi tugas, pekerjaan, produk, lingkungan dan sistem kerja, agar dapat digunakan secara harmonis sesuai dengan kebutuhan, kemampuan dan keterbatasan manusia (Anonim, 2011). Ergonomi adalah ilmu, seni dan penerapan teknologi untuk menyasikan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik (Tarwaka dkk,2004).

Penerapan kajian ilmu ergonomi bertujuan guna meningkatkan kualitas hidup manusia pada kondisi lingkungan kerja sosial dan sekitarnya. Menurut Tarwaka dkk (2004) tujuan ergonomi secara umum adalah sebagai berikut:

- a. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.
- b. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial, mengelola dan mengkoordinir kerja secara tepat guna serta meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.
- c. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek yaitu aspek teknis, ekonomis, antropologis dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan.

2.2.2. Antropometri

Menurut Nurmiyanto (2003) salah satu bidang keilmuan ergonomi adalah antropometri yaitu suatu studi yang berhubungan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Antropometri secara lebih luas digunakan sebagai pertimbangan ergonomis dalam proses perencanaan produk maupun sistem kerja yang memerlukan interaksi manusia. Data antropometri akan diaplikasikan secara lebih luas antara lain dalam hal:

- a. Perancangan area kerja (*work station*)
- b. Perancangan alat kerja seperti mesin, *equipment* perkakas (*tools*)
- c. Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, kursi, meja dan sebagainya
- d. Perancangan lingkungan fisik.

Antropometri adalah pengetahuan yang menyangkut pengukuran tubuh manusia khususnya dimensi tubuh. Antropometri dibagi atas dua bagian, yaitu:

a. Antropometri statis

Pengukuran manusia pada posisi diam dan linier pada permukaan tubuh. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi dimensi tubuh manusia yang akan dijelaskan sebagai berikut:

i. Umur

Ukuran tubuh manusia akan berkembang dari saat lahir sampai sekitar 20 tahun untuk pria dan 17 tahun untuk wanita. Ada kecenderungan berkurang setelah 60 tahun.

ii. Jenis kelamin

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

iii. Suku bangsa (etnis)

Dimensi tubuh suku bangsa negara barat lebih besar jika dibandingkan dengan dimensi tubuh suku bangsa negara Timur.

iv. Sosio ekonomi

Tingkat sosio ekonomi sangat mempengaruhi dimensi tubuh manusia. Pada negara- negara maju dengan tingkat sosio ekonomi tinggi mempunyai dimensi tubuh yang lebih besar dibandingkan dengan negara-negara berkembang.

b. Antropometri dinamis

Maksud antropometri dinamis adalah pengukuran keadaan dan ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan bergerak atau memperhatikan gerakan-gerakan yang mungkin terjadi saat pekerja tersebut melaksanakan kegiatannya. Terdapat 3 kelas pengukuran antropometri dinamis, yaitu:

- i. Pengukuran tingkat keterampilan sebagai pendekatan untuk mengerti keadaan mekanis dari suatu aktivitas. Contoh dalam mempelajari performansi atlet.
- ii. Pengukuran jangkauan ruang yang dibutuhkan saat kerja. Contoh jangkauan dari gerakan tangan dan kaki efektif pada saat bekerja, yang dilakukan dengan berdiri atau duduk.
- iii. Pengukuran variabilitas kerja. Contoh analisis kinematika dan kemampuan jari-jari tangan dari seorang juru ketik atau operator komputer.

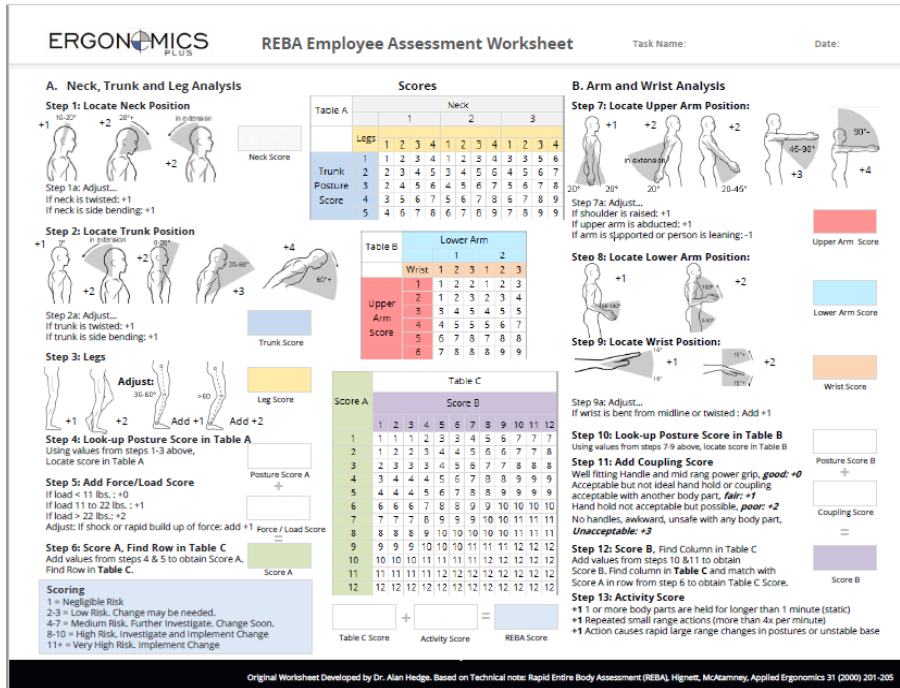
2.2.3. Pertimbangan Antropometri dalam Perancangan Fasilitas

