# BAB 2
# TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

## 2.1. Tinjauan Pustaka

Tinjauan kepustakaan adalah penjelasan sistematis yang berisi informasi beberapa penelitian yang telah dilakukan beberapa peneliti terdahulu dan sesuai penelitian yang akan dilakukan. Infromasi pada penelitian sebelumnya tersebut bisa menjadi pedoman atau acuan pada penelitian yang akan dikerjakan sehingga dapat menyempurnakan ataupun mengembangkan untuk penelitian sebelumnya. Pada subbab ini berisi tentang rangkuman beberapa teori yang dikutip dari beberapa acuan kepustakaan yang dapat mendukung penelitian sekarang dan juga berisi mengenai konsep serta teori dasar yang dibutuhkan sehingga dapat memecahkan masalah.

### 2.1.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu mengenai perancangan suatu produk sudah ramai dilakukan oleh peneliti sebelumnya dengan berbagai macam metode suatu penelitian dan tahapan perancangan. Perancangan merupakan aktivitas yang dilakukan dengan tujuan untuk menguraikan permasalahan dengan menggunakan penerapan teknologi yang ada sehingga dapat memperoleh solusi yang terbaik. Aktivitas perancangan pada satu atau lebih produk sangat diperlukan oleh perancang untuk memudahkan dalam proses pengerjaan rancangan sehingga perancang mendapatkan hasil yang optimal. Maka dari itu, telah banyak penelitian yang dilakukan dalam mengupayakan perancangan suatu produk dengan memperhatikan cara penggunaan, kemampuan dan fungsi produk, desain produk, hingga kesederhanaan dalam penggunaan produk sehingga operator lebih mudah dalam mengoperasikan produk tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Wang dkk (2017) berjudul *An Integrated Decision-Making Approach For Designing and Selecting Product Concepts Based On QFD and Cumulative Prospect Theory* mempunyai tujuan mengusulkan pendekatan terpadu untuk menyelidiki *Customer Requirement* dengan mempertimbangkan persepsi dan heterogenitas manusia, dan menangani perilaku pilihan konsep yang berisiko. Metode yang digunakan yaitu pendekatan terpadu *Quality Function Deployment* (QFD) dan *Cumulative Prospect Theory* (CPT). Penelitian ini menghasilkan ide-ide baru untuk memecahkan masalah tentang pengambilan

keputusan yang tidak pasti dan berisiko.

Jiang dkk (2018) melakukan penelitian yang diberikan judul *The Customer Satisfaction-Oriented Planning Method for Redesign Parameters of Used Machine Tools.* Tujuan penelitian ini merupakan untuk menghasilkan remanufaktur peralatan mesin bekas secara efektif dan sesuai permintaan pelanggan. Metode yang digunakan yaitu regresi nonlinier fuzzy dan *House of Quality* (HOQ). Penelitian ini menunjukkan bahwa perencanaan yang ditingkatkan memperoleh kepuasan pelanggan yang lebih tinggi dibandingkan perencanaan yang tidak diperbaiki serta memberikan pemikiran baru untuk menggabungkan *customer requirement* dan proses desain ulang secara efektif.

Penelitian yang dilakukan oleh Zhang dkk (2019) berjudul *Identification of Product's Design Characteristics for Remanufacturing Using Failure Modes Feedback and Quality Function Deployment* mempunyai tujuan untuk mengidentifikasi karakteristik teknik produk utama dan pedoman desain untuk mendukung desain untuk remanufaktur (*Design for Remanufacture*) berdasarkan umpan balik mode kegagalan. Tahapan perancangan produk yang digunakan yaitu model *Quality Function Deployment* (QFD) dua fase dan bilangan fuzzy segitiga diintegrasikan. Penelitian ini memvalidasi kelayakan metode yang diusulkan terletak dalam menemukan arah perbaikan *Design for Remanufacture* (DfRem) secara akurat berdasarkan mode kegagalan.

