

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengembangan produk

2.1.1 Pengertian pengembangan produk

Pengembangan produk adalah merupakan penelitian terhadap produk yang sudah ada untuk dikembangkan lebih lanjut agar mempunyai tingkat kegunaan yang lebih tinggi dan lebih disukai konsumen. Penelitian ini dapat bersifat penelitian lapangan (survey konsumen) serta dapat pula sebagai penelitian laboratoris (di dalam laboratorium perusahaan) atau dapat pula kedua-duanya. Di dalam penelitian lapangan akan dicari data-data mengenai produk yang akan dikembangkan. Pengembangan disini dapat meliputi pengembangan kualitasnya, kegunaannya, dan sebagainya, sesuai dengan selera konsumen. Sedangkan penelitian laboratorium menyangkut masalah penerapan pengembangan produk tersebut, terutama untuk produk-produk obat-obatan dan sebagainya. Adanya penelitian dan pengembangan produk ini diharapkan perusahaan selalu dapat menyesuaikan diri dengan produk-produk yang disenangi konsumen (Nasution, 2003).

Tujuan dari penelitian dan pengembangan produk adalah agar barang atau jasa yang dihasilkan selalu sesuai dengan kebutuhan dan perkembangan selera masyarakat. Dengan demikian barang yang dihasilkan akan selalu dapat diminati dan dibutuhkan masyarakat. Tujuannya adalah agar barang atau jasa yang dihasilkan dapat selalu meningkat penjualannya, sehingga keuntungan perusahaan dapat selalu berkembang dan meningkat. Keuntungan yang meningkat akan dapat menjamin kelangsungan hidup perusahaan (Nasution,2003).

Pengembangan produk merupakan aktivitas lintas disiplin yang membutuhkan kontribusi dari hampir semua fungsi yang ada di perusahaan, namun tiga fungsi yang selalu paling penting bagi proyek pengembangan produk (Cross, 1994) adalah:

a) Pemasaran

Fungsi pemasaran adalah menjembatani interaksi antara perusahaan dengan pelanggan. Peranan lainnya adalah memfasilitasi proses identifikasi peluang produk, pendefinisian segmen pasar, dan identifikasi kebutuhan pelanggan. Bagian pemasaran juga secara khusus merancang komunikasi antara perusahaan dengan pelanggan, menetapkan target harga dan merancang peluncuran serta promosi produk.

b) Perancangan (desain)

Fungsi perancangan memegang peranan penting dalam mendefinisikan bentuk fisik produk agar dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. Dalam konteks tersebut tugas bagian perancangan mencakup desain engineering (mekanik, elektrik, *software*, dan lain-lain) dan desain industri (estetika, *ergonomics*, *user interface*).

c) Manufaktur

Fungsi manufaktur terutama bertanggung jawab untuk merancang dan mengoperasikan system produksi pada proses produksi produk. Fungsi ini melingkupi pembelian, instalasi, dan distribusi.

2.1.2 Proses pengembangan produk

Menurut Ulrich-Epping ada 6 fase dalam proses pengembangan produk yaitu:

1. Fase 0 : Perencanaan Produk

Kegiatan perencanaan sering dirujuk sebagai “*zero fase*” karena kegiatan ini mendahului persetujuan proyek dan proses peluncuran pengembangan produk aktual.

2. Fase 1 : Pengembangan Konsep

Pada fase pengembangan konsep, kebutuhan pasar target diidentifikasi, alternatif konsep-konsep produk dibangkitkan dan dievaluasi, dan satu atau lebih konsep dipilih untuk pengembangan dan percobaan lebih jauh.

3. Fase 2 : Perancangan Tingkat Sistem

Fase perancangan tingkat sistem mencakup definisi arsitektur produk dan uraian produk menjadi subsistem-subsistem serta komponen-komponen

4. Fase 3 : Perancangan Detail

Fase perancangan detail mencakup spesifikasi lengkap dari bentuk, material, dan toleransi dari seluruh komponen unik pada produk dan identifikasi seluruh komponen standar yang dibeli dari pemasok.

5. Fase 4 : Pengujian dan Perbaikan

Fase pengujian dan perbaikan melibatkan konstruksi dan evaluasi dari bermacam-macam versi produksi awal produk.

6. Fase 5 : Produksi Awal

Pada fase produksi awal, produk dibuat dengan menggunakan sistem produksi yang sesungguhnya. Tujuan dari produksi awal ini adalah untuk melatih tenaga kerja dalam memecahkan permasalahan yang timbul pada proses produksi sesungguhnya. Peralihan dari produksi awal menjadi produksi sesungguhnya biasanya tahap demi tahap. Pada beberapa titik pada masa peralihan ini, produk diluncurkan dan mulai disediakan untuk didistribusikan.

2.1.3 Proses pengembangan konsep

Menurut Ulrich-Epping dalam buku (Arman Hakim Nasution, 2003) proses pengembangan mencakup kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

1. Identifikasi kebutuhan pelanggan

Sasaran kegiatan ini adalah untuk memahami kebutuhan konsumen dan mengkomunikasikannya secara efektif kepada tim pengembangan. Output dari langkah ini adalah sekumpulan pernyataan kebutuhan pelanggan yang tersusun rapi, diatur dalam daftar secara hierarki, dengan bobot-bobot kepentingan untuk tiap kebutuhan.

Tujuan metode identifikasi kebutuhan pelanggan adalah:

- a. Meyakinkan bahwa produk telah difokuskan terhadap kebutuhan konsumen.
- b. Mengidentifikasi kebutuhan konsumen yang tersembunyi dan tidak terucapkan (*latent needs*) seperti halnya kebutuhan yang eksplisit.
- c. Menjadi basis untuk menyusun spesifikasi produk.

- d. Menjamin tidak adanya kebutuhan konsumen penting yang terlupakan.
- e. Menanamkan pemahaman bersama mengenai kebutuhan konsumen diantara anggota tim pengembang.

2. Penetapan spesifikasi target

Spesifikasi merupakan terjemahan dari kebutuhan konsumen menjadi kebutuhan secara teknis. Output dari langkah ini adalah suatu daftar spesifikasi target. Proses pembuatan target spesifikasi terdiri dari 3 langkah :

- a. Menyiapkan daftar metrik kebutuhan dengan tingkat kepentingan yang diturunkan dari tingkat kepentingan kebutuhan yang direfleksikannya.
- b. Mengumpulkan informasi tentang pesaing dan mengkombinasikannya dengan tingkat kepuasan dari pelanggan produk pesaing..
- c. Menetapkan nilai target ideal dan marginal yang dapat dicapai untuk tiap metrik.

3. Penyusunan konsep

Konsep produk adalah sebuah gambaran atau perkiraan mengenai teknologi, prinsip kerja, dan bentuk produk. Sasaran penyusunan konsep adalah menggali lebih jauh area konsep-konsep produk yang mungkin sesuai dengan kebutuhan konsumen. Konsep produk merupakan gambaran singkat bagaimana produk memuaskan kebutuhan konsumen.

Proses penyusunan konsep terdiri dari 4 langkah :

- a. Pemaparan masalah dengan diagram fungsi
- b. Pencarian eksternal
- c. Pencarian internal
- d. Penggalan secara sistematis dengan pohon klasifikasi dan tabel kombinasi.

