

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang perancangan suatu alat telah banyak dilakukan dengan beragam metode penelitian. Perancangan suatu alat merupakan kegiatan yang dilakukan untuk membantu manusia dengan keterbatasannya dalam menyelesaikan pekerjaannya agar didapat hasil yang optimal dengan menerapkan prinsip teknologi.

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Surya *et al.* (2014) melakukan penelitian yang bertujuan untuk perbaikan alat parut kelapa yang dapat mengurangi keluhan fisik yang dirasakan ibu-ibu rumah tangga dalam beraktivitas. Metode yang digunakan dalam penelitiannya adalah *Ergonomic Function Deployment* (EFD). Selama proses perancangan, pembuatan keputusan direkam dalam bentuk matriks-matriks sehingga dapat diperiksa ulang serta dimodifikasi di masa yang akan datang untuk mengetahui ergonomis atau tidaknya hasil rancangan. EFD merupakan pengembangan dari *Quality Function Deployment* (QFD) yaitu dengan menambahkan hubungan baru antara keinginan konsumen dan aspek ergonomi dari produk. Hubungan ini akan melengkapi bentuk matriks *House of Quality* (HOQ) yang juga menterjemahkan ke dalam aspek-aspek ergonomi yang diinginkan. Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian sekarang dalam hal penggunaan data antropometri untuk menentukan dimensi rancangan produk, alat dapat dibongkar pasang sehingga mudah untuk dipindah-pindah dan mudah dalam perbaikan apabila ada bagian yang rusak, dan penggunaan alat untuk meningkatkan produktivitas.

Andrijanto dan Putri (2012) menyebutkan bahwa penggunaan data antropometri dalam sebuah perancangan produk bertujuan supaya produk hasil rancangan dapat digunakan oleh pemakai produk dengan nyaman. Menurut Yohanes (2015), desain produk yang baik adalah desain yang memperhatikan sisi kenyamanan dengan mengacu pada pendekatan antropometri dan ergonomi. Kedua penelitian di atas memiliki kesamaan dengan penelitian sekarang dalam hal penggunaan nilai persentil dari data antropometri untuk menentukan dimensi rancangan produk sehingga dihasilkan rancangan produk yang nyaman dan dapat meningkatkan kinerja pekerja.

Ramdhani (2006) menyebutkan bahwa metode rasional adalah metode yang menggunakan suatu urutan yang sistematis dalam setiap tahapan. Penelitian yang dilakukannya bertujuan untuk merancang alat pengupas kulit luar atau lunak melinjo yang ergonomis dengan pendekatan metode rasional untuk meningkatkan produktivitas produksi. Perancangan rasional ini berdasarkan analisis anthropometri yang diperoleh dari hasil pengolahan data anthropometri para pekerja dengan mempertimbangkan nilai persentil dan nilai kelonggaran. Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian sekarang dalam hal penggunaan data anthropometri dengan postur pekerja berdiri untuk menentukan tinggi alat, penggunaan material besi dalam alternatif usulan perancangan alat, dan penggunaan alat untuk meningkatkan produktivitas pekerja.

Anson dkk (2006) melakukan penelitian yang bertujuan untuk desain dan pembuatan alat penggiling daging dengan *Quality Function Deployment* (QFD). QFD adalah metodologi pengembangan yang cukup handal dengan rentang aplikasi yang luas. Tujuan utama dari penggunaan QFD pada penelitian tersebut adalah untuk menerapkan desain yang berorientasi pada pelanggan dengan mengadaptasi beberapa matriks dan tabel pada setiap tahapan. Tujuan yang lain yaitu untuk menguji kemampuan QFD pada proses perancangan sebuah alat penggiling daging. Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian sekarang dalam hal penggunaan material besi dalam rancangan produk dan akurasi dimensi yang akan mempengaruhi kinerja rancangan alat.

Tabel 2.1. Matriks Jurnal

Judul Jurnal	Perancangan Alat Pengepresan Jenang dengan Metode Anthropometri dan Ergonomi (Studi Kasus di UKM Agape Pernalang)	Aplikasi <i>Ergonomic Function Deployment</i> (EFD) Pada Redesign Alat Parut Kelapa Untuk Ibu Rumah Tangga	Pengukuran Antropometri Murid Taman Kanak-Kanak Sebagai Acuan Perancangan Kursi Anak yang Ergonomis (Studi Kasus di Taman Kanak-Kanak Swasta X)	Desain dan Pembuatan Alat Penggiling Daging dengan <i>Quality Function Deployment</i>	Perancangan Alat Pengupas Kulit Lunak Melinjo yang Ergonomis dengan Pendekatan Metode Rasional untuk Meningkatkan Produktivitas Produksi
Peneliti	Yohanes (2015)	Surya <i>et al.</i> (2014)	Andrijanto dan Putri (2012)	Anson dkk (2006)	Ramdhani (2006)
Metode Rasional					✓
EFD		✓			
QFD				✓	
Antropometri	✓		✓		

2.1.2. Penelitian Sekarang

Penelitian sekarang bertujuan untuk merancang alat bantu ukur untuk mengurangi masalah penyimpangan ukuran dalam pengecekan bahan baku kaso di PT. Albasia Bhumiphala Persada. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode rasional.

2.2. Dasar Teori

Sub bab ini berisi tentang dasar teori yang berhubungan dengan penelitian untuk mendukung penelitian.

2.2.1. Pengetahuan Dasar Material Kayu

Bahan baku yang dipakai dalam proses industri di PT. Albasia Bhumiphala Persada adalah kayu. Jenis kayu yang dipakai adalah kayu sengon, kayu jabon (jati kebon), dan kayu jenitri.