Pueo dkk (2019) melakukan penelitian yang diberikan judul *Design Methodology for Production Systems Retrofit in Smes*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan dan mengadaptasi penguji profil roda gigi yang sudah usang, mengubahnya menjadi penguji penggulung roda gigi (GRT) baru untuk lab metrologi di UKM Echeverría Construcciones Mecánicas (ECM). Metode perancangan yang digunakan yaitu pendekatan sistematis fase desain oleh Pahl dan Beitz, pedoman VDI 2221 dan VDI 2206, dan roses desain mekanis oleh Ulman. Penelitian ini menghasilkan sistem dengan fitur khusus untuk verifikasi rolling roda gigi, yang mencakup semua persyaratan desain awal dan meningkatkan kemungkinan ukm lain melakukan upgrade in-house lain di masa depan, serta dapat menangani upgrade mesin serupa sebagai layanan untuk perusahaan lain di sektor ini.

Penelitian yang dilakukan oleh Chou (2021) berjudul *A TRIZ-Based Product-Service Design Approach for Developing Innovative Products* mempunyai tujuan

untuk mengatasi pergeseran minat penelitian dan praktik di Smart PSS dari sudut pandang desain dan pengembangan *product design and development* (PDD). Metode yang digunakan yaitu pendekatan desain layanan produk berbasis TRIZ sehingga membantu *desainer*/insinyur dalam mengembangkan *cyber-physical products* (CPP) berupa masker wajah baru yang inovatif untuk digunakan oleh pelanggan dimasa pandemi Covid-19 dan memverifikasi penerapan serta validitas pendekatan desain yang diusulkan.

### 2.1.2. Penelitian Sekarang

Penelitian untuk sekarang merupakan penelitian mengenai perancangan suatu alat pendukung produksi berupa alas pres pada proses pencetakan tahu yang ditujukan kepada Pabrik TM1. Perancangan tersebut dilakukan karena pemilik pabrik menginginkan peningkatan alat produksi pada proses pengepresan tahu, dikarenakan proses tersebut sekarang masih menggunakan alat – alat yang tergolong sederhana atau tradisional yaitu berupa batu cor dengan berat sekitar 30 kg yang diangkat secara manual oleh pekerja. Alat yang akan dirancang memanfaatkan tenaga mesin pneumatik dengan bantuan kompresor sebagai pendorong utama untuk menghasilkan udara bertekanan, sehingga pekerja tidak harus mengeluarkan tenaga atau kekuatan yang lebih dalam proses pengepresan tahu. Penelitian sekarang ini dalam usaha untuk menghasilkan rancangan alat pendukung produksi yang dapat membantu pekerja dalam pengepresan tahu menjadi lebih mudah. Oleh karena itu, berdasarkan penelitian terdahulu dari Wang, Jiang, Zhang, Pueo, Chou, dkk bisa membantu dan mengembangkan gagasan atau ide pada penelitian sekarang sesuai dengan tujuan dari setiap penelitian terdahulu. Hal tersebut dimulai dari keberhasilan desain, cara penggunaan, fungsi suatu produk hingga metode perancangan yang digunakan dalam merancang suatu produk.

Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, diputuskan bahwa penelitian sekarang menggunakan metode perancangan produk hasil sintesis penulis. Metode tersebut disintesis berdasarkan pendekatan metode perancangan produk yang sudah ada yaitu metode model 4 tahap, French's Model, Jones's Model, Archer's Model, Pahl and Beitz's Model, Verein Deutscher Ingenieure (VDI) Model, Tujuh Tahap Metode Rasional, dan Delapan Langkah Desain *Six Sigma*. Metode hasil sintesis yang dilakukan penulis diberi nama metode perancangan sistematis, karena pada penelitian ini tahapan-tahapan perancangan produk dilakukan secara sistematis

sesuai dengan tujuan dan fungsi produk. Hal itu juga didukung dari produk yang dirancang merupakan produk baru sesuai dengan keinginan dan kebutuhan Pabrik TM1. Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan gambar desain 3D menggunakan *software* Catia, yang mana dengan gambar desain tersebut dapat diperoleh rencana implementasi sehingga pemilik Pabrik TM1 bisa mewujudkan alat produksi berupa alas pres untuk mesin pneumatik dalam proses pencetakan tahu sesuai dengan rancangan yang telah dibuat dalam penelitian ini.