4. Pemilihan konsep

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

Pemilihan konsep terdiri atas dua tahap, yaitu:

a. Penyaringan konsep

Tujuan penyaringan konsep adalah mempersempit jumlah konsep secara cepat dan untuk memperbaiki konsep.

b. Penilaian konsep

Pada tahap ini, tim memberikan bobot kepentingan relatif untuk setiap kriteria seleksi dan memfokuskan pada hasil perbandingan yang lebih baik dengan penekanan pada setiap kriteria.

5. Pengujian konsep

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

6. Penentuan spesifikasi akhir

Spesifikasi target yang telah ditentukan di awal proses ditinjau kembali setelah proses dipilih dan diuji. Pada tahap ini, tim harus konsisten dengan nilai-nilai besaran spesifik yang mencerminkan batasan-batasan pada konsep produk itu sendiri, batasan-batasan yang diidentifikasi melalui pemodelan secara teknis, serta pilihan antara biaya dan kinerja.

7. Perencanaan proyek

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

8. Analisis ekonomi

Analisis ekonomi digunakan untuk memastikan kelanjutan program pengembangan menyeluruh dan memecahkan tawar-menawar spesifik, misalnya antara biaya manufaktur dan biaya pengembangan. Analisis ekonomi merupakan salah satu kegiatan dalam tahap pengembangan.

9. Analisa produk-produk pesaing

Pemahaman mengenai produk pesaing adalah penting untuk penentuan posisi produk baru yang berhasil dan dapat menjadi sumber ide yang kaya untuk rancangan produk dan proses produksi. Analisis pesaing dilakukan untuk mendukung banyak kegiatan awal sampai akhir.

10. Pemodelan dan pembuatan prototipe

Setiap tahapan dalam proses pengembangan konsep melibatkan banyak bentuk model dan prototipe. Hal ini mencakup antara lain model pembuktian konsep yang akan membantu tim pengembangan dalam menunjukkan kelayakan model 'hanya bentuk' yang ditunjukkan kepada konsumen untuk mengevaluasi keergonomisan dan gaya, sedangkan model lembar kerja adalah untuk pilihan teknis.

2.2. Suara Konsumen (*voice of customer* atau *VOC*)

Adalah ekspresi dari kebutuhan dan keinginan customer. Bisa spesifik sebagai contoh "Saya butuh pengiriman dalam 3 hari" bisa juga ambiguous "Pengiriman yang lebih cepat". VOC dapat dibandingkan dengan data internal ("Voice of the Process") untuk menilai proses performance atau process capability kita saat ini. Untuk mengevaluasi tingkat pentingnya sebuah spesifikasi, biasa digunakan diagram kano. Diagram ini membagi spesifikasi dari pelanggan menjadi tiga jenis, harus ada (must be), Kemampuan (Performance) dan pemuas (delighter), dan membandingkan dengan tingkat keberadaan suatu spesifikasi (Wignjosoebroto, 2008).

2.2.1 Tahap pengumpulan *Voice of customer*

Pada tahap ini akan dilakukan survey untuk memperoleh suara pelanggan yang tentu membutuhkan waktu dan ketrampilan untuk mendengarkan. Proses QFD membutuhkan data konsumen yang ditulis sebagai atribut-atribut dari suatu produk atau jasa. Tiap atribut mempunyai data numerik yang berkaitan dengan kepentingan relatif atribut bagi konsumen dan tingkat performansi kepuasan konsumen dari produk yang dibuat berdasarkan atribut tadi (Nasution, 2003).

Data dari konsumen dapat menunjukkan variasi pola hubungan yang mungkin tergantung bagaimana performansi kepuasan atribut dikumpulkan. Interpretasi data ini harus memperhitungkan apakah pelanggan yang di-survey menggunakan satu atau beberapa produk dan apakah sampel pelanggan terdiri atas seluruh pelanggan dari berbagai tipe atau segmen. Langkah-langkah pada tahap ini secara ringkas dapat dijelaskan sebagai berikut (Nasution, 2003):

1. Mengklasifikasi kebutuhan pelanggan: Model klien menggunakan *revealed importance* dan *stated importance* tiap atribut untuk mengklasifikasikan kebutuhan pelanggan menjadi 4 katagori:

- a) Kebutuhan yang diharapkan (*expected needs*): *High stated importance* dan *Low revealed importance*.
- b) Kebutuhan impact rendah (*low-impat needs*): *Low stated importance* dan *Low revealed importance*.
- c) Kebutuhan impact tinggi (*high-impact needs*): *High stated importance* dan *High revealed importance*.
- d) Kebutuhan yang tersembunyi (*hidden needs*): *Low stated importance* dan *High revealed importance*.

2. Mengumpulkan data-data kualitatif

Untuk membuat keputusan perancangan yang sesuai dengan kebutuhan konsumen maka produsen harus mengerti kebutuhan sesungguhnya dari konsumen. Produsen harus bisa membedakan kebutuhan konsumen sesungguhnya dengan solusi teknisnya. Untuk megumpulkan data kualitatif bisa dilakukan dengan: 1) Wawancara satu persatu, 2) *Contextual Inquiry*, dan 3) Wawancara *focus grup*.

3. Analisa data pelanggan

Proses analisa data pelanggan ini akan menghasilkan diagram afinitas, dimana langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a) Identifikasi frase yang mewakili kebutuhan konsumen dengan menggunakan pernyataan dari pengalaman konkrit.
- b) Pilih tingkatan untuk mewakili keinginan atau kebutuhan konsumen dalam rumah kualitas (*house of quality*).
- c) Buat diagram Afinitas. Diagram afinitas merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi informasi yang bersifat kualitatif dan terstruktur secara hierarkis (*bottom up*).
- d) Mengurutkan frase-frase menjadi kebutuhan konsumen sesungguhnya (*true customer need*) menggunakan *voice of customer table*. Selama proses ini dikembangkan pertanyaan-pertanyaan, hal-hal yang harus dipecahkan dan ide-ide konsep produk.

4. Kuantifikasi data

Setelah diagram afinitas terbentuk maka langkah selanjutnya adalah mengkuantifikasi data. Data yang dibutuhkan untuk proses QFD adalah:

- Kepentingan relatif dari kebutuhan-kebutuhan tersebut
- Tingkat performansi kepuasan konsumen untuk masing-masing kebutuhan/keinginan

2.3. Desain Eksperimen

2.3.1. Pengertian Desain Eksperimen

Dalam ilmu matematika khususnya dalam bidang statistika terdapat beberapa metode untuk melakukan suatu percobaan salah satunya dengan melakukan eksperimen. Pada umumnya eksperimen dilakukan untuk mengetahui apakah rancangan percobaan yang dilakukan memenuhi standar atau tidak. Eksperimen juga digunakan untuk menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan rancangan percobaan (Fitria, 2009).

Dalam kamus webster, dipadankan dengan kata percobaan yang berarti suatu uji coba atau pengamatan khusus yang dibuat untuk menegasi atau membuktikan keadaan yang sebaliknya dari suatu yang meragukan, dibawah kondisi-kondisi khusus yang diditentukan oleh peneliti (Suwanda, 2011).