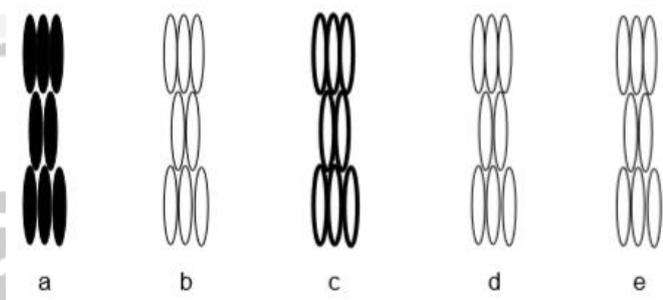
Menurut Frick dkk (2001), sifat utama kayu adalah renewable resources, bahan mentah yang dapat dijadikan barang lain, dan mempunyai sifat-sifat spesifik seperti elastis, ulet, dan tahan terhadap pembebanan yang tegak lurus dengan serat atau sejajar seratnya. Kekurangan dari bahan kayu adalah tidak homogen, mempunyai sifat higroskopik, mudah terbakar, ketidaksamaan sebagai hasil tumbuhan alam, dan cacat-cacat kayu.

a. Sifat – Sifat Kayu

i. Sifat Higroskopik Kayu

Sifat higroskopik kayu adalah kemampuan penyerapan atau pelepasan air dari dan ke udara sekitar dalam mencari kesetimbangan. Penyusutan kayu sebagai proses fisis ditentukan oleh banyaknya air yang terkandung dalam kayu atau biasa disebut kadar air kayu.

Air yang dikandung oleh kayu dibedakan dalam dua macam yaitu air bebas dan air terikat. Air terikat berperan penting dalam proses penyusutan kayu. Apabila air bebas telah dikeluarkan sehingga tinggal air terikat saja, maka kayu telah mencapai titik jenuh serat (*fibre saturation point*) dengan besar kadar air kira-kira 30% untuk semua jenis kayu. Jika kadar air turun hingga melampaui titik jenuh serat, maka akan terjadi pengerutan.



Gambar 2.1 Kadar Air Pada Kayu

Keterangan:

- Kadar air dari pohon hidup.
- Kadar air dengan air bebas dan air terikat.
- Kadar air yang mencapai titik jenuh serat (30%).
- Kayu yang 'kering udara' kadar air mencapai antara 0% – 30%.
- Kayu yang 'kering tanur' kadar air mencapai 0%.

ii. Sifat Mekanis Kayu

Sifat mekanis kayu adalah daya tahan kayu terhadap tegangan yang diberikan. Hal ini biasanya dipengaruhi oleh gaya yang bekerja pada kayu yaitu gaya tarik, gaya tekan, gaya geser, gaya lentur, dan gaya punter.

iii. Sifat Fisik Kayu

Sifat fisik kayu adalah berat jenis kayu, keawetan alami, warna kayu, berat, kekerasan, dan lain-lain. Berat jenis yaitu berat kayu kering oven (105°C) dibagi dengan berat air pada volume yang sama. Kekuatan kayu bertambah besar dengan bertambahnya berat jenis kayu. Keawetan alami kayu yaitu adanya suatu zat di dalam kayu (zat ekstraktif).

Secara alami kayu mempunyai keawetan yang berbeda untuk tiap jenis kayu. Pada dunia internasional digunakan 3 tingkat keawetan. Pertama *durable*, kedua *semi durable*, dan ketiga *general utility*. Di Indonesia diadakan lima kelas awet. Pertama sangat baik, kedua baik, ketiga cukup, keempat kurang, dan kelima jelek. Kayu yang dilindungi terhadap hujan dan sinar matahari tidak akan lekas rusak. Dapat pula diusahakan dengan mengecat dan mengetir.

b. Cacat Kayu

i. Mata Kayu

Kayu dikatakan kasar apabila mengandung mata kayu. Sifat dari mata kayu ini tidak sama dengan mata kayu lainnya. Ada yang keras sekali, lunak, dan selalu menyebabkan perubahan arah serat.

ii. Cacat Retak

Cacat retak ini terdapat di dekat hati, retak pada lingkaran tahun dan retak akibat angin.

iii. Hati yang busuk

Cacat ini sukar dilihat sebelum pohon ditebang. Biasanya terdapat pada pohon yang sudah tua dan memiliki batang yang besar.

iv. Cacat Lapuk

Kelapukan ini dipengaruhi oleh susunan penumpukan dan kelembaban udara. Apabila kayu yang masih muda ditumpuk terlalu lama dan belum dikuliti akan lebih cepat mengalami cacat lapuk.

2.2.2. Pengetahuan Dasar Material Besi

Menurut Zainuri (2008), komponen utama penyusun logam besi adalah bijih besi. Proses pembuatannya memerlukan kombinasi bijih besi, bahan bakar, dan fluks dari batu kapur yang dihancurkan untuk mengeluarkan kotoran. Elemen lain yang ditambahkan untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanis dari material besi seperti nikel dan kromium.

Dalam penelitian ini, jenis material yang dipakai untuk membuat alat bantu ukur adalah besi pipa, besi hollow, *strip plat*, besi siku, dan as kotak. Berikut merupakan *mechanical properties* dari material yang dipakai dalam penelitian ini (Huyett, 2004).

Tabel 2.2. Mechanical Properties Material

Jenis Material	Material	Standard (Grade)	Ukuran (Panjang: 6m)	Yield Strength (MPa)	Berat (Kg)
Besi Pipa	Carbon Steel	ASTM A53	1/2" x 2mm	240	15,42
As Kotak	Carbon Steel	ASTM A36	10mm x 10mm	280	5
Besi Hollow	Carbon Steel	ASTM A500	30mm x 30mm x 2mm	345	14,45
Strip Plat	Carbon Steel	AISI 1018	30mm x 3mm	370	5,37
Besi Siku	Carbon Steel	JIS G3101	30mm x 3mm	370	8,16

2.2.3. Metrologi Industri

Menurut Munadi (1988), metrologi adalah ilmu yang mempelajari masalah pengukuran. Pengukuran disini hanya yang berkaitan erat dengan perindustrian. Metrologi industri fokus pada pengukuran geometris suatu produk dengan cara dan alat yang tepat, sehingga hasil pengukurannya mendekati kebenaran dari keadaan yang sesungguhnya.