Tabel 2.1. menjelaskan tentang perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang yang akan dilakukan. Penelitian terdahulu berisi tentang jurnal-jurnal internasional yang telah terindeks oleh *scopus*. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Wang, Jiang, Zhang, Pueo, dan Chou mengenai perancangan suatu produk dengan menggunakan gabungan atau kombinasi metode perancangan produk yang sudah ada.

**Tabel 2.1. Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penenlitian Sekarang**

| Perbandingan | Penelitian Terdahulu | | | | | Penelitian Sekarang |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Wang dkk (2017)** | **Jiang dkk (2018)** | **Zhang dkk (2019)** | **Pueo dkk (2019)** | **Chou (2021)** | **Mariska (2021)** |
| Objek | - | Shenyang Machine Tool Co., Ltd | Pabrik pembuatan poros engkol mesin otomotif | Echeverría Construcciones Mecánicas (ECM) - UKM pembuatan roda gigi dan transmisi di Spanyol | - | Pabrik TM1 |
| Topik/Judul | *An integrated decision-making approach for designing and selecting product concepts based on QFD and cumulative prospect theory* | *The customer satisfaction-oriented planning method for redesign parameters of used machine tools* | *Identification of product's design characteristics for remanufacturing using failure modes feedback and quality function deployment* | *Design methodology for production systems retrofit in SMEs* | *A TRIZ-based product-service design approach for developing innovative products* | Perancangan Alas *Pres* Pada Proses Pengepresan Tahu di Pabrik TM1 |
| Metode | pendekatan terpadu *Quality Function Deployment* (QFD) dan *Cumulative Prospect Theory* (CPT) | Regresi nonlinier fuzzy dan *House of Quality* (HOQ) | model QFD dua fase dan bilangan fuzzy segitiga diintegrasikan | pendekatan sistematis fase desain oleh Pahl dan Beitz, pedoman VDI 2221 dan VDI 2206, proses desain mekanis oleh Ulman | pendekatan desain berbasis TRIZ | metode hasil sintesis (Metode perancangan sistematis) |

**Tabel 2.1. Lanjutan**

| Perbandingan | Penelitian Terdahulu | | | | | Penelitian Sekarang |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Wang dkk (2017)** | **Jiang dkk (2018)** | **Zhang dkk (2019)** | **Pueo dkk (2019)** | **Chou (2021)** | **Mariska (2021)** |
| Hasil | memberikan ide-ide baru untuk memecahkan masalah pengambilan keputusan yang tidak pasti dan berisiko. | perencanaan yang ditingkatkan memperoleh kepuasa pelanggan yang lebih tinggi dibandingkan perencanaan yang tidak diperbaiki serta memberikan pemikiran baru untuk menggabungkan CR dan proses desain ulang secara efektif. | memvalidasi kelayakan metode yang diusulkan terletak dalam menemukan arah perbaikan *Design for Remanufacture* (DfRem) secara akurat berdasarkan mode kegagalan. | menghasilkan sistem dengan fitur khusus untuk verifikasi rolling roda gigi, yang mencakup semua persyaratan desain awal dan meningkatkan kemungkinan ukm lain melakukan upgrade in-house lain di masa depan. | menyajikan pendekatan desain untuk membantu desainer / insinyur dalam mengembangkan cyber-physical products (CPP) berupa masker wajah baru yang inovatif untuk digunakan oleh pelanggan di masa pandemi Covid-19 | menghasilkan rancangan produk alas *pres* mesin pneumatik pada proses pencetakan tahu |
| Informasi yang dipakai | *Customer Requirements* (Sub sub bab 6.1.1.); pemilihan konsep (Sub Bab 6.3.) | identifikasi kebutuhan dan definisi masalah (Sub bab 5.1.) | identifikasi karakteristik teknik (Sub sub bab 6.1.4.) | Tujuan perencanaan (sub sub bab 2.2.1.); penentuan karakteristik dan daftar persyaratan (sub bab 6.1.) | Identifikasi kebutuhan dan definisi masalah (Sub bab 5.1.); pembangkitan alternatif dengan peta morfologi (sub bab 6.2.); penentuan spesifikasi (sub bab 5.4.) | - |