Desain eksperimen adalah salah satu metode statistik yang digunakan sebagai salah satu alat untuk meningkatkan dan untuk melakukan perbaikan kualitas. perunahan-perubahan terhadap variabel suatu proses atau sistem yang diharapkan akan memberikan hasil yang optimal dan cukup memuaskan (Iriawan, 2006).

Menurut Iriawan (2006) desain eksperimen berperan penting dalam mengembangkan proses dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan dalam proses agar kinerja proses meningkat. Desain eksperimen dapat didefinisikan sebagai suatu uji dengan mengubah-ubah variabel input (faktor) suatu proses sehingga bisa diketahui penyebab perubahan *output* (respons).

Desain Eksperimen adalah suatu Rancangan percobaan (dengan tiap langkah tindakan yang betul-betul terdefenisikan) sedemikian sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dan dikumpulkan (Tupan, 2010).

Desain eksperimen adalah alat penting dalam dunia teknik untuk meningkatkan kinerja dari proses produksi. Selain penerapan teknik-teknik desain eksperimen pada awal pengembangan proses produksi, desain eksperimen juga digunakan sebagai metode dalam membuat suatu desain untuk suatu produk baru atau

memperbaiki yang sudah ada. Beberapa aplikasi dari metode desain eksperimen dalam hal dunia teknik antara lain (Tjitro, 2003):

1. Evaluasi dan perbandingan dari beberapa konfigurasi desain dasar.
2. Evaluasi dari beberapa alternatif bahan baku.
3. Pemilihan dan penentuan parameter-parameter desain sehingga proses dapat berjalan baik dalam berbagai kondisi yang beraneka ragam dan mutu produk tetap terjaga.

2.3.2. Tujuan Desain Eksperimen

Tujuan yang ingin dicapai dari desain eksperimen adalah untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi yang sebanyak-banyaknya yang diperlukan dan berguna dalam melakukan penyidikan persoalan yang akan dibahas (Suwanda, 2011).

Musa dan Nasoetion (1989) menyatakan bahwa perancangan yang baik harus bersifat (Suwanda, 1989):

1. Efektif yaitu kemampuan dalam mencapai tujuan, sasaran, dan kegunaan yang digariskan.
2. Terkelola yaitu berkenaan dengan kenyataan adanya berbagai keterbatasan atau kendala yang terdapat dalam pelaksanaan percobaan maupun analisis data.
3. Efisien yaitu berkenaan dengan dana, sumberdaya, dan waktu.
4. Dapat dipantau, dikendalikan, dan dievaluasi

2.3.3. Prinsip Dasar Desain Ekperimen

Asas-asas atau prinsip dasar dari perancangan percobaan adalah (Suwanda, 2011):

1. Pengulangan.

Pengulangan dalah melakukan suatu perlakuan terhadap lebih dari satu unit eksperimen. Fungsi dari pengulangan adalah:

- a. Memberikan taksiran kekeliruan eksperimen yang dapat dipakai untuk menentukan panjang interval konfidens atau dan dapat digunakan sebagai satuan dasar pengukuran untuk penetapan taraf signifikansi dari perbedaan-perbedaan yang diamati.

- b. Dapat menghasilkan taksiran yang lebih akurat untuk kekeliruan eksperimen.
- c. Memungkinkan untuk memperoleh taksiran yang lebih baik mengenai efek rata-rata suatu faktor

2. Pengacakan.

Dimaksudkan bahwa unit eksperimen yang akan dikenai perlakuan harus dipilih secara acak atau sebaliknya. Pengacakan ini berfungsi sebagai:

- a. Menghindari adanya kekeliruan yang sistematis.
- b. Memenuhi asumsi independen agar pengamatan pada suatu analisis statistika.

Pengacakan satuan-satuan percobaan yang akan menerima perlakuan-perlakuan dimaksudkan agar masing-masing satuan percobaan mempunyai peluang yang sama besar untuk menerima suatu perlakuan.

3. Kontrol Lokal.

Merupakan langkah-langkah atau usaha-usaha yang berbentuk penyeimbangan, penggolongan dan pengelompokan. Pengelompokan diartikan sebagai penempatan sekumpulan unit eksperimen yang homogen kedalam kelompok-kelompok agar supaya kelompok yang berbeda memungkinkan untuk mendapatkan perlakuan yang berbeda pula.

Penggolongan berarti pengalokasian unit-unit eksperimen kedalam suatu golongan sedemikian sehingga unit-unit eksperimen secara relatif bersifat homogen berdasar satu atau beberapa peubah selain yang dipergunakan untuk mencirikan medan, tempat, dan ruang.

Penyeimbang merupakan usaha-usaha untuk memperoleh unit-unit eksperimen, usaha pengelompokan, pemblokkan, dan penggunaan perlakuan terhadap unit-unit perlakuan terhadap unit-unit eksperimen sedemikian rupa sehingga dihasilkan suatu konfigurasi atau formasi yang seimbang.

2.4. Metode Taguchi

Ide atau gagasan dari Dr. Genichi Taguchi mengenai *quality engineering* telah digunakan selama beberapa tahun di Jepang. Pada tahun 1980-an ide beliau mengenai desain eksperimen telah diperkenalkan di dunia barat. Sasaran *quality engineering* adalah merancang kualitas ke dalam tiap-tiap produk dan proses yang sesuai. Usaha peningkatan kualitas ini dikenal sebagai metode *off-line quality control* (Triastuti Wuryandari, 2009).

Metode Taguchi merupakan perbaikan kualitas dengan metode percobaan “baru”, artinya melakukan pendekatan lain yang memberikan tingkat kepercayaan yang sama dengan SPC (*Statistical Proses Control*). Metode *off-line* Taguchi sangat efektif dalam peningkatan kualitas dan juga mengurangi biaya. Rekayasa kualitas yang diusulkan Taguchi bertujuan agar performansi produk/prosesnya tidak sensitif atau tangguh terhadap faktor yang sulit dikendalikan (Triastuti Wuryandari, 2009).

Taguchi mengembangkan faktor perancangan dan pengembangan produk atau proses kedalam dua kelompok yaitu faktor terkendali (faktor yang dapat dikendalikan) dan faktor noise (faktor yang tidak dapat dikendalikan langsung oleh produsen) (Nasution, 2010).

Metode Taguchi merupakan *off-line quality control* artinya pengendalian kualitas yang preventif, sebagai desain produk atau proses sebelum sampai pada produksi di tingkat *shop floor*. *Off-line quality control* dilakukan pada saat awal dalam *life cycle product* yaitu perbaikan pada awal untuk menghasilkan produk (*to get right first time*). Kontribusi Taguchi pada kualitas adalah (Iriawan, 2006):

1. *Loss Function*: Merupakan fungsi kerugian yang ditanggung oleh masyarakat (produsen dan konsumen) akibat kualitas yang dihasilkan. Bagi produsen yaitu dengan timbulnya biaya kualitas sedangkan bagi konsumen adalah adanya ketidakpuasan atau kecewa atas produk yang dibeli atau dikonsumsi karena kualitas yang jelek.
2. *Orthogonal Array*: *Orthogonal Array* digunakan untuk mendesain percobaan yang efisien dan digunakan untuk menganalisis data percobaan. *Orthogonal array* digunakan untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi

informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari *Orthogonal Array* terletak pada pemilihan kombinasi level dari variabel-variabel input untuk masing-masing eksperimen.