Setiap desain produk, baik produk yang sederhana maupun produk yang sangat rinci, diharuskan berdasarkan antropometri penggunanya. Antropometri adalah pengukuran dimensi tubuh yang relevan dengan desain mengenai sesuatu yang dipakai oleh individu (Pulat & Alexander, 1992) . Menurut Kroemer (2010) tahapan perancangan sistem kerja dengan memperhatikan faktor antropometri adalah sebagai berikut

- a. Menentukan kebutuhan perancangan dan kebutuhannya (*establish requirement*)
- b. Mendefinisikan dan mendiskripsikan populasi pemakai
- c. Pemilihan sampel yang akan diambil datanya
- d. Penentuan kebutuhan data (dimensi tubuh yang akan diambil).
- e. Penentuan dimensi tubuh yang akan diambil dan pemilihan persentil yang akan dipakai
- f. Penyiapan alat ukur yang akan dipakai
- g. Pengambilan data
- h. Pengolahan data
 - i. Uji kenormalan data
 - ii. Uji keseragaman data
 - iii. Uji kecukupan data
- i. Perhitungan persentil data
- i. Visualisasi rancangan dengan memperhatikan:
 - i. Posisi tubuh secara normal
 - ii. Kelonggaran (pakaian dan ruang)
 - iii. Variasi gerak
- j. Analisis hasil rancangan

2.2.4. REBA (Rapid Entire Body Assessment)

REBA merupakan satu dari sekian metode yang digunakan untuk menganalisis postur tubuh pekerja. Metode ini dikembangkan oleh Dr. Sue Hignett dan Dr. Lynn Mc Atamney yang merupakan seorang ergonomis dari *University of Nottingham's Institute of Occupational Ergonomics*. *Rapid Entire Body Assessment* adalah sebuah metode dalam bidang ergonomi yang digunakan secara cepat untuk mengukur postur leher, punggung, lengan, pergelangan tangan dan kaki seseorang.



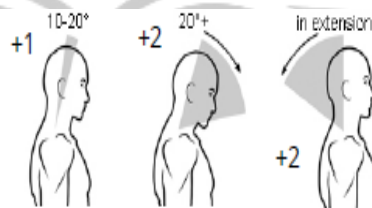
Gambar 2.1. Lembar Penilaian REBA

Sumber : (Sue. & Lynn., 2000)

Pemberian skor pada metode REBA juga dipengaruhi oleh faktor ada tidaknya *coupling*, beban tambahan saat aktivitas. REBA terbagi menjadi 2 grup, yaitu grup A (punggung, leher dan kaki) dan grup B (lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan). Detail penjelasan tiap grup adalah sebagai berikut:

a. Grup A (Analisis Leher, Batang Tubuh dan Kaki)

i. Leher

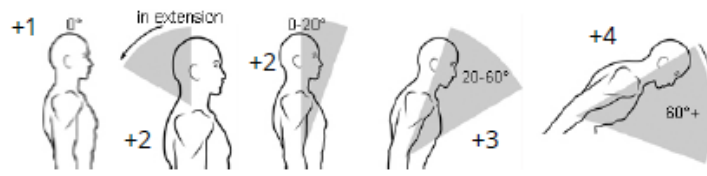


Gambar 2.2 Postur Leher

Tabel 2.1. Panduan Skor Postur Leher

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
0-20°	1	+1 jika leher berputar/bengkok
>20° -ekstensi	2	

ii. Batang Tubuh



Gambar 2.3. Postur Batang Tubuh

Tabel 2.2. Panduan Skor Postur Batang Tubuh

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
Posisi Normal	1	+1 jika batang tubuh berputar/bengkok/bungkuk
0-20° (ke depan dan belakang)	2	
<-20° atau 20-60°	3	
>60°	4	

iii. Kaki



Gambar 2.4. Postur Kaki

Tabel 2.3. Panduan Skor Postur Kaki

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
Posisi normal/seimbang (berjalan/duduk)	1	+1 jika lutut menyudut antara 30-60°, +2 jika lutut menyudut >60°
bertumpu pada satu kaki lurus	2	