Pengukuran yaitu membandingkan suatu besaran dengan besaran standar. Syarat dari besaran standar yaitu dapat didefinisikan secara fisik, jelas dan tidak berubah terhadap waktu, dan dapat digunakan sebagai pembanding di semua tempat. Istilah yang sering dipakai dalam masalah pengukuran yaitu ketelitian, ketepatan, ukuran dasar, toleransi, harga batas, dan kelonggaran.

Ada beberapa cara pengukuran yang bisa dilakukan untuk mengukur geometris obyek ukur, yaitu:

a. Pengukuran Langsung

Pengukuran langsung adalah proses pengukuran yang hasil pengukurannya dapat dibaca langsung dari alat ukur yang digunakan.

b. Pengukuran Tidak Langsung

Pengukuran tidak langsung adalah proses pengukuran yang tidak bisa dibaca langsung hasil pengukurannya dengan satu alat ukur. Untuk kasus tertentu, pengukuran suatu benda ukur memerlukan dua atau tiga alat ukur, yang terdiri dari alat ukur standar, alat ukur pembanding, dan alat ukur pembantu. Misalnya mengukur ketirusan poros dengan menggunakan sine center yang harus dibantu dengan jam ukur (*dial indicator*) dan blok ukur.

c. Pengukuran Dengan Kaliber Batas

Pengukuran dengan kaliber batas merupakan proses pengukuran untuk melihat apakah dimensi dari suatu benda masih dalam batas-batas toleransi tertentu. Keputusan yang diambil adalah dimensi obyek ukur yang masih dalam batas toleransi dianggap baik, sedangkan dimensi yang terletak di luar batas toleransi dianggap jelek. Pengukuran ini sangat tepat dipakai untuk pengukuran dalam jumlah banyak dan membutuhkan waktu yang cepat.

d. Pengukuran Dengan Bentuk Standar

Pengukuran dengan bentuk standar merupakan proses pengukuran dengan membandingkan bentuk benda yang dibuat dengan bentuk standar yang digunakan sebagai alat pembanding. Sifat pengukuran ini tidak membaca besarnya ukuran tetapi hanya mencocokkan bentuk.

Menurut cara kerjanya, alat ukur dapat diklasifikasikan sebagai alat ukur mekanis, alat ukur elektris, alat ukur optis, alat ukur mekanis optis, dan alat ukur pneumatis.

Menurut sifatnya, alat ukur dapat dibedakan menjadi:

a. Alat ukur langsung yaitu alat ukur yang hasil pengukurannya dapat langsung dibaca pada skala ukurnya.

b. Alat ukur pembanding yaitu alat ukur yang mempunyai skala ukur yang telah dikalibrasi dan dipakai sebagai pembanding alat ukur yang lain.

c. Alat ukur standar yaitu alat ukur yang mempunyai nilai ukuran tertentu. Biasanya digunakan bersama-sama dengan alat ukur pembanding.

- d. Alat ukur batas yaitu alat ukur yang digunakan untuk menentukan apakah dimensi dari suatu obyek ukur masih terletak dalam batas-batas toleransi tertentu.
- e. Alat ukur bantu yaitu alat ukur yang sifatnya hanya sebagai pembantu dalam proses pengukuran.

Menurut jenis dari benda yang akan diukur, alat ukur dapat diklasifikasikan menjadi:

- a. Alat ukur linier langsung dan tidak langsung seperti pengukuran panjang, ketinggian, diameter, ketebalan, kedalaman, dan lain-lain.
- b. Alat ukur sudut atau kemiringan seperti pengukuran bidang miring, klino, dan lain-lain.
- c. Alat ukur kedataran seperti pengukuran *straightness*, *levelling*, dan lain-lain.
- d. Alat ukur untuk mengukur profil atau bentuk seperti pengukuran foam, kontur cetakan, dan lain-lain.
- e. Alat ukur ulir seperti pengukuran pitch, diameter dalam, kedalaman ulir, dan lain-lain.
- f. Alat ukur roda gigi seperti pengukuran modul roda gigi, tebal gigi, dan lain-lain.
- g. Alat ukur untuk mengecek kekasaran permukaan seperti pengukuran *flatness*, *surface roughness*, dan lain-lain.

Sumber kesalahan pada proses pengukuran disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:

- a. Benda kerja yaitu kesalahan bentuk dan posisi, hasil akhir permukaan, dan penyimpangan benda kerja.
- b. Cara dan metode yaitu posisi benda kerja dan posisi pengukuran.
- c. Alat ukur yaitu titik kontak pengukuran, kesalahan titik nol, kesalahan linier, kesalahan pada *setting gauge*, keausan alat ukur, dan koefisien suhu alat ukur.
- d. Lingkungan yaitu temperatur, tekanan udara dan kelembaban, kebersihan, medan magnet, dan getaran.
- e. Pengukur yaitu kesalahan mengukur, kesalahan membaca, dan kesalahan pengklaiman.