3. *Robustness*: Meminimasi sensitivitas sistem terhadap sumber-sumber variasi.

Menurut Ishak (2002) terdapat tiga tahapan metoda dalam mencapai desain sempurna dari Genichi Taguchi antara lain (Kurniawan, 2002):

2.4.1. Concept Design

Yaitu upaya dimana konsep-konsep, ide-ide, metode baru dan lainnya dimunculkan untuk memberi peningkatan produk. Merupakan tahap pertama dalam desain dan merupakan tahap konseptual pada pembuatan produk baru atau inovasi proses. Konsep mungkin berasal dari dari percobaan sebelumnya, pengetahuan alam atau teknik, perubahan baru atau kombinasinya.

1. Suatu proses pengujian kompetisi teknologi dalam membuat/memproduksi suatu produk.
2. Prototipe desain dari produk yang akan dibuat dan kesesuaian dengan kebutuhan konsumen bahkan dibawah kondisi yang ideal tanpa terdapat gangguan.

2.4.2. Parameter Design

Tahap ini merupakan pembuatan secara fisik atau prototipe secara matematis berdasarkan tahap sebelumnya melalui percobaan secara statistik. Tujuannya adalah mengidentifikasi *setting* parameter yang akan memberikan performansi rata-rata pada target dan menentukan pengaruh dari faktor gangguan pada variasi dari target.

1. Memilih faktor parameter dan *level* optimalnya.
2. Mengendalikan faktor adalah manajemen variabel proses yang dapat mempengaruhi desain.
3. *Level* parameter yang optimal dapat ditentukan dan dihitung melalui eksperimental.

2.4.3. *Tolerance Design*

Penentuan toleransi dari parameter yang berkaitan dengan kerugian pada masyarakat akibat penyimpangan produk dari target. Pada tahap ini, kualitas ditingkatkan dengan mengetatkan toleransi pada parameter produk atau proses untuk mengurangi terjadinya variabilitas pada performansi produk.

1. Menembangkan batasan spesifikasi.
2. Terjadi setelah *design parameter* ditentukan.
3. Hasilnya sering mengakibatkan peningkatan biaya-biaya produksi.

Tiada lain tujuan dari ketiga tahapan ini adalah untuk hasilkan produk atau proses yang tangguh (*Robust*) sehingga metode taguchi sering kenal dengan *Robust Design Method* . Sehingga perusahaan berusaha untuk menghindari permasalahan dengan mengoptimisasi desain produk dan proses manufakturnya. Dalam pendekatannya *robust design* berusaha untuk desain product atau proses agar tidak sensitif terhadap berbagai faktor-faktor penyebab variasi. Untuk menghasilkan produk atau proses yang tangguh, dapat dilakukan dengan menggunakan lima pendekatan sebagai berikut (Kurniawan, 2010).

1. Gunakan diagram proses (P-diagram) untuk mengenali variabel-variabel yang terkait dengan produk dan proses dan mengklasifikasikannya. Ke dalam *Noise, Controllable Factor, signal* dan *response*.
2. Fungsi ideal dari produk atau proses, serta memetakan hubungan input output sebagai kerangka desain untuk membuat produk atau proses dapat bekerja secara lebih sempurna.
3. Penggunaan *quality loss function* untuk menghitung kerugian yang di harus ditanggung oleh customer akibat variasi dari target performansi.
4. Penggunaan *Signal to Noise (S/N)* untuk memprediksi *field quality* melalui eksperimen.
5. Penggunaan orthogonal arrays untuk mengumpulkan informasi yang dapat dipercaya untuk mengendalikan faktor-faktor proses.

1.5. Langkah Penelitian Taguchi

Pada penelitian dengan metode Taguchi, langkah-langkah ini dibagi menjadi tiga fase utama yang meliputi keseluruhan pendekatan eksperimen. Tiga fase tersebut adalah (1) fase perencanaan, (2) fase pelaksanaan, dan (3) fase analisis. Fase perencanaan merupakan fase yang paling penting dari eksperimen untuk menyediakan informasi yang diharapkan. Fase perencanaan adalah ketika faktor dan levelnya dipilih, dan oleh karena itu, merupakan langkah yang terpenting dalam eksperimen. Fase terpenting kedua adalah fase pelaksanaan, ketika hasil eksperimen telah didapatkan. Jika eksperimen direncanakan dan dilaksanakan dengan baik, analisis akan lebih mudah dan cenderung untuk dapat menghasilkan informasi yang positif tentang faktor dan level. Fase analisis adalah ketika informasi positif atau negatif berkaitan dengan faktor dan level yang telah dipilih dihasilkan berdasarkan dua fase sebelumnya. Fase analisis adalah hal penting terakhir yang mana apakah peneliti akan dapat menghasilkan hasil yang positif (Hartono, 2012).

Langkah utama untuk melengkapi desain eksperimen yang efektif sebagai berikut (Hartono, 2012):

- 1) Perumusan masalah, perumusan masalah harus spesifik dan jelas batasannya dan secara teknis harus dapat dituangkan ke dalam percobaan yang akan dilakukan.
- 2) Tujuan eksperimen, tujuan yang melandasi percobaan harus dapat menjawab apa yang telah dinyatakan pada perumusan masalah, yaitu mencari sebab yang menjadi akibat pada masalah yang kita amati.
- 3) Memilih karakteristik kualitas (Variabel Tak Bebas), variabel tak bebas adalah variabel yang perubahannya tergantung pada variabel-variabel lain. Dalam merencanakan suatu percobaan harus dipilih dan ditentukan dengan jelas variabel tak bebas yang akan diselidiki.
- 4) Memilih faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas (Variabel Bebas), Variabel bebas (faktor) adalah variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variabel lain. Pada tahap ini akan dipilih faktor-faktor yang akan diselidiki pengaruhnya terhadap variabel tak bebas yang bersangkutan. Dalam

seluruh percobaan tidak seluruh faktor yang diperkirakan memengaruhi variabel yang diselediki, sebab hal ini akan membuat pelaksanaan percobaan dan analisisnya menjadi kompleks. Hanya faktor-faktor yang dianggap penting saja yang diselediki.