Skoring masing-masing akan diplot kan kedalam Tabel A untuk mendapatkan skor. Penentuan skor untuk Tabel A dengan menggunakan Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Skoring Tabel A (Grup A)

Tabel A	Neck												
	legs	1				2				3			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	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

Skor untuk grup A secara keseluruhan didapatkan dari penambahan skor dari Tabel A dengan nilai pembebanan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Penilaian Pembebanan

Pergerakan	Skor	Skor Penambahan
< 5 kg	+0	+1 jika kondisi objek dalam keadaan kaget/ <i>schock</i>
5-10 kg	+1	
>10 kg	+2	

b. Grup B (Analisis Tangan dan Pergelangan Tangan)

i. Lengan Atas



Gambar 2.5. Postur Lengan Atas

Tabel 2.6. Panduan Skor Postur Lengan Atas

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
20° (ke depan dan belakang)	1	+1 jika bahu naik, +1 jika lengan berputar/bengkok, -1 jika lengan menyangga berat
> 20° (ke belakang) atau 20-45°	2	
45-90°	3	
>90°	4	

ii. Lengan Bawah

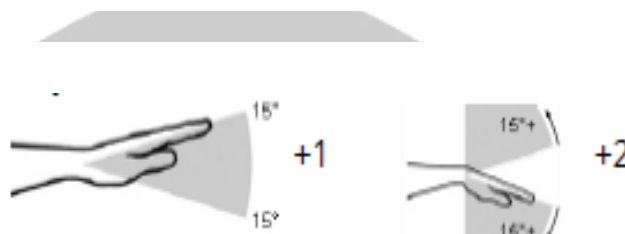


Gambar 2.6. Postur Lengan Bawah

Tabel 2.7. Panduan Skor Postur Lengan Bawah

Pergerakan	Skor
60-100°	1
<60° atau >100°	2

iii. Pergelangan Tangan



Gambar 2.7. Postur Lengan Bawah

Tabel 2.8. Panduan Skor Postur Lengan Atas

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
0-15° (ke atas dan bawah)	1	+1 jika pergelangan tangan berputar menjauhi sisi tengah
>15° (ke atas dan bawah)	2	

Skoring masing-masing akan diplot ke dalam tabel B untuk mendapatkan skor. Penentuan skor untuk Tabel B dengan menggunakan Tabel 2.9.

Tabel 2.9. Skoring Tabel B (Grup B)

Tabel B	Lengan Bawah						
	Pergelangan tangan	1			2		
		1	2	3	1	2	3
Lengan atas	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	5	7	8	8	8	9	9

Nilai grup B didapatkan dari penambahan skor Tabel B dengan nilai genggamannya. Pemberian nilai genggamannya dapat dilihat pada Tabel 2.10. berikut.

Tabel 2.10. Penilaian Genggaman

Pergerakan	Skor
Kondisi baik, pegangan mudah di genggam	+0
Cukup baik, pegangan cukup baik tapi tidak ideal	+1
Kurang baik, pegangan tidak baik meskipun dapat digunakan	+2
Tidak aman / tidak ada pegangan	+3

Skor akhir didapatkan dari gabungan nilai akhir grup A dan grup B yang diplotkan pada tabel C. Tabel C dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11. Skoring Tabel C

Skor A	Tabel C											
	Skor 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	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
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
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

Skor REBA didapatkan dari skor Tabel C dijumlahkan dengan skor penilaian aktivitas. Skor penilaian aktivitas dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12. Penilaian Aktivitas

Pergerakan	Skor
Jika satu atau lebih bagian tubuh pada posisi statis, misalkan postur tetap selama lebih dari 1 (satu) menit	1
Jika terjadi aktivitas yang berulang pada area yang relatif kecil, seperti berulang lebih dari 4 kali per menit (tidak termasuk aktivitas berjala)	1
Jika aktivitas menyebabkan perubahan besar atau pada pijakan yang tidak stabil	1

Hasil skor REBA yang sudah didapatkan akan diklasifikasikan menurut level resikonya. Berikut adalah Tabel panduan klasifikasi resiko untuk skor akhir REBA.