2.2.4. Antropometri

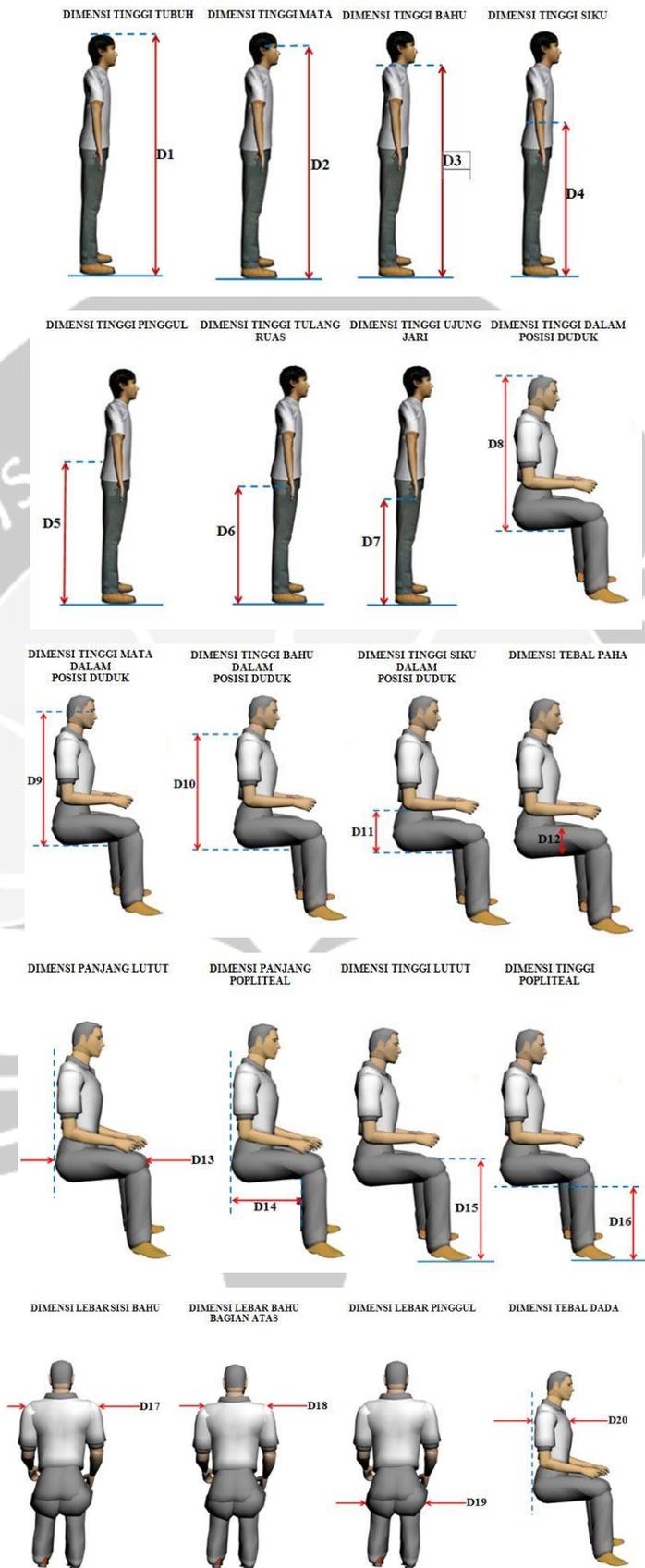
a. Definisi Antropometri

Antropometri berasal dari kata “anthro” yang berarti manusia dan “metri” yang berarti ukuran. Menurut Wignjosoebroto (2008), antropometri adalah studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Bidang antropometri meliputi berbagai ukuran tubuh manusia seperti berat badan, posisi ketika berdiri, ketika merentangkan tangan, lingkar tubuh, panjang tungkai, dan sebagainya.

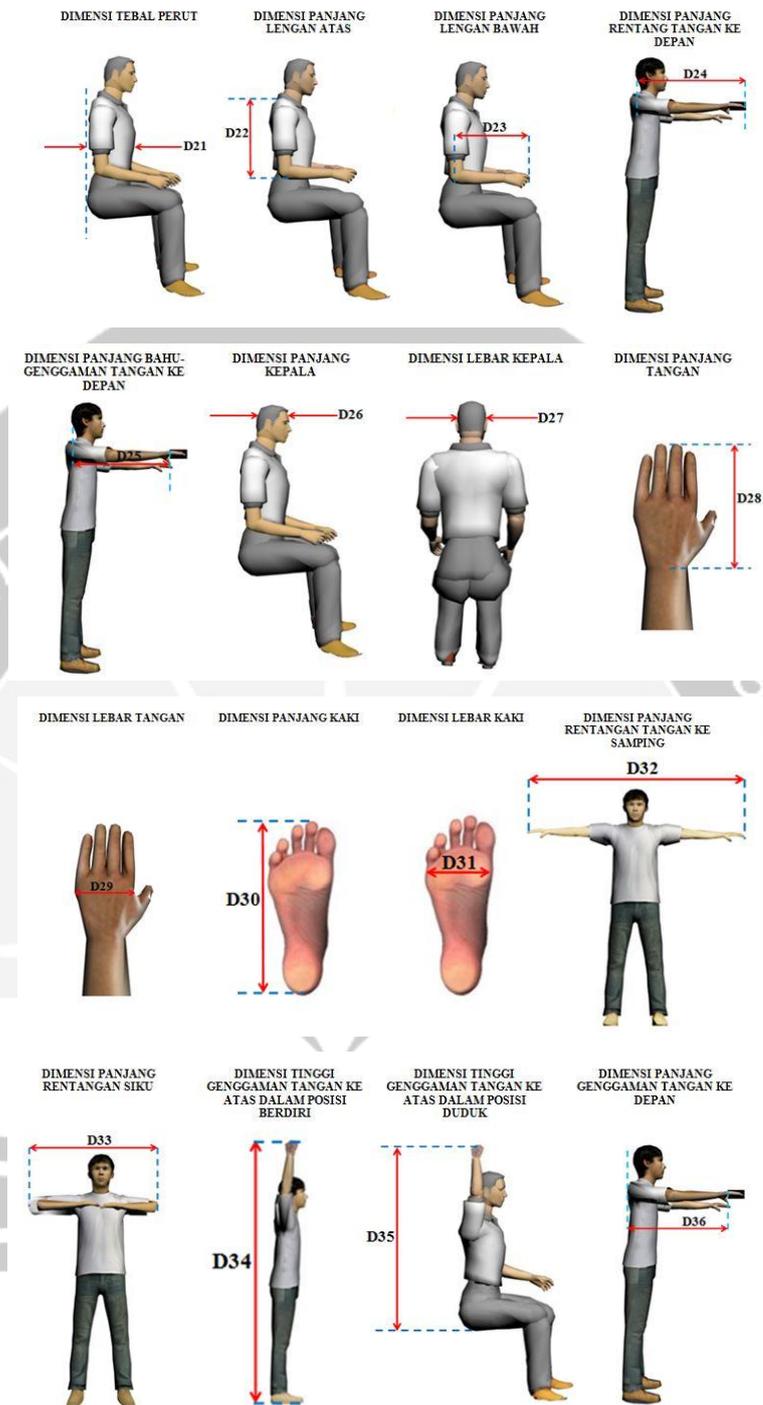
Data antropometri digunakan untuk berbagai keperluan, seperti perancangan stasiun kerja, fasilitas kerja, dan desain produk agar diperoleh ukuran-ukuran yang sesuai dengan dimensi anggota tubuh manusia yang akan menggunakannya.