- 5) Mengidentifikasi faktor terkontrol dan tidak terkontrol, dalam metode Taguchi, faktor-faktor tersebut perlu diidentifikasi dengan jelas karena pengaruh antara kedua jenis faktor tersebut berbeda. Faktor terkontrol (*control factors*) adalah faktor yang nilainya dapat diatur atau dikendalikan, atau faktor yang nilainya ingin kita atur atau kendalikan. Sedangkan faktor gangguan (*noise factors*) adalah faktor yang nilainya tidak bisa kita atur atau dikendalikan, atau faktor yang tidak ingin kita atur atau kendalikan.
- 6) Penentuan jumlah level dan nilai faktor, pemilihan jumlah level penting artinya untuk ketelitian hasil percobaan dan ongkos pelaksanaan percobaan. Makin banyak level yang diteliti maka hasil percobaan akan lebih teliti karena data yang diperoleh akan lebih banyak.
- 7) Identifikasi interaksi antar faktor kontrol, interaksi muncul ketika dua faktor atau lebih mengalami perlakuan secara bersama akan memberikan hasil yang berbeda pada karakteristik kualitas dibandingkan jika faktor mengalami perlakuan secara sendiri-sendiri. Kesalahan dalam penentuan interaksi akan berpengaruh pada kesalahan interpretasi data dan kegagalan dalam penentuab proses yang optimal.
- 8) Perhitungan derajat kebebasan (*degrees of freedom/ dof*), perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum percobaan yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati.
- 9) Pemilihan *Orthogonal Array* (OA), dalam memilih jenis *Orthogonal Array* harus diperhatikan jumlah level faktor yang diamati yaitu: jika semua faktor adalah dua level: pilih jenis OA untuk level dua faktor, jika semua faktor adalah tiga level: pilih jenis OA untuk level tiga faktor, jika beberapa faktor adalah dua level dan lainnya tiga level: pilih yang mana yang dominan dan gunakan *dummy treatment*, metode Kombinasi, atau *metode idle column*, jika terdapat campuran dua, tiga, atau empat level faktor: lakukan modifikasi OA dengan metode *merging column*.

- 10) Penugasan untuk faktor dan interaksinya pada *orthogonal array*, penugasan faktor-faktor baik faktor kontrol maupun faktor gangguan dan interaksi-interaksinya pada *orthogonal array* terpilih dengan memperhatikan grafik linier dan tabel *triangular*. Kedua hal tersebut merupakan alat bantu penugasan faktor yang dirancang oleh Taguchi. Grafik linier mengindikasikan berbagai kolom ke mana faktor-faktor tersebut. Tabel triangular berisi semua hubungan interaksi-interaksi yang mungkin antara faktor-faktor (kolom-kolom) dalam suatu OA.
- 11) Persiapan dan Pelaksanaan Percobaan, persiapan percobaan meliputi penentuan jumlah replikasi percobaan dan randomisasi pelaksanaan percobaan.
- 12) Analisis Data, pada analisis dilakukan pengumpulan data dan pengolahan data yaitu meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian data dalam suatu *lay out* tertentu yang sesuai dengan desain yang dipilih untuk suatu percobaan yang dipilih.
- 13) Interpretasi Hasil, interpretasi hasil merupakan langkah yang dilakukan setelah percobaan dan analisis telah dilakukan. Interpretasi yang dilakukan antara lain dengan menghitung persentase kontribusi dan perhitungan selang kepercayaan faktor untuk kondisi perlakuan saat percobaan.
- 14) Percobaan konfirmasi, percobaan konfirmasi adalah percobaan yang dilakukan untuk memeriksa kesimpulan yang didapat.

Tujuan percobaan konfirmasi adalah untuk memverifikasi:

- 1) Dugaan yang dibuat pada saat model performansi penentuan faktor dan interaksinya.
- 2) *Setting* parameter (faktor) yang optimum hasil analisis hasil percobaan pada performansi yang diharapkan (Hartono, 2000).

2.6 Antropometri

Istilah antropometri berasal dari " anthro " yang berarti manusia dan "metri " yang berarti ukuran. Secara definitif anthropometri dapat dinyatakan sebagai satu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Manusia pada dasarnya akan memiliki bentuk, ukuran (tinggi, lebar dsb.) berat dll. Yang berbeda

satu dengan yang lainnya. Anthropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan (desain) produk maupun sistem kerja yang akan memerlukan interaksi manusia. Data anthropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas antara lain dalam hal (Wignjosoebroto, 2008)

- a. Perancangan areal kerja (*work station, interior mobil, dll*)
- b. Perancangan peralatan kerja seperti mesin, *equipment*, perkakas (*tools*) dan sebagainya.
- c. Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, kursi/meja komputer dll.
- d. Perancangan lingkungan kerja fisik.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data anthropometri akan menentukan bentuk, ukuran dan dimensi yang tepat yang berkaitan dengan produk yang dirancang dan manusia yang akan mengoperasikan / menggunakan produk tersebut. Dalam kaitan ini maka perancangan produk harus mampu mengakomodasikan dimensi tubuh dari populasi terbesar yang akan menggunakan produk hasil rancangannya tersebut. Secara umum sekurang-kurangnya 90 % - 95 % dari populasi yang menjadi target dalam kelompok pemakai suatu produk haruslah mampu menggunakannya dengan selayaknya.

Manusia pada umumnya berbeda-beda dalam hal bentuk dan dimensi ukuran tubuhnya. Beberapa faktor yang mempengaruhi ukuran tubuh manusia, yaitu (Suhardi, 2008):

1. Umur

Ukuran tubuh manusia akan berkembang dari saat lahir sampai sekitar 20 tahun untuk pria dan 17 tahun untuk wanita. Setelah itu, tidak lagi akan terjadi pertumbuhan bahkan justru akan cenderung berubah menjadi pertumbuhan menurun ataupun penyusutan yang dimulai sekitar umur 40 tahunan.

2. Jenis kelamin (*sex*)

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

3. Suku bangsa (etnik)

Setiap suku bangsa ataupun kelompok etnik tertentu akan memiliki karakteristik fisik yang berbeda satu dengan yang lainnya.

4. Sosial ekonomi

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

5. Posisi tubuh (*posture*)

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

Selain faktor-faktor tersebut diatas masih ada beberapa faktor lain yang mempengaruhi variabilitas ukuran tubuh manusia seperti (Wignjosoebroto, 2008):

1. Cacat Tubuh

Dimana data anthropometri disini akan diperlukan untuk perancangan produk bagi orang-orang cacat (kursi roda, tangan palsu, dll)

2. Pakaian

Tebal tipisnya pakaian yang dikenakan, dimana faktor iklim yang berbeda akan memberikan variasi berbeda-beda pula dalam bentuk rancangan dan spesifikasi pakaian. Dengan demikian dimensi tubuh orang pun akan berbeda dari satu tempat dengan tempat yang lainnya.

3. Faktor Kehamilan (*pregnancy*)

Kondisi semacam ini akan mempengaruhi bentuk dan ukuran tubuh khususnya bagi perempuan. Hal tersebut jelas memerlukan perhatian khusus terhadap produk-produk yang dirancang bagi segmen seperti ini.

Data antropometri dapat dimanfaatkan untuk menetapkan dimensi ukuran produk yang akan dirancang dan disesuaikan dengan dimensi tubuh manusia yang akan menggunakannya. Sehingga prinsip-prinsip apa yang harus diambil didalam aplikasi data antropometri tersebut harus ditetapkan terlebih dahulu. Pada dasarnya ada dua prinsip umum dalam menggunakan data antropometri untuk proses perancangan. Perancangan untuk individu ekstrim prinsip ini digunakan apabila

diharapkan fasilitas yang dirancang tersebut dapat dipakai dengan enak, nyaman, aman, sehat, efisien (ENASE) oleh sebagian besar orang-orang yang memakainya (biasanya minimal oleh 95 % pemakai), atau produk ini dirancang agar bisa memenuhi dua sasaran produk yaitu (Emilia Sari, 2011) :

1. Bisa sesuai untuk ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim, dalam artian terlalu besar atau terlalu kecil bila dibandingkan dengan rata-ratanya.
2. Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada).