Tabel 2.13. Kategori Skor REBA

Skor	Level Tindakan	Kategori	Tindakan
1	0	resiko minimum	tidak perlu
2-3	1	resiko kecil	mungkin perlu dilakukan tindakan
4-7	2	resiko sedang	perlu investigas lanjut, dilakukan perubahan segera
8-10	3	resiko tinggi	investigasi dan dilakukan tindakan dalam waktu dekat
11+	4	resiko sangat tinggi	perlu penindakan sekarang juga

2.2.5. Metode Perancangan

Metode perancangan suatu produk/fasilitas adalah suatu metode yang mencakup tentang prosedur, teknik, alat bantu yang mempresentasikan sejumlah aktivitas yang digunakan oleh perancang dalam proses perancangan secara keseluruhan. Terdapat 2 metode perancangan yaitu metode kreatif dan metode rasional (Cross, 2005).

a. Metode Kreatif

Metode kreatif adalah metode perancangan yang bertujuan untuk membantu menstimulasi pemikiran kreatif dengan cara meningkatkan gagasan, menyisihkan hambatan mental terhadap kreativitas atau dengan cara memperluas area pencarian solusi. metode ini terdiri dari 2 tahap, yaitu brainstorming dan sinektik.

i. *Brainstorming*

Metode ini bertujuan untuk merangsang pemikiran sekelompok orang untuk memunculkan gagasan dengan cepat. Perancang yang terlibat harus mengerti persoalan yang dihadapi dan diharapkan tiap orang memunculkan gagasan sebanyak-banyaknya. Kegiatan ini disarankan untuk berlangsung tidak lebih dari 30 menit.

ii. *Synectic*

Sinektik yang berarti strategi mempertemukan berbagai macam unsur untuk didapatkan satu pandangan baru. Metode ini biasa digunakan untuk mengembangkan kreativitas. Salah satu ciri dalam menggunakan metode ini adalah pembangkitan analogi. Dalam perancangan, metode sinektik berarti

metode untuk mengombinasikan dan mengembangkan kumpulan ide-ide untuk menjadikannya satu solusi yang kreatif terhadap permasalahan dalam perancangannya.

iii. *Removing Mental Blocks* (Memperluas ruang pencarian)

Pembatasan dalam mencari ide-ide kreatif akan menjadi penghambat dalam merancang dan sulit mencari solusi yang tepat. Perlu dilakukan perluasan untuk memperoleh hasil yang optimal. Beberapa metode dalam perluasan pencarian adalah transformasi, input acak, *why?why?why?*, *counter planning*.

b. Metode Rasional

Metode rasional adalah metode perancangan yang menggunakan sumber ide/gagasan berdasarkan hasil konsep produk pada metode kreatif. Metode ini menekankan pada pendekatan sistematis pada perancangan. Hampir sama dengan metode kreatif, metode rasional juga memperluas ruang pencarian dan memperoleh solusi yang tepat. Tujuan dalam metode ini adalah untuk meningkatkan kualitas perancangan dan produk akhir. Biasanya metode ini menggunakan 2 metode, yaitu menggunakan *checklist* untuk daftar pertanyaan mengenai apa saja yang harus dilakukan perancang dan menggunakan 7 tahapan perancangan. Proses perancangan dalam metode rasional yang paling relevan dapat diuraikan pada 7 tahapan berikut:

i. Klarifikasi Tujuan (*Clarifying Objectives*)

Tahapan pertama pada metode rasional adalah klarifikasi tujuan. Pada tahap ini, perancang dituntut untuk memperjelas tujuan perancangan. Kumpulan tujuan yang sudah dijelaskan nantinya akan diklarifikasikan dan dihubungkan satu sama lain. Tahap ini menggunakan metode bantuan untuk mengklarifikasikan tujuan yang ada yaitu pohon tujuan (*Objective Tree*). Adapun prosedur dalam pembuatan pohon tujuan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan daftar rancangan tujuan

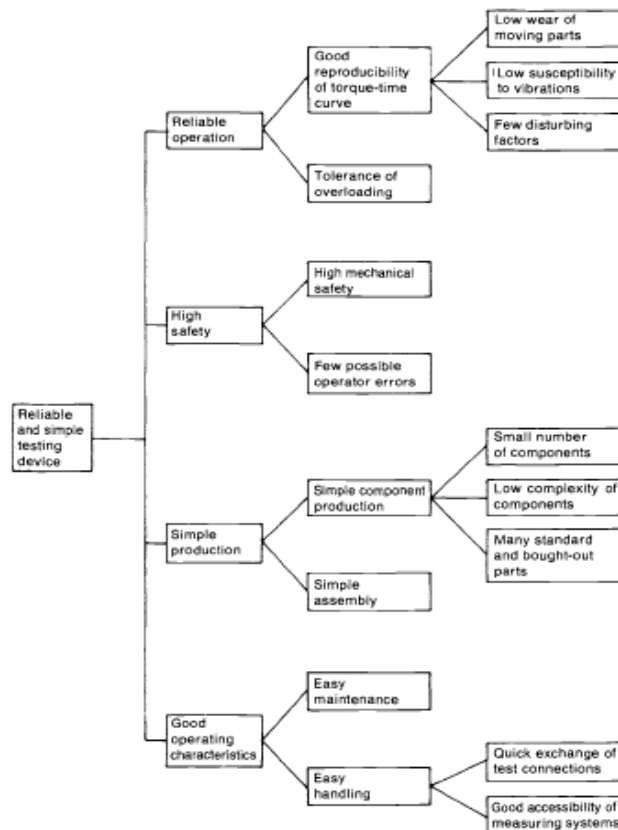
Rancangan tujuan diambil dari tujuan tujuan yang sudah terkumpul, baik dari observasi, pertanyaan pelanggan dan diskusi dalam anggota perancang.