b. Data Antropometri

Data antropometri terdiri dari dimensi bagian tubuh manusia dalam klasifikasi tertentu sesuai dengan kebutuhan. Menurut data pengukuran dimensi antropometri yang disusun oleh Perhimpunan Ergonomi Indonesia, pengukuran antropometri dibedakan dalam 36 jenis dimensi. Berikut adalah jenis-jenis dimensi pengukuran antropometri yang disajikan dalam bentuk gambar pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Dimensi Pengukuran Antropometri



Gambar 2.2. Lanjutan

Data antropometri dapat dijadikan sebagai dasar acuan untuk menentukan dimensi alat yang akan dirancang. Perancangan menggunakan data antropometri akan membuat alat yang dirancang sesuai dengan manusia penggunaannya, sehingga penggunaan alat tersebut dapat memenuhi prinsip-prinsip ergonomi.

Menurut Wignjosoebroto (2008), ada tiga prinsip yang harus diperhatikan dalam melakukan perancangan sebuah produk, yaitu:

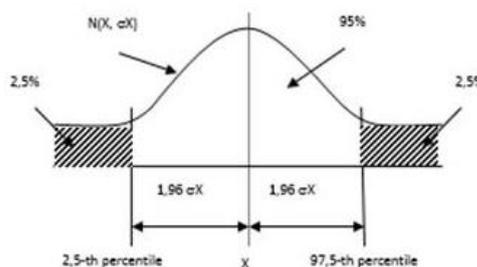
- i. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran yang ekstrim
Sasaran produk pada prinsip ini, yaitu sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim dan memenuhi ukuran tubuh mayoritas. Dimensi minimum rancangan berdasarkan nilai persentil terbesar (Persentil ke-90, 95, atau 99), dan dimensi maksimum rancangan berdasarkan nilai persentil terkecil (Persentil ke-1, 5, atau 9).
- ii. Prinsip perancangan produk yang bisa dioperasikan diantara rentang ukuran tertentu
Rancangan produk dapat diubah-ubah ukurannya sehingga cukup fleksibel untuk dioperasikan oleh setiap orang dengan berbagai macam ukuran tubuh. Rancangan yang fleksibel umumnya menggunakan data antropometri dengan rentang nilai persentil ke-5 sampai ke-95.
- iii. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata
Rancangan produk berdasarkan ukuran rata-rata tubuh manusia.

c. Pengolahan Data Antropometri

Data antropometri yang didapat akan diolah dengan menggunakan beberapa pengujian. Pengolahan data yang harus dilakukan pada data antropometri menurut Nurmianto (1998) dan Tayyari dan Smith (1997) adalah sebagai berikut.

i. Uji Normalitas Data

Uji normalitas data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diambil telah terdistribusi normal atau diambil dalam populasi normal. Dalam statistik, distribusi normal dapat diformulasikan berdasarkan nilai rata-rata dan standar deviasi dari data yang ada dan digabungkan dengan nilai persentil yang telah ada seperti pada gambar 2.3 (Wignjosoebroto, 2008).



Gambar 2.3. Distribusi Normal

Pengolahan normalitas data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *software* minitab14. Berikut merupakan rumus uji normalitas data (*Goodness of Fit Test*) dengan *Chi-Square* (Sudjana, 2005).

$$x^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.1)$$

Keterangan:

x^2 = nilai x^2

O_i = nilai observasi atau frekuensi yang diamati

E_i = nilai *expected* atau harapan, luasan interval kelas berdasarkan tabel normal dikalikan N (total frekuensi)

Jika nilai x^2 hitung < nilai x^2 tabel, maka H_0 (data berdistribusi normal) diterima, dan sebaliknya.

ii. Uji Keseragaman Data

Data antropometri yang didapatkan kemudian diuji keseragamannya untuk mengetahui apakah data yang diambil telah seragam. Uji keseragaman data didapat dengan mencari nilai dari batas kendali atas, batas kendali bawah, dan standar deviasi. Berikut merupakan langkah-langkah dalam uji keseragaman data.

Pertama, menentukan jumlah sub group dengan menggunakan rumus:

$$k = 1 + 3,3 \log N \quad (2.2)$$

Keterangan:

k = banyak sub group

N = jumlah data yang diambil

Kedua perhitungan sub group. Dalam perhitungan sub group, data dikelompokkan dalam masing-masing sub group, kemudian menghitung rata-rata dari masing-masing subgroup, dan menghitung rata-rata dari rata-rata sub group.