## 2.1. Dasar Teori

Penelitian ini diperlukan dasar teori yang digunakan sebagai pedoman, sehingga penelitian dapat berjalan dengan baik dan dapat membantu pada proses menjawab beberapa masalah yang ada. Maka, berikut merupakan beberapa teori dasar yang berperan penting pada penelitian ini.

### 2.2.1. Proses Pembuatan Tahu

Menurut Bintoro dkk (2017) proses pembuatan tahu dari kedelai terdiri dari beberapa proses, yaitu:

a. Proses Penyortiran dan Pencucian

Proses pertama yang perlu dilakukan yaitu proses penyortiran yang berfungsi untuk memperoleh kedelai kualitas baik dengan bebas dari kotoran atau hewan kutu. Proses berikutnya yaitu pencucian kedelai dengan dimasukan ke air yang ditempatkan pada ember atau wadah berisi air yang mengalir sehingga seluruh kotoran bisa terlepas.

b. Proses Perendaman

Proses berikutnya yaitu proses perendaman dengan cara merendam kedelai yang telah dicuci selama enam hingga dua belas jam. Proses perendaman bertujuan suapay kedelai bisa menyerap air sehingga kedelai menjadi lebih lunak dan kulit kedelai mudah dilepas dengan cara diremas-remas secara berulang di dalam air.

c. Proses Penggilingan

Proses penggilingan bertujuan untuk mengubah biji kedelai menjadi bubur kedelai dengan cara merendam kedelai ke dalam air panas dan kemudian dimasukkan ke mesin penggiling kedelai.

d. Proses Perebusan

Perebusan dilakukan dengan tujuan untuk menonaktifkan kadar atau zat antinutrisi yang ada dalam kedelai agar dapat meningkatkan nilai cerna dari tahu. Perebusan dilakukan selama 15 hingga 40 menit dengan cara bubur kedelai dimasukkan kedalam panci atau wadah besar, kemudian dimasak ke di atas tungku dan diberi air sedikit demi sedikit sehingga mengeluarkan busa dan adonan tersebut perlu diaduk secara merata.

e. Proses Penyaringan

Proses penyaringan bertujuan untuk memperoleh sari kedelai dengan cara bubur kedelai yang telah dimasak dimasukkan ke dalam kain mori yang diletakan di atas

wadah atau panci. Kemudian kain mori yang berisi bubur kedelai dilipat dan diperas secara berulang-ulang. Hasil dari penyaringan yaitu sari kedelai yang berwarna kuning dan masih hangat. Sari tersebut kemudian diberi cuka atau biang tahu untuk memunculkan gumpalan-gumpaln berwarna putih yang berlangsung selama 10 menit sehingga memperoleh hasil protein sempurna.

f. Proses Pencetakan

Pencetakan tahu dilakukan untuk mencetak tahu sesuai kebutuhan dengan cara memisahkan cuka atau biang tahu menggunakan cetakan tahu yang telah dilapisi kain mori. Kemudian bubur tahu tersebut dimasukan ke dalam cetakan tahu ditutup dan diberi pemberat di atasnya selama 3 hingga 5 menit. Selanjutnya akan menghasilkan tahu yang padat dan bisa dipotong sesuai ukuran yang diinginkan.