2. Mengurutkan daftar rancangan secara objektif dari level tertinggi ke level terendah

Pengelompokan daftar tujuan dan sub tujuan dikelompokkan dalam tingkat hierarki

3. Menggambar diagram pohon tujuan

Pohon tujuan yang digambar akan dihubungkan berdasarkan keterkaitannya. Akar dalam diagram menunjukkan keterkaitan dalam mencapai tujuan. Berikut adalah contoh dari pohon diagram:



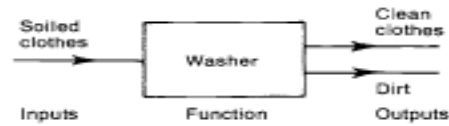
Gambar 2.8. Pohon Diagram (Cross,2005)

ii. Penetapan Fungsi (*Establishing Functions*)

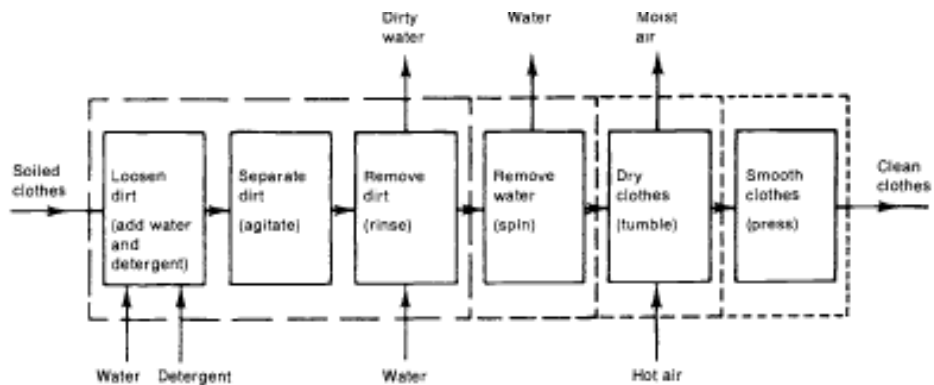
Setelah seluruh tujuan diklarifikasikan, langkah berikutnya adalah menetapkan fungsi. Penetapan fungsi bertujuan untuk menetapkan batasan-batasan dalam merancang produk yang baru. Metode yang relevan untuk tahap ini adalah analisis fungsional. Metode ini akan dijelaskan pada tahapan berikut:

1. Menentukan fungsi perancangan dalam perubahan input menjadi output (*Black Box*)
2. Membagi fungsi kebeberapa sub fungsi
3. Menggambar *block diagram* yang menjelaskan keterkaitan antar sub fungsi (*Transparent box*)

4. Menentukan batasan sistem
5. Mencari komponen yang tepat untuk setiap sub fungsi yang saling berkaitan.



Gambar 2.9. Black box (Cross,2005)



Gambar 2.10 Transparent box (Cross,2005)

iii. Penetapan Spesifikasi (*Setting Requirements*)

Tahapan ini bertujuan untuk membuat spesifikasi kinerja yang akurat dari suatu solusi rancangan yang diperlukan. Adapun tahapan dalam penetapan spesifikasi sebagai berikut:

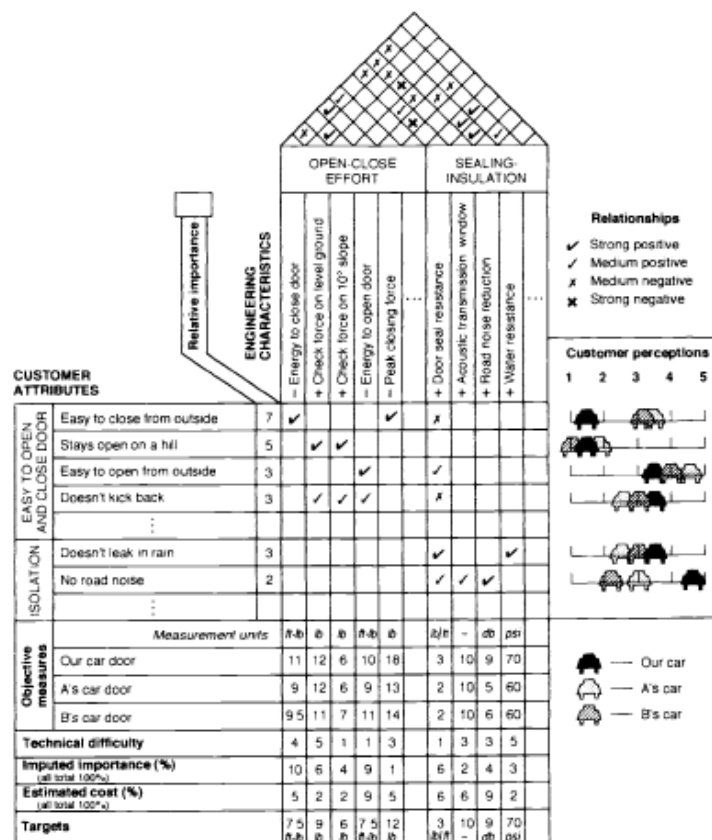
1. Mempertimbangkan perbedaan tingkat generalisasi solusi yang dapat diterapkan
2. Menentukan tingkat generalisasi yang dilakukan
3. Identifikasi atribut kinerja yang diperlukan
4. Menyatakan secara ringkas spesifikasi yang diperlukan untuk tiap atribut (diharapkan spesifikasi yang sudah dinyatakan berupa kuantitatif)

iv. Penentuan Karakteristik (*Determining Characteristics*)

Tahapan ke empat ini adalah tahapan dimana perancang akan menetapkan target teknis yang akan dicapai oleh karakteristik teknis suatu produk sehingga produk dapat memenuhi kebutuhan konsumen. Metode yang relevan pada tahapan ini adalah QFD (*Quality Function*

Deployment). Berikut akan dijelaskan prosedur dalam pembuatan QFD suatu produk :

1. Identifikasi kebutuhan pelanggan (*Voice of Customer*) dalam hal atribut produk.
2. Menentukan tingkatan kepentingan relatif pada atribut yang ada. Metode yang digunakan biasanya *rank-ordering/ point-allocation*.
3. Evaluasi setiap atribut terhadap produk.
4. Menggambar matriks atribut produk terhadap karakteristik teknik. Dalam prosedur ini, semua karakteristik tersebut dinyatakan dalam satuan terukur.
5. Identifikasi hubungan antara karakteristik teknik dengan atribut produk. Biasanya menggunakan simbol (+),(++),dan (-) .
6. Identifikasi interaksi yang relevan diantara karakteristik teknik. Dilakukan pada bagian atas (atap) *House of Quality*.
7. Menetapkan target ukuran yang akan dicapai oleh karakteristik teknik. Prosedur ini biasanya menggunakan perbandingan dengan produk kompetitor.



Gambar 2.11. Contoh HOQ pada Pintu Mobil (Cross, 2005)

v. Pembangkitan Alternatif (*Generating Alternatives*)

Tahapan ini bertujuan untuk membangkitkan solusi-solusi rancangan alternatif dan memperluas pencarian terhadap solusi yang lebih berpotensi. Metode yang relevan untuk tahapan ini adalah peta porfologi.

Berikut prosedur untuk tahapan pembangkitan alternatif :

1. Menyusun daftar fungsi esensial produk. Daftar dibuat dengan singkat tetapi harus menyangkup fungsi produk secara korehensif.
2. Menyusun daftar yang mungkin dapat digunakan.
3. Menggambarkan peta yang berisi solusi dan sub solusi yang memungkinkan.
4. Identifikasi kombinasi sub-solusi yang mungkin.

Tabel 2.14. Contoh Peta Morfologi pada Perancangan Produk Forklift Truck dengan Menghasilkan Sebuah Solusi (Cross, 2005)

Feature	Means				
Support	Wheels	Track	Air cushion	Slides	Pedipulators
Propulsion	Driven wheels	Air thrust	Moving cable	Linear induction	
Power	Electric	Petrol	Diesel	Bottled gas	Steam
Transmission	Gears and shafts	Belts	Chains	Hydraulic	Flexible cable
Steering	Turning wheels	Air thrust	Rails		
Stopping	Brakes	Reverse thrust	Ratchet		
Lifting	Hydraulic ram	Rack and pinion	Screw	Chain or rope hoist	
Operator	Seated at front	Seated at rear	Standing	Walking	Remote control

vi. Evaluasi Alternatif (*Evaluating Alternatives*)

Tahapan ini digunakan untuk membandingkan nilai guna dari berbagai alternatif berdasarkan kinerja terhadap tujuan-tujuan yang telah terbobot.