Ketiga perhitungan standar deviasi. Berikut merupakan rumus untuk mencari standar deviasi.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(\bar{X} - X_i)^2}{N-1}} \quad (2.3)$$

Keterangan:

σ = standar deviasi

\bar{X} = rata-rata dari rata-rata sub group

X_i = data yang diambil

Keempat, menentukan batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB).

$$BKA = \bar{X} + k\sigma \quad (2.4)$$

$$BKB = \bar{X} - k\sigma \quad (2.5)$$

Keterangan:

k = konstanta dari tingkat kepercayaan

iii. Uji Kecukupan Data

Pengujian kecukupan data diperlukan untuk memastikan apakah data yang didapatkan telah mencukupi tingkat kepercayaan dan derajat ketelitian yang diharapkan. Uji kecukupan data dipengaruhi oleh tingkat kepercayaan dan derajat ketelitian. Rumus yang digunakan untuk melakukan uji kecukupan data adalah sebagai berikut.

$$N' = \left[\frac{k \sqrt{(N \sum X^2) - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2 \quad (2.6)$$

Keterangan:

N' = jumlah data yang diperlukan untuk memenuhi syarat uji kecukupan data

N = jumlah data yang diambil

k = konstanta

Jika tingkat kepercayaan $95\% < k \leq 99\%$, maka $k = 3$

Jika tingkat kepercayaan $68\% < k \leq 95\%$, maka $k = 2$

Jika tingkat kepercayaan $\leq 68\%$, maka $k = 1$

s = derajat ketelitian

Jika $N' < N$, maka data dinyatakan cukup.

iv. Persentil

Menurut Tayyari dan Smith (1997), persentil merupakan nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari orang-orang yang memiliki ukuran di bawah atau pada nilai tersebut. Persentil diperlukan dalam perancangan untuk menentukan rentang ukuran yang dipakai pada rancangan produk, sehingga produk sesuai dengan ukuran tubuh manusia pada nilai persentil yang diambil dan di bawah ukuran tersebut. Berikut merupakan cara perhitungan persentil dalam tabel 2.3 (Nurmianto, 1998).

Tabel 2.3. Perhitungan Persentil

Persentil	Perhitungan
1	$\bar{x} - 2,325 \times \sigma$
2,5	$\bar{x} - 1,960 \times \sigma$
5	$\bar{x} - 1,645 \times \sigma$
10	$\bar{x} - 1,280 \times \sigma$
50	\bar{x}
90	$\bar{x} + 1,280 \times \sigma$
95	$\bar{x} + 1,645 \times \sigma$
97,5	$\bar{x} + 1,960 \times \sigma$
99	$\bar{x} + 2,325 \times \sigma$

v. Kelonggaran

Menurut Nurmianto (1998), dalam melakukan perancangan, aspek kelonggaran juga perlu diperhatikan. Aspek kelonggaran berbeda-beda menurut lingkungannya, seperti musim, kondisi kerja, dan lingkungan tertentu. Kelonggaran dapat dilihat dari sisi ruang kerja dan bahan yang dipakai pada rancangan produk.

2.2.5. Metode Rasional

Menurut Cross (2000), terdapat dua metode perancangan yaitu metode kreatif dan metode rasional. Metode rasional dapat mendorong terjadinya pendekatan yang sistematis dalam proses perancangan serta pengembangan. Tahapan proses perancangan dengan metode rasional adalah sebagai berikut.

a. Klarifikasi Tujuan (*Clarifying Objectives*)

Tahap pertama dari metode rasional merupakan tahapan yang penting dalam menjelaskan tujuan dari perancangan. Tahap klarifikasi tujuan dilakukan untuk mendapatkan gagasan yang jelas dalam mencapai tujuan, meskipun tujuan yang telah ditetapkan dapat berubah selama proses perancangan. Penjelasan tujuan perancangan alat bantu ukur ini dibuat dalam bentuk pohon tujuan.

b. Penetapan Fungsi (*Establishing Functions*) (Penetapan Fungsi)

Analisis fungsi merupakan suatu analisis yang membantu untuk menentukan fungsi masing-masing komponen dari rancangan alat bantu ukur dan membatasi tingkatan permasalahan dimana penyelesaian dapat dipecahkan serta dihasilkan rancangan yang sesuai.

c. Penetapan Spesifikasi (*Setting Requirements*)

Tahap ini berisi daftar kriteria dari tujuan yang dibutuhkan pada desain produk yang akan dirancang.

d. Penentuan Karakteristik (*Determining Characteristics*)

Penentuan karakteristik dilakukan dengan menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD). Metode QFD digunakan untuk memadukan permintaan atau keinginan konsumen dengan karakteristik teknis. Secara sistematis, metode QFD dalam penyajiannya menggunakan *tool House of Quality* (HOQ).

e. Pembangkitan Alternatif (*Generating Alternatives*)

Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan alternatif rancangan produk. Peta morfologi, *tools* yang dipakai pada tahap ini, adalah suatu usaha sistematis untuk menganalisis bentuk yang dapat diambil oleh suatu produk dengan melakukan identifikasi secara kombinasi alternatif yang mungkin dilaksanakan.

f. Evaluasi Alternatif (*Evaluating Alternative*)

Evaluasi alternatif dilakukan untuk mendapatkan alternatif rancangan terbaik dengan menghitung nilai utilitas dari setiap alternatif rancangan. Metode yang digunakan adalah *weighted objective*. Metode ini berisi peralatan untuk memperkirakan dan membandingkan alternatif rancangan produk dengan menggunakan perbedaan pembobotan yang objektif.

g. Penyempurnaan Rancangan

Penyempurnaan rancangan bertujuan untuk mengembangkan dan memperbaiki penampilan dari rancangan produk. Penyempurnaan rancangan dapat membuat produk lebih baik dengan meningkatkan nilai daya tarik dan menurunkan biaya produksi.

2.2.6. Quality Function Deployment (QFD)

Menurut Cohen (1995), QFD adalah suatu metode terstruktur dalam perencanaan dan pengembangan produk yang digunakan untuk mengetahui keinginan dan kebutuhan pelanggan (*voice of customer*) serta mengevaluasi kemampuan produk dan jasa dalam memenuhi keinginan dan kebutuhan pelanggan. Fokus utama dalam perancangan produk adalah kepuasan pelanggan. QFD berfungsi untuk mengidentifikasi, menganalisa, dan menginterpretasikan segala keinginan dan kebutuhan pelanggan ke dalam rancangan produk.