Perancangan untuk individu ekstrim ini terdiri atas dua, yaitu:

a. Ekstrim atas

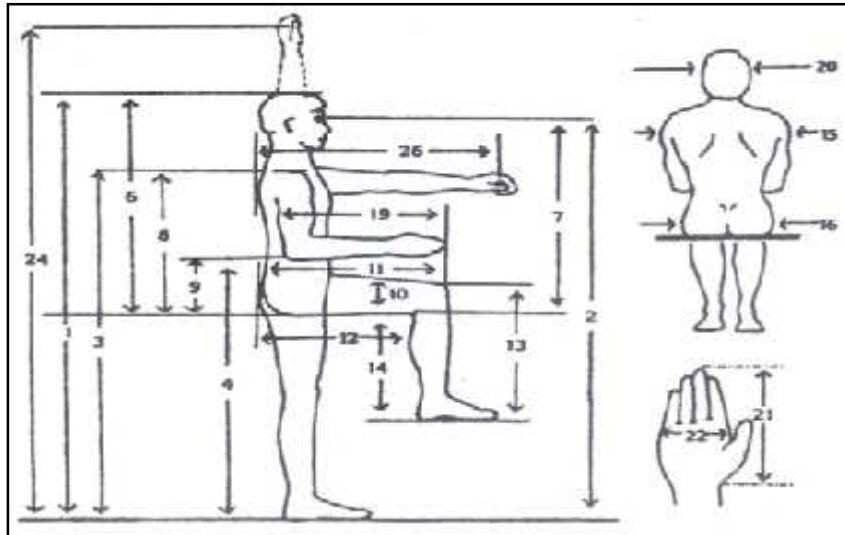
Perancangan dilakukan berdasarkan nilai persentil yang terbesar, seperti persentil 90%, persentil 95% atau persentil 99%. Contoh penggunaannya adalah pada penetapan ukuran minimal dari lebar dan tinggi pintu darurat.

b. Ekstrim bawah

Perancangan dilakukan berdasarkan nilai persentil yang terkecil, seperti persentil 1%, persentil 5% atau persentil 10%. Contoh penggunaannya adalah pada penetapan jarak jangkauan dari suatu mekanisme kontrol yang harus dioperasikan oleh seorang pekerja.

2.6.1 Dimensi Anthropometri dan Pengukurannya

Manusia pada umumnya akan berbeda-beda dalam hal bentuk dan dimensi ukuran tubuhnya seperti faktor umur, jenis kelamin, suku, posisi tubuh. Selanjutnya untuk memperjelas mengenai data antropometri agar bisa diaplikasikan dalam berbagai rancangan produk ataupun fasilitas kerja, maka anggota tubuh yang perlu diukur dapat dilihat pada gambar-gambar yang ada dibawah ini:



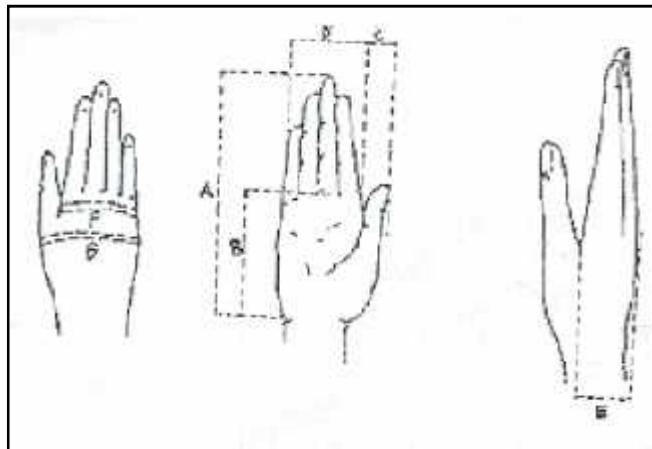
Gambar 2.2. Dimensi Anthropometri Tubuh Manusia yang diperlukan untuk Perancangan Produk atau Fasilitas Kerja (Sumber: Wignjosoebroto, 2008)

Keterangan Gambar 2.2:

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

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

2.6.2 Anthropometri Tangan



Gambar 2.3 Anthropometri Tangan. (Sumber: Liliana, dkk, 2007)

Keterangan Gambar 2.3:

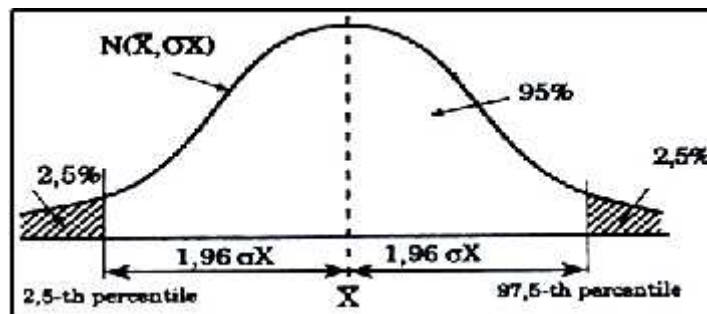
1. Panjang tangan (A)
2. Panjang telapak tangan (B)
3. Lebar tangan sampai ibu jari (C)
4. Lebar tangan sampai matakarpal (D)
5. Ketebalan tangan sampai matakarpal (E)
6. Lingkar tangan sampai telunjuk (F)
7. Lingkar tangan sampai ibu jari (G)

2.7. *Analysis of Variance (ANOVA)*

Analisis varians (ANOVA) merupakan suatu teknik statistik yang memungkinkan untuk mengetahui apakah dua atau lebih *mean* populasi akan bernilai sama dengan menggunakan data dari sampel-sampel masing-masing populasi (Harinaldi,2005). Analisis varians juga dapat digunakan dalam pengujian hipotesis sampel ganda untuk *mean*, namun biasanya analisis varians lebih efektif digunakan untuk menguji tiga atau lebih populasi. Tentunya jumlah variabel yang berkaitan dengan sampel bisa satu atau lebih. (Utami, 2009).

2.7.1. Penggunaan Distribusi Normal

Penerapan data antropometri akan dapat dilakukan jika tersedia nilai rata-rata (*mean*) dan standar deviasinya dari suatu distribusi normal. Adapun distribusi normal ditandai dengan adanya nilai rata-rata (*mean*) dan SD (standar deviasi). Sedangkan persentil adalah suatu nilai yang menyatakan persentase tertentu dari sekelompok orang yang dimensinya sama dengan atau lebih rendah dari nilai tersebut. Misalnya 95% dari populasi adalah sama atau lebih rendah dari 95 persentil, dan 5% dari populasi berada sama dengan atau lebih rendah dari 5 persentil (Nurmianto, 2008).