g. Proses Pembungkusan

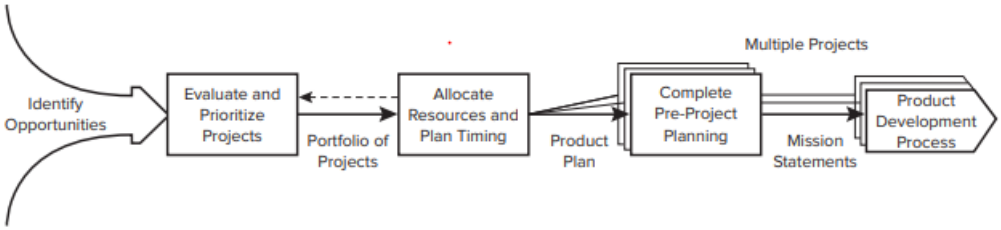
Proses yang terakhir yaitu pembungkusan tahu dengan cara tahu yang sudah dicetak dan dipotong dimasukkan ke dalam ember berisi air sehingga tahu tidak mudah basi.

### 2.2.2. Perencanaan Produk

Perencanaan produk adalah aktivitas yang mempertimbangkan lini produk saat ini dan portofolio proyek potensial yang mungkin dikejar oleh organisasi. Keputusan perencanaan produk menentukan bagian mana dari proyek pengembangan yang mungkin akan dilakukan selama periode waktu tertentu. Aktivitas perencanaan produk memastikan bahwa proyek pengembangan produk mendukung strategi bisnis perusahaan yang lebih luas (Ulrich, 2019). Tahap perencanaan bertujuan untuk menentukan persyaratan teknis yang akan dimasukkan ke dalam sistem manufaktur perusahaan, berdasarkan kebutuhan yang teridentifikasi dan situasi pasar (Pueo dkk, 2019).

Pada Gambar 2.1. mengilustrasikan langkah-langkah dalam proses perencanaan produk. Pertama, banyak peluang diprioritaskan dan serangkaian proyek yang menjanjikan untuk dipilih. Kemudian sumber daya dialokasikan untuk proyek-proyek dan dijadwalkan. Kegiatan perencanaan ini berfokus pada portofolio peluang dan proyek potensial yang bisa disebut sebagai manajemen portofolio, perencanaan produk agregat, perencanaan lini produk, atau manajemen produk. Setelah proyek dipilih dan sumber daya dialokasikan, pernyataan misi dikembangkan untuk setiap proyek. Oleh karena itu, perumusan rencana produk dan pengembangan pernyataan misi dilakukan sebelum proses pengembangan

produk yang sebenarnya.




**Gambar 2.1. Proses Perencanaan Produk (Ulrich, 2019)**

### 2.2.3. Perancangan Produk

Ginting (2019) mengartikan perancangan produk sebagai suatu proses perancangan yang terdiri dari semua kegiatan yang terlibat dalam perancangan, hal ini disebabkan karena perancangan produk terdiri dari rangkaian kegiatan yang berurutan. Aktivitas perancangan memiliki ciri, salah satunya yaitu sering diawali dari akhir serta berakhir di awal.

Menurut Chitale dan Gupta (2011) desain produk semakin dilihat sebagai alat strategis yang penting dalam menciptakan preferensi dan nilai emosional yang lebih dalam bagi konsumen. Manfaatnya bagi konsumen termasuk produk yang lebih bermanfaat, menarik, andal, dan hemat biaya, dan yang memungkinkan ikatan emosional yang lebih besar. Manfaat ini dapat mengakibatkan konsumen mengalami peningkatan loyalitas terhadap produk yang bersangkutan.

Desain merupakan bentuk suatu rencana yang dapat menghasilkan sebuah objek, sistem serta komponen atau struktur, di mana rencana tersebut bisa berupa gambar, proposal, model atau deskripsi (Halim dkk, 2014). Sedangkan secara umum, desain dapat diartikan sebagai suatu bentuk aktivitas yang berkaitan dengan merancang, merencana, membangun, atau merekayasa.

Aktivitas merancang dapat ditemukan dalam beberapa aspek kehidupan manusia. Sebuah desain yang sempurna direncanakan oleh seseorang atau sekelompok orang untuk mendapat hasil yang sesuai dengan tujuan organisasi atau sesuai yang diharapkan. Bentuk akhir yang dihasilkan dari desain tidak hanya mesin atau peralatan namun terdiri dari berbagai macam produk yang tidak memiliki bentuk seperti perangkat lunak, sisten kerja, model animasi dan lainnya (Rahmayanti, 2018).