Metode yang digunakan adalah Pembobotan Tujuan (*Weighted Objectives*). Prosedur pada tahapan ini adalah sebagai berikut :

1. Menyusun daftar tujuan atau kriteria desain. Pada tahap ini bisa menggunakan tujuan dari diagram pohon.
2. Membuat ranking dari daftar tujuan/kriteria. (menggunakan *pair-wise comparison*).
3. Memberi bobot relatif untuk setiap tujuan. (menggunakan skala 1,0)

Tabel 2.15. Contoh *Pair-wise Comparison* (Cross, 2005)

objectives	A	B	C	D	E	row totals
A	—	0	0	0	1	1
B	1	—	1	1	1	4
C	1	0	—	1	1	3
D	1	0	0	—	1	2
E	0	0	0	0	—	0

4. Membuat parameter kinerja atau nilai guna untuk masing-masing tujuan.

Tabel 2.16 Contoh Skala 11 titik dan 5 titik (Cross, 2005)

Eleven-point scale	Meaning	Five-point scale	Meaning
0	totally useless solution	0	inadequate
1	inadequate solution		
2	very poor solution		
3	poor solution	1	weak
4	tolerable solution		
5	adequate solution	2	satisfactory
6	satisfactory solution		
7	good solution	3	good
8	very good solution		
9	excellent solution	4	excellent
10	perfect or ideal solution		

5. Menghitung dan membandingkan nilai utilitas relatif dari masing-masing alternatif rancangan. Tahapan menghitung dijelaskan dibawah ini :
- Mengalikan masing-masing skor dengan nilai bobot
 - Skor evaluasi terbesar akan menjadi alternatif terbaik

Tabel 2.17. Contoh Evaluasi Alternatif pada Pintu Mobil (Cross, 2005)

Selection Criteria	Weight	Concepts							
		A (reference) Master Cylinder		DF Lever Stop		E Swash Ring		G+ Dial Screw+	
		Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score
Ease of handling	5%	3	0.15	3	0.15	4	0.2	4	0.2
Ease of use	15	3	0.45	4	0.6	4	0.6	3	0.45
Readability of settings	10	3	0.3	3	0.3	5	0.5	5	0.5
Dose metering accuracy	25	3	0.75	3	0.75	2	0.5	3	0.75
Durability	15	3	0.45	5	0.75	4	0.6	3	0.45
Ease of manufacture	20	3	0.6	3	0.6	2	0.4	2	0.4
Portability	10	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Total Score		3.00		3.45		3.10		3.05	
Rank		4		1		2		3	
Continue?		No		Develop		No		No	

vii. Penyempurnaan Rancangan (*Improving Details*)

Tahapan terakhir dari 7 tahapan dari metode rasional ini bertujuan untuk meningkatkan/mempertahankan nilai produk bagi target pengguna sementara dengan mengurangi biaya bagi perancang. Prosedur yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Menyusun daftar komponen terpisah dari produk dan identifikasi fungsi yang dimiliki masing-masing komponen
2. Menentukan nilai dari fungsi yang sudah diidentifikasi
3. Menentukan biaya komponen tersebut
4. Mencari cara untuk mereduksi biaya tersebut tanpa mereduksi nilai atau menambah nilai tanpa menambah biaya
5. Evaluasi alternatif dan pemilihan perbaikan

2.2.6. Pengetahuan Bahan

a. Kayu

Kayu merupakan jenis material yang paling umum digunakan sebagai material baku pembuatan jenis furniture. Menurut Marizar (2005) Beberapa jenis kayu yang biasa dipilih menjadi bahan material furniture antara lain : Kayu Jati, Kayu Mahoni, Kayu Sonokeling, dan Kayu Akasia. Pemilihan 4 jenis kayu tersebut berdasarkan dari kekerasan kayu. Semakin keras kayu, maka semakin mudah kayu tersebut diolah (dipotong) menjadi sebuah furniture.