Gambar 2.4. Kurva Distribusi Normal dengan Data Antropometri 95 Persentil. (Sumber: Nurmianto, 2005)

Untuk penetapan data antropometri ini, pemakaian distribusi normal akan umum diterapkan. Dalam statistik, distribusi normal dapat diformulasikan berdasarkan harga rata-rata (*mean*) dan simpangan standar dari data yang ada. Dari nilai yang ada tersebut, maka "percentiles" dapat ditetapkan sesuai dengan tabel probabilitas distribusi normal. Dengan persentil, maka dimaksudkan disini adalah suatu nilai yang menunjukkan nilai persentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau dibawah nilai tersebut. Sebagai contoh 95-th persentil akan menunjukkan 95% populasi yang berada pada atau dibawah pada ukuran tersebut, sedangkan 5-th persentil akan menunjukkan 5% populasi akan berada pada atau dibawah ukuran itu. Seperti ditunjukkan pada Tabel dibawah ini (Wignjosoebroto, 2008).

Tabel 2.1 Persentil Untuk Data Berdistribusi Normal

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

(Sumber: Nurmianto, 2005)

Dalam pokok bahasan Antropometri, 95 persentil akan menggambarkan ukuran manusia yang berukuran besar, sedangkan 5 persentil sebaliknya akan menunjukkan ukuran manusia yang berukuran kecil. Bilamana diharapkan ukuran yang mampu mengakomodasikan 95% dari populasi yang ada, maka disini diambil rentang 2,5 dan 97,5 persentil adalah batas ruang yang dapat dipakai (Nurmianto, 2005).

Adapun pendekatan dalam penggunaan data Antropometri, adalah sebagai berikut:

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

2.8. Pengujian Data

Setiap akan melakukan perbaikan terhadap suatu objek fisik, baik itu kelenturan tubuh maupun peralatan kerja, maka diperlukan pengukuran data antropometri yang berhubungan dengan obyek yang diteliti. Sebelum diolah lebih lanjut, data-data yang dikumpulkan harus diuji terlebih dahulu. Uji-uji tersebut meliputi uji kenormalan data, uji keseragaman data, dan uji kecukupan data.

2.8.1. Uji Normalitas Data

Uji kenormalan data digunakan untuk mengetahui apakah suatu data berdistribusi normal atau tidak. Untuk uji kenormalan data digunakan distribusi *Chi square* ($X^2\alpha$).

1. *Input* data pada program SPSS for Windows 12.0.

Distribusi *Chi square* dapat dihitung melalui program SPSS for Windows 12.0., adapun langkah-langkahnya adalah (Priyatno, 2009):

- a. Bukalah program SPSS.
 - b. Klik *Variable View* pada SPSS data editor.
 - c. Pada kolom *Name* ketik data antropometri, untuk kolom yang lain seperti *Decimals, Type, Width, Decimals, Label, Values, Missing, Columns, Align, Measure* di abaikan saja.
 - d. Masuklah ke halaman *Data View* dengan klik *Data View*.
 - e. Isiskan data yang akan di uji.
 - f. Selanjutnya, kliklah *Analyze > Nonparametrics Test > Chi Square*.
 - g. Setelah itu, akan tampil kotak dialog *chi square test*. Masukkan variabel data antropometri ke kotak *test variable list*.
 - h. Klik OK. Hasil *output* akan terlihat.
- #### 2. Analisis

a. *Output* frekuensi data antropometri

Hasil *output* akan menjelaskan tentang hasil frekuensi data teramati (*Observed N*), frekuensi data harapan (*Expected N*), dan nilai sisa (*Residual*) dari tiap jenis data antropometri. Disini diharapkan data antropometri dari semua jenis adalah sama.

b. *Output Test Statistics*

Output Test Statistics menggambarkan uji *Chi square*. Langkah-langkah pengujiannya sebagai berikut:

- Merumuskan hipotesis

H0: Data berdistribusi normal

H1: Data tidak berdistribusi normal

- Menentukan *Chi square* hitung dan signifikansi

Dari *output* dapat didapat *Chi square* hitung dan signifikansi.

- Menentukan *Chi square table*.

Chi square tabel dapat dilihat pada tabel statistik pada tingkat signifikansi 0.05 dan $df = k-1$ (k dalam hal ini adalah jumlah jenis data).

- Kriteria pengujian

Jika *Chi square* hitung < *Chi square* tabel, maka H0 diterima.

Jika *Chi square* hitung > *Chi square* tabel, maka H0 ditolak.

2.8.2. Uji Keseragaman Data

Untuk memastikan bahwa data yang terkumpul berasal dari sistem yang sama, maka dilakukan pengujian terhadap keseragaman data. Perlunya dilakukan uji keseragaman data adalah untuk memisahkan data yang memiliki karakteristik yang berbeda. Adapun rumus yang digunakan untuk melakukan uji keseragaman data yaitu sebagai berikut (Purnomo, 2004):

$$\bar{X} = \frac{\sum X_1}{n}$$

$$BKA = \bar{X} + k\alpha$$

$$BKB = \bar{X} - k\alpha$$

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

Dimana :

BKA = Batas Kontrol Atas

BKB = Batas Kontrol Bawah

\bar{X} = Nilai Rata-rata

= Standar Deviasi

k = Tingkat keyakinan

2.8.3. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data ini dilakukan bertujuan untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan adalah cukup secara objektif. Idealnya pengukuran harus dilakukan dalam jumlah yang banyak, bahkan sampai jumlah yang tak terhingga, agar data yang data hasil dari pengukuran itu layak untuk digunakan. Namun pengukuran dalam jumlah yang banyak sulit untuk dilakukan mengingat keterbatasan-keterbatasan yang ada baik dari segi waktu, biaya, tenaga dan sebagainya (Purnomo, 2004).

Pengujian kecukupan data ini dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$N' = \left(\frac{40 \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right)^2$$

Dimana :

N' = jumlah pengukuran yang seharusnya dilaksanakan.

N = jumlah pengamatan yang dilakukan.

X = data antropometri untuk tiap-tiap individu pengamatan.

Apabila $N' < N$, maka dikatakan telah cukup. Namun, apabila $N' > N$, maka jumlah data belum cukup sehingga harus dilakukan penambahan data sebesar selisih antara N' dan N . Setelah itu kembali dilakukan kembali pengujian kenormalan data, uji keseragaman data, dan uji kecukupan data.

2.9 Populasi, Sampel dan Teknik *Sampling*

2.9.1. Populasi

Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas obyek/subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulan (Kurniawan, 2010).

Dalam penelitian ini populasi yang dimaksudkan adalah keramba yang ada kecamatan kampar

2.9.2. Sampel

Setelah melakukan pengumpulan data sekunder dapat diketahui jumlah keramba kecamatan kampar dari desa yang berada di aliran sungai yaitu sebanyak 3131 keramba. Agar sampel pada penelitian ini dapat mewakili populasi maka dapat ditentukan jumlah sampel yang dihitung dengan menggunakan rumus Solvin (Wardani, 2011):

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

Keterangan : n = Jumlah Sampel

N = Jumlah Populasi

e = Persentase kelonggaran ketidaktelitian (Presesi) kesalahan pengambilan sampel yang masih dapat ditolerir.