Dalam Eide (2011) sebuah desain yang sukses dicapai ketika prosedur logis diikuti

untuk memenuhi kebutuhan tertentu. Prosedurnya, yang disebut proses desain, mirip dengan metode ilmiah sehubungan dengan rutinitas langkah demi langkah, tetapi berbeda dalam tujuan dan hasil akhir. Proses desain meliputi kegiatan berikut, yang semuanya harus diselesaikan.

a. Tentukan masalah yang akan dipecahkan.
b. Memperoleh dan mengumpulkan data terkait.
c. Identifikasi kendala dan kriteria solusi.
d. Mengembangkan solusi alternatif.
e. Pilih solusi berdasarkan analisis alternatif.
f. Mengomunikasikan hasilnya.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, perancangan dapat diartikan sebagai suatu proses yang memiliki peranan penting dalam menghasilkan suatu rancangan produk yang tepat dan baik dengan melakukan analisis, menilai, dan memperbaiki, serta menyusun produk yang maksimal untuk masa mendatang. Menurut Dharma dkk (2018) dalam perancangan produk dibutuhkan serangkaian perancangan dan pengembangan produk yang diawali dengan ide, kemudian tahapan pengembangan konsep produk, perancangan konsep secara detail, pembuatan prototipe, evaluasi dan pengujiam produk.

Perancangan dan pengembangan produk perlu dilakukan secara terus-menerus disebabkan karena beberapa alasan pokok, seperti berikut:

a. tujuan finansial
b. pertumbuhan penjualan
c. respon terhadap persaingan
d. keunggulan kapasitas
e. siklus hidup produk
f. respon terhadap perubahan lingkungan.

### 2.2.4. Metode Perancangan Produk

Teknik, prosedur, dan peralatan serta bantuan dalam merancang disebut sebagai metode suatu perancangan. Dalam metode perancangan beberapa aktivitas akan digambarkan dengan jelas sehingga terdapat kemungkinan perancangan menerapkan dan menggabungkan teknik perancangan produk secara keseluruhan. Namun beberapa metode atau teknik perancangan masih menggunakan sistem konvensional atau penggunaan prosedur tradisional atau biasa. Contohnya menggambar sudah mengalami perkembangan yang cukup

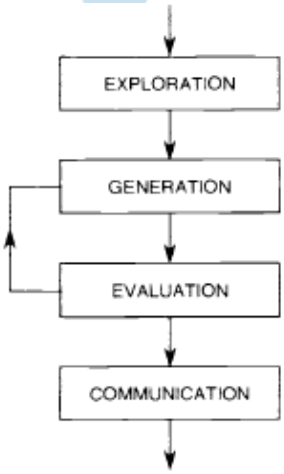
penting dalam beberapa tahunan, sehingga prosedur atau sistem yang tidakkonvensional akan dikelompokan bersamaan. Aktivitas tersebut lebih dikenal metode perancangan (Cross, 2008).

### 2.2.4. Model Deskriptif

Menurut Cross (2008) model deskriptif dari proses desain biasanya mengidentifikasi pentingnya menghasilkan konsep solusi di awal proses, sehingga mencerminkan sifat pemikiran desain yang berfokus pada solusi. Dugaan solusi awal ini kemudian menjadi sasaran analisis, evaluasi, penyempurnaan, dan pengembangan. Pada model ini dilakukan prosesnya heuristic yang menggunakan pengalaman sebelumnya, pedoman umum, dan aturan praktis yang mengarah pada apa yang diharapkan perancang untuk menjadi arah yang benar, tetapi tanpa jaminan keberhasilan yang mutlak.