Menurut Cohen (1995), implementasi QFD terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap pengumpulan *voice of customer*, tahap penyusunan rumah kualitas (*house of quality*), dan tahap analisa dan interpretasi.

2.2.7. Manfaat QFD

Menurut Rangkuti (2012), manfaat penggunaan QFD sebagai dasar perencanaan dan pengembangan produk yaitu:

a. Mengurangi biaya

Penggunaan QFD mampu menghasilkan produk yang benar-benar sesuai dengan harapan konsumen, sehingga tidak ada pengulangan pekerjaan dan bahan baku yang terbuang karena spesifikasi produk sudah sesuai dengan harapan konsumen.

b. Meningkatkan pendapatan

Pengurangan biaya akan berpengaruh terhadap pendapatan yang meningkat.

c. Mengurangi waktu produksi

Waktu produksi akan berkurang karena spesifikasi produk sudah sesuai dengan harapan konsumen dan membuat bagian yang bertugas dalam pengembangan produk fokus pada program pengembangan kebutuhan konsumen.

d. Peningkatan kepuasan konsumen

Peningkatan kepuasan konsumen dapat dicapai karena penerapan QFD lebih memperhatikan *voice of customer* daripada *voice of engineer*.

2.2.8. Kelemahan QFD

Menurut Wijaya (2011), kelemahan dari QFD adalah sebagai berikut.

a. Penggunaan QFD membutuhkan keahlian spesifik, seperti analis pasar untuk mengolah *input* pada QFD, keahlian perancangan untuk menerjemahkan karakteristik kualitas, dan keahlian dalam penerjemahan kebutuhan konsumen ke dalam spesifikasi teknis.

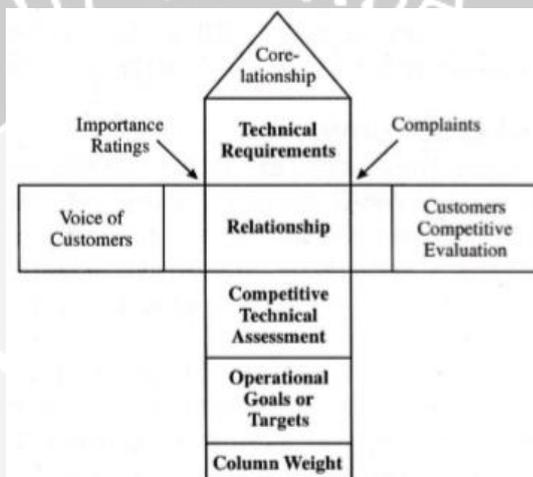
b. Kesulitan dalam pengisian matriks apabila ukuran matriks terlalu besar.

c. QFD hanya sebatas alat, dimana kerangka pemecahan masalahnya tidak jelas. Ketelitian dalam menganalisa permasalahan yang *upstream* (penentuan sumber *input* yang tepat) dan *downstream* (tindak lanjut dari *output*) menentukan keberhasilan alat ini.

- d. Bersifat proyek tanpa kelanjutan, dimana tidak ada penetapan *job description* untuk setiap orang yang terlibat didalamnya.

2.2.9. House of Quality (HOQ)

Menurut Widodo (2005), QFD diilustrasikan dalam bentuk rumah yang disebut *House of Quality* (HOQ) seperti pada gambar 2.4, karena strukturnya meyerupai sebuah rumah. HOQ terdiri dari beberapa atribut yang dibagi ke dalam ruangan-ruangan yang saling berhubungan dan berkontribusi dalam perencanaan dan pengembangan produk.



Gambar 2.4. House of Quality (HOQ)

- Voice of Customer*: ruang ini berisi kebutuhan atau keinginan yang diharapkan konsumen ada pada suatu produk.
- Importance Rating*: ruang ini berisi penilaian tingkat kepentingan untuk masing-masing *voice of customer* dengan cara pembobotan menggunakan matriks *zero-one*.
- Technical Requirements*: ruang ini merupakan terjemahan dari *voice of customer* dalam bentuk aspek teknis.
- Relationship*: ruang ini berisi hubungan antara *voice of customer* dengan *technical requirements*. Hubungan yang kuat (●) memiliki nilai 9, sedang (○) dengan nilai 3, lemah (Δ) dengan nilai 1, dan tidak ada hubungan.
- Corerelationship*: ruang ini berisi korelasi atau hubungan antar *technical requirements*.

- f. *Operational goals or targets*: ruang ini merupakan spesifikasi yang bersifat terukur atau tertentu dari *technical requirements* yang ingin dicapai.
- g. *Column Weight*: ruang ini berisi bobot pada setiap *technical requirements* yang didapatkan dengan cara menjumlahkan hasil perkalian dari nilai yang terdapat pada *importance rating* dengan *relationship*.
- h. *Competitive Technical Assessment*: ruang ini berisi perbandingan secara teknis antara rancangan produk dengan pesaing produk yang sejenis.
- i. *Customers Competitive Evaluation*: ruang ini berisi grafik yang merupakan gambaran dari perbandingan oleh konsumen antara rancangan produk dengan pesaing produk yang sejenis.

Urutan dalam pembuatan HOQ adalah sebagai berikut (Widodo, 2005):

- a. Mengidentifikasi konsumen
- b. Menentukan *voice of customer* (VOC)
- c. Menentukan *importance rating*
- d. Menganalisa tentang *customer competitive evaluation*
- e. Menentukan *technical requirements*
- f. Menentukan *relationship*
- g. Menentukan target
- h. Menentukan *corelationship*
- i. Menghitung *column weight*
- j. Menentukan aksi terhadap pengembangan produk

2.2.10. Mekanika Teknik

Menurut Meriam dan Kraige (2012), mekanika teknik adalah ilmu yang menggambarkan dan meramalkan kondisi benda yang diam atau bergerak karena pengaruh gaya yang bekerja pada benda tersebut. Konsep mekanika konstruksi yang berkaitan dengan penelitian ini adalah mekanika statika, gaya, tegangan, dan kekuatan material.