Teknik *Sampling*

Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah *random sampling* sederhana. Dimana teknik *random sampling* sederhana dilakukan dengan memberikan kesempatan yang sama pada setiap anggota populasi untuk menjadi anggota sampel.

2.10. Kegunaan Metode Sampling

Kegunaan sampling didalam penelitian antara lain sebagai berikut (Masniari Lubis, 2003):

1. Menghemat biaya

Proses pelaksanaan penelitian yang mencakup alat penelitian, pengumpulan data, pengolahan data dan sebagainya memerlukan biaya yang relatif besar. Bila penelitian dilakukan terhadap seluruh obyek yang diteliti tentu akan memakan banyak biaya, dengan sampling biaya tersebut dapat ditekan atau dikurangi.

2. Mempercepat pelaksanaan penelitian

Penelitian yang dilakukan terhadap obyek yang banyak akan memakan waktu yang lebih lama dibanding penelitian yang dilakukan terhadap sebagian obyek.

3. Menghemat tenaga

Pelaksanaan penelitian yang dilakukan terhadap seluruh obyek populai dan memerlukan tenaga yang lebih banyak bila dibandingkan penelitian yang dilakukan terhadap sebagian populasi saja

4. Memperluas daerah lingkup penelitian

Penelitian yang dilakukan terhadap seluruh obyek dan memakan waktu, tenaga biaya dan fasilitas-fasilitas lain yang lebih besar. Bila penelitian dilakukan terhadap sampel maka dengan tenaga, waktu dan biaya yang sama dapat dilakukan penelitian yang lebih luas ruang lingkupnya

2.11. Sifat mekanis kayu

Dalam penelitian ini hal yang terpenting ada bahan, karna kualitas dari keramba itu terletak pada kekuatan kayu itu sendiri. Di Indonesia memiliki banyak jenis kayu, dari kayu tersebut kita hanya mengambil beberapa jenis kayu saja untuk di lakukan eksperiment. Berikut ini adalah jenis kayu perdagangan yang ada di Indonesia.(TR mardikanto,lina karlina sari, effendi,2011)

No.	Jenis Kayu	B.J. Rata2	Kelas Awet	Kelas Kuat
1	Agathis	0,49	IV	III
2	Anpupu	0,89	III,I	II,I
3	Bakau	0,94	III	I,II
4	Balau	0,98	I	I,II
5	Balsa	-	V	V
6	Bayur	0,52	IV	II,III
7	Bangkirai	0,91	1,II,III	I,II
8	Bedaru	1,84	I	I
9	Belangeran	0,86	II,I,III	I,II
10	Benuang	0,33	V	IV,V
11	Benuang Laki	0,39	IV,V	IV,V
12	Berumbung	0,85	II	II,I
13	Bintangur	0,78	III	II,III
14	Bongin	1,82	III	I
15	Bugis K.	0,88	III,IV	II,III
16	Bungur	0,88	II,III	I,II
17	Cemara	-	II,III	I,II
18	Cempaga	0,71	II,III	II
19	Cempaka	-	II	III,IV
20	Cendana	0,84	II	II,I
21	Cengal	0,70	II,III	II,III
22	Dahu	0,58	IV	III,IV
23	Durian	0,64	IV,V	II,III
24	Ebony	1,05	I	I
25	Gadok	0,75	III,II	II,III,I
26	Gelam	-	III	II
27	Gerunggang	0,47	IV	III,IV

No.	Jenis Kayu	B.J. Rata2	Kelas Awet	Kelas Kuat
28	Gia	0,91	I,IV	I,II
29	Giam	0,99	I	I
30	Gisok	0,83	II,III	II,I
31	Gofasa	0,74	II,III	II,III
32	Jabon	0,42	V	III,IV
33	Jangkang	0,63	IV,V	III,II
34	Jati	0,70	I,II	II
35	Jelutung	0,40	V	III,V
36	Jeungjing	0,33	IV,V	IV,V
37	Jobar	0,84	I,II	II,I
38	Kapuk Hutan	0,30	V	IV,V
39	Kapur	0,81	II,III	II,I
40	Kedunba	0,84	IV	III
41	Kemenyan	0,57	IV,V	III,II
42	Kemeri	0,31	V	IV,V
43	Kempas	0,95	III,IV	I,II
44	Kenanga	0,33	V	IV,V
45	Kenari	0,55	IV	III
46	Keruing	0,79	III	I,II
47	KerANJI	0,98	I	I,II
48	Kesambi	0,01	III	I
49	Ketapang	-	III,IV	II,III
50	Kolaka	0,96	III	I
51	Kuku	0,87	II	I
52	Kulim	0,94	I,II	I
53	Kupang	-	II,IV	II,III
54	Lara	1,15	I	I
55	Lasi	0,01	II	II

No.	Jenis Kayu	B.J. Rata2	Kelas Awet	Kelas Kuat
56	Leda	0,57	IV,V,II	II,IV
57	Mahang	-	IV,V	II,IV
58	Mahoni	0,64	III	II,III
59	Malas K.	1,04	II,III	I
60	Matoa	0,77	III,IV	II,I,III
61	Medang	-	III,IV	II,V
62	Melur	0,52	IV	II,IV
63	Membacang	-	II,V	II,III
64	Mendarahan	-	V	II,IV
65	Menjalin	-	V	I,III
66	Mensira G.	0,61	V	II,III
67	Mentibu	0,53	IV,V	III
68	Merambung	0,38	V	IV,V
69	Meranti M.	0,55	III,IV	II,IV
70	Meranti P.	0,54	III,IV	II,IV
71	Merawan	0,70	II,III	II,III
72	Merbau	0,88	I,II	I,II
73	Merpayang	0,65	V	II,III
74	Mersawa	0,46	IV	II,III
75	Nyatoh	0,67	II,III	II,I,II
76	Nyirih	-	II,III	II
77	Pasang	-	II,IV	I,III
78	Patin K.	0,92	I	I,II
79	Pelawan	-	I,II	I
80	Perepat Darat	0,76	III	II
81	Perepat Laut	0,78	II,III	II,I
82	Perupuk	0,56	IV,V	II,III
83	Petaling	0,91	I,II	I,II

No.	Jenis Kayu	B.J. Rata2	Kelas Awet	Kelas Kuat
84	Petanang	0,75	III	II
85	Pilang	0,79	III	II
86	Pimping	-	III,IV	I,II
87	Pinang K.	0,66	III,IV	II,III
88	Pulai	0,46	III,V	IV,V
89	Punak	0,76	III,IV	II
90	Puspa	-	III	II
91	Putat	-	II,III	I,II
92	Ramin	0,63	IV	II,III
93	Rasamala	0,81	II,III	II
94	Rengas	0,69	II	II
95	Resak	0,70	III	II
96	Salimuli	0,64	I,II	II,III
97	Sampang	-	V	III,IV
98	Saninten	0,76	III	II
99	Sawokecik	1,03	I	I
100	Sendok- sendok	0,45	V	III,II

Tabel.2 4 jenis dan sifat mekanis kayu .(sumber : TR mardikanto,2011)

Ket : kelas awet dan kuat di buat golongan berdasarkan rangkingnya.