#### a. Model Empat Tahap

Model empat tahap merupakan pengembangan model deskriptif sederhana dari proses desain, berdasarkan aktivitas penting yang dilakukan desainer. Tahapan terakhir dari proses ini adalah komunikasi desain yang siap untuk diproduksi. Tahap pertama yang dilakukan adalah proposal desain harus dievaluasi berdasarkan tujuan, batasan, dan kriteria ringkasan desain. Proposal itu sendiri muncul dari pembuatan konsep oleh perancang, biasanya setelah beberapa eksplorasi awal dari masalah yang tidak jelas. Model empat tahap sederhana tersebut terdiri dari proses desain yaitu eksplorasi, pembangkitan, evaluasi, dan komunikasi. Gambar 2.2. menunjukkan tahapan proses desain dari model empat tahap yang terdiri dari tahapan *exploration, generation, evaluation*, dan *communication.*



**Gambar 2.2. Model Empat Tahap dari Proses Desain (Cross, 2008)**

Model empat tahap sederhana pada Gambar 2.2. menjelaskan bahwa tahap evaluasi tidak selalu mengarah langsung ke komunikasi desain akhir, tetapi terkadang konsep baru dan lebih memuaskan harus dipilih. Diagram alir pada loop umpan balik berulang ditunjukkan dari tahap evaluasi hingga tahap pembangkitan. Langkah – langkah proses desain dijelaskan sebagai berikut:

i. *Exploration*

   Proses dimana beberapa eksplorasi awal dari masalah yang tidak jelas.

ii. *Generation*

   Merupakan proses pembuatan konsep oleh perancang. Output yang dihasilkan dalam bentuk proposal.

iii. *Evaluation*

   Merupakan suatu tahapan desain untuk dilakukan evalusi berdasarkan tujuan, batasan, dan kriteria ringkasan desain.

iv. *Communicat*ion

   Dalam tahapan komunikasi bisa dalam bentuk *design drawing* yang mana siap untuk diproduksi.

**b. French's Model (1985)**

French (1985) telah mengembangkan model suatu proses perancangan yang makin sistematis yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. dengan aktivitasnya berupa analisis masalah, desain konseptual, perwujudan skema, detail.

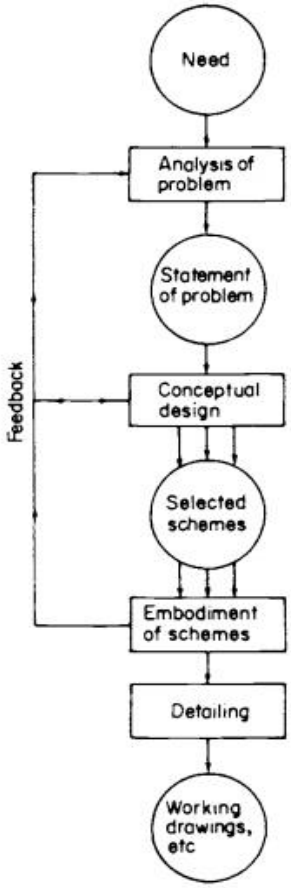



**Figure 10**
French's model of the design process

**Gambar 2.3. Proses Desain French's Model (Cross, 2008)**

Diagram pada Gambar 2.3. menunjukkan bentuk lingkaran untuk menyatakan langkah yang dicapai (*output*), dan persegi panjang menunjukkan pekerjaan atau aktivitas yang sedang berlangsung. Langkah – langkah dalam proses desain menurut model dari French yaitu:

i. *Analysis of problem*

Tahapan ini diawali dengan pernyataan dasar tentang kebutuhan, dan aktivitas perancangan pertama yaitu analisis suatu masalah. French menyarankan bahwa analisis suatu masalah merupakan komponen kecil tapi penting dari keseluruhan suatu proses. Outputnya yaitu penjelasan permasalahan, sehingga terdapat tiga elemen yang dimiliki yaitu:

1. Pernyataan masalah desain yang tepat
2. Batasan yang ditempatkan pada solusi.
3. Kriteria keunggualan yang akan dikerjakan.