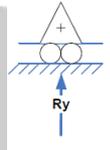
a. Statika

Statika adalah ilmu yang mempelajari tentang semua benda yang tetap, statis, atau dalam keadaan yang setimbang.

Terdapat 3 jenis tumpuan dalam mekanika statika untuk menentukan jenis peletakan yang digunakan untuk menahan beban (Meriam dan Kraige, 2012).

i. Tumpuan Roll

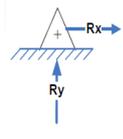
Tumpuan ini memiliki sifat dapat memberikan reaksi berupa gaya vertikal, tidak menerima gaya horisontal dan momen, dan jika diberi gaya horisontal akan bergerak atau menggelinding karena sifat roll.



Gambar 2.5. Tumpuan Roll

ii. Tumpuan Sendi

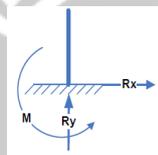
Tumpuan ini memiliki sifat mampu menerima gaya vertikal dan horisontal, tidak dapat menerima momen, dan jika menerima momen, maka akan berputar karena sifat sendi.



Gambar 2.6. Tumpuan Sendi

iii. Tumpuan Jepit

Tumpuan ini memiliki sifat dapat menerima semua reaksi (gaya vertikal, horisontal, dan momen), dan karena sifat jepit, maka dianggap tidak ada gerakan sama sekali.



Gambar 2.7. Tumpuan Jepit

b. Gaya

Gaya didefinisikan sebagai suatu tarikan atau dorongan yang bekerja pada sebuah benda yang mengakibatkan perubahan gerak. Gaya mempunyai besar, arah, dan titik tangkap tertentu yang digambarkan dengan anak panah.

Dalam statika, terdapat prinsip dasar dalam perhitungan gaya yang terdiri dari 6 hukum utama (Meriam dan Kraige, 2012).

i. Hukum Jajaran Genjang

Dua buah gaya yang bereaksi pada suatu partikel dapat digantikan dengan satu gaya (gaya resultan) yang diperoleh dengan menggambar diagonal jajaran genjang pada sisi kedua gaya tersebut.

ii. Hukum Transmisibilitas

Kondisi keseimbangan atau gerak suatu benda tegar tidak akan berubah, jika gaya yang bereaksi pada suatu titik diganti dengan gaya lain yang memiliki besar dan arah yang sama tapi bereaksi pada titik berbeda, asal masih dalam garis aksi yang sama.

iii. Hukum I Newton

Bila resultan gaya yang bekerja pada suatu partikel sama dengan nol, maka partikel yang awalnya diam akan tetap diam atau sebaliknya, partikel yang awalnya bergerak akan tetap bergerak dengan kecepatan konstan.

$$\sum F = 0 \quad (2.7)$$

iv. Hukum II Newton

Bila resultan gaya yang bekerja pada suatu partikel tidak sama dengan nol, maka partikel tersebut akan memperoleh percepatan yang sebanding dengan besarnya gaya resultan dan memiliki arah yang sama dengan arah gaya resultan tersebut.

$$\sum F = m \times a \quad (2.8)$$

v. Hukum III Newton

Gaya aksi dan reaksi antara benda yang berhubungan mempunyai besar dan garis aksi yang sama, tetapi berlawanan arah.

$$\sum F_{aksi} = - \sum F_{reaksi} \quad (2.9)$$

vi. Hukum Gravitasi Newton

Dua buah partikel dengan massa M dan m akan saling tarik menarik dengan gaya F dan F'.

$$F = G \frac{M \cdot m}{r^2} \quad (2.10)$$



Gambar 2.8. Hukum Gravitasi Newton

c. Tegangan Ijin dan Tegangan Aktual

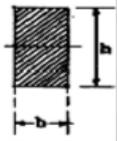
Menurut Zainuri (2008), tegangan ijin (*allowable stress*) adalah tegangan maksimum yang dianggap aman apabila sebuah material diberikan beban. Tegangan aktual adalah tegangan hitung yang timbul akibat beban yang bekerja. Dalam perancangan, konstruksi rancangan dikatakan baik apabila tegangan aktual tidak melebihi tegangan ijin.

Faktor keamanan adalah perbandingan tegangan patah (*failure stress*) terhadap tegangan ijin yang menentukan keamanan struktur elemen dari suatu desain. Pada umumnya, desain yang menggunakan material seperti baja struktural dan aluminium menggunakan tegangan maksimum (*yield stress*) sebagai tegangan patah.

d. Kekuatan Material

Kekuatan material merupakan kemampuan material untuk menahan gaya. Kekuatan material dipengaruhi oleh besarnya nilai momen penahan (W), tegangan ijin material, dan panjang material. Berikut merupakan beberapa rumus untuk menghitung momen inersia (I) dan momen tahanan (W) pada beberapa bentuk luasan material pada tabel 2.4 (Popov, 1984).

Tabel 2.4. Rumus Kekuatan Material

Bentuk Luasan	I (mm ⁴)	W (mm ³)
	$\frac{\pi}{64} D^4 \approx \frac{D^4}{20}$	$\frac{\pi}{32} D^3 \approx \frac{D^3}{10}$
	$\frac{bh^2}{12}$	$\frac{bh^2}{6}$
	$\frac{h^4}{12}$	$\frac{h^3}{6\sqrt{2}}$
	$\frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) \approx \frac{D^4 - d^4}{20}$	$\frac{\pi}{32} (D^4 - d^4) \approx \frac{D^4 - d^4}{10 D}$
	$\frac{D^4 - d^4}{12}$	$\frac{D^4 - d^4}{6h}$