Menurut Maman (2008) kelas kuat kayu didebagi menjadi 5 kelas seperti tabel 2.18. berikut

Tabel 2.18. Tabel Kelas Kayu

Kelas Kuat	Berat Jenis N/cm ³	Keteguhan Lentur Maks (Kg/cm ²)	Keteguhan Tekan Maks (Kg/cm ²)
I	> 0,9	> 1100	> 650
II	0,6-0,9	725-1100	425-650
III	0,3-0,6	500-725	300 - 425
IV	0,3-0,4	360-500	215 - 300
V	< 0,3	< 360	< 215

Berikut akan dijelaskan spesifikasi kayu yang didapat dari (MatWeb, 2011) :

i. Kayu Mahoni

Tabel 2.19 Spesifikasi Kayu Mahoni

Physical Properties	Metric	English
Density	0.510 g/cc	0.0184 lb/in ³
Mechanical Properties	Metric	English
Tensile Strength, Ultimate	2.00 MPa	290 psi
	60.0 MPa	8700 psi
Modulus of Rupture	0.0740 GPa	10.7 ksi
Flexural Modulus	9.80 - 10.2 GPa	1420 - 1480 ksi
Compressive Yield Strength	6.90 MPa	1000 psi
	39.3 - 45.0 MPa	5700 - 6530 psi
Poissons Ratio	0.032	0.032
	0.033	0.033
	0.264	0.264
	0.297	0.297
	0.604	0.604
	0.641	0.641
Machinability	50 %	50 %
Shear Strength	7.80 MPa	1130 psi
Impact	3.9	3.9
Descriptive Properties		
Color		Reddish-brown

ii. Kayu Akasia



Tabel 2.20. Spesifikasi Kayu Akasia

Physical Properties	Metric	English
Specific Gravity	0.640 g/cc	0.640 g/cc
Density	0.721 g/cc	0.0260 lb/in ³
Mechanical Properties	Metric	English
Hardness, Wood Indentation	7770 N	1750 lb (f)
Modulus of Elasticity	14.34 GPa	2080 ksi
Modulus of Rupture	0.12066 GPa	17.501 ksi
Compressive Strength	7.54 MPa	1090 psi
	60.67 MPa	8799 psi
Work to Maximum Load	0.1053 J/cm ²	15.27 in-lb/in ²
Descriptive Properties		
Category		Hardwood

b. Kaca

Kaca memiliki 2 tipe dasar, tipe pantul dan tipe tembus pandang. Kaca tipe pantul biasa digunakan untuk mengaca dan tipe tembus pandang untuk hiasan pada prabotan rumah dan sejenisnya. Menurut Marizar (2005) Kaca bening memiliki permukaan bersih, rata dan memberikan bayangan yang sempurna. Ketebalan kaca bening dapat bervariasi sehingga dapat disesuaikan dengan furniture yang akan digunakan. Berikut adalah spesifikasi kaca yang didapat dari (MatWeb, 2011):

Tabel 2.21. Spesifikasi Kaca Bening (Float)

Physical Properties	Metric	English
Density	2.23 g/cc	0.0806 lb/in ³
Mechanical Properties	Metric	English
Hardness, Knoop	480	480
Modulus of Elasticity	63.0 GPa	9140 ksi
Poissons Ratio	0.20	0.20
Shear Modulus	26.3 GPa	3810 ksi
Electrical Properties	Metric	English
Volume Resistivity 	3.10e+6 ohm-cm @Temperature 350 °C	3.10e+6 ohm-cm @Temperature 662 °F
	1.00e+8 ohm-cm @Temperature 250 °C	1.00e+8 ohm-cm @Temperature 482 °F
Dielectric Constant	4.6 @Frequency 1e+6 Hz	4.6 @Frequency 1e+6 Hz
Dielectric Strength	16.0 kV/mm	406 kV/in
Dissipation Factor	0.0037 @Frequency 1e+6 Hz	0.0037 @Frequency 1e+6 Hz
Thermal Properties	Metric	English
CTE, linear	3.25 µm/m-°C @Temperature 20.0 - 300 °C	1.81 µin/in-°F @Temperature 68.0 - 572 °F
Specific Heat Capacity	0.830 J/g-°C @Temperature 20.0 - 100 °C	0.198 BTU/lb-°F @Temperature 68.0 - 212 °F
Thermal Conductivity	1.12 W/m-K @Temperature 90.0 °C	7.77 BTU-in/hr-ft ² -°F @Temperature 194 °F
Maximum Service Temperature, Air	450 °C	842 °F
	500 °C	932 °F
Transformation Temperature, Tg	530 °C	986 °F
Softening Point	815 °C	1500 °F
Annealing Point	560 °C	1040 °F
Optical Properties	Metric	English
Refractive Index 	1.463 @Wavelength 1014 nm	1.463 @Wavelength 1014 nm
	1.472 @Wavelength 588 nm	1.472 @Wavelength 588 nm
Physical Properties	Metric	English
Thickness	3000 microns	118 mil
Optical Properties	Metric	English
Transmission, Visible	98 %	98 %
IR Transmittance	70 % @Wavelength 780 - 2500 nm	70 % @Wavelength 780 - 2500 nm
UV Transmittance	47 % @Wavelength 300 - 380 nm	47 % @Wavelength 300 - 380 nm
Reflection Coefficient, Visible (0-1)	<= 0.010	<= 0.010