ii. *Conceptual design*

Tahapan ini mencapai pernyataan suatu permasalahan dan memperoleh

suatu solusi yang luas dalam bentuk berupa skema. Bagian ilmu teknik, pengetahuan yang praktis, proses produksi dan aspek komersial butuh digabungkan, serta keputusan yang amat relevan untuk diambil.

iii. *Embodiment of scemes*

Fase ini skema dikerjakan secara makin rinci dan bila terdapat lebih dari satu keputusan akhir, maka dibuat antara keduanya. *Output* berupa satu set gambar penataan umum.

iv. *Detaling*

Fase terakhir dimana semua pin poin kecil diputuskan secara lebih rinci. Memperhatikan kualitas agar mencegah atau mengurangi kesalahan yang terjadi kedepannya.

### 2.2.5. Metode Model Preskriptif

Menurut Cross (2008) model preskriptif berkaitan dengan upaya untuk membujuk atau mendorong *desainer* untuk mengadopsi cara kerja yang lebih baik dan juga biasanya menawarkan metode yang makin algoritmik dan sistematis untuk disertakan, serta sering diduga menyiapkan metodologi desain tertentu. Banyak dari model preskriptif yang telah menekankan perlunya tahapan yang lebih analitis untuk mendahului pembuatan konsep suatu solusi. Tujuannya yaitu untuk mencoba memastikan bahwa permasalahan desain dipahami sepenuhnya, bahwa tidak terdapat bagian relevan atau penting yang diabaikan, serta bahwa permasalahan sesungguhnya didentifikasi.

#### a. Jones's Model (1984)

Model oleh Jones ditunjukkan bagi spesifikasi kinerja yang masuk akal diturunkan dari permasalahan desain, menghasilkan konsep-konsep desain alternatif dengan membuat sub-solusi terbaik dan menentukan pilihan logis dari desain alternatif yang terbaik. Langkah-langkah proses desain pada model Jones yaitu:

i. *Analysis*

Merupakan daftar semua persyaratan desain dan reduksi menjadi satu set lengkap spesifikasi kinerja yang terkait secara logis.

ii. *Synthesis*

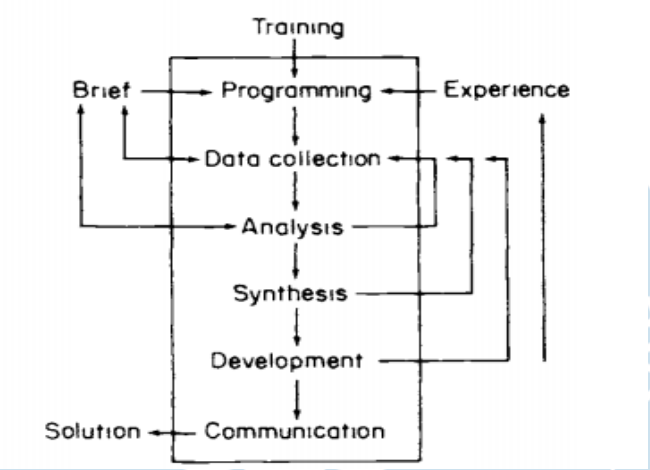
Merupakan tahapan untuk mendapatkan penyelesaian yang tampaknya bagi tiap spesifikasi kinerja individu dan menciptakan desain lengkap dari kompromi seminimal mungkin.

iii. *Evaluation*

Merupakan tahapan mengevaluasi keakuratan desain alternatif yang memenuhi persyaratan kinerja bagi manufkatur, operasi, serta penjualan sebelum desain akhir dipilih.

**b. Archer's Model (1984)**

Model preskriptif lebih rinci dilakukan oleh Archer dan ditunjukkan Gambar 2.4. dengan tahapan berupa *training, programming, data collection, analysis, synthesisi, development*, dan *communication.*




**Gambar 2.4. Proses Desain Archer's Model (Cross, 2008)**

Model oleh Archer termasuk interaksi kepada dunia, di luar tahapan perancangan itu sendiri berupa masukan dari pelanggan (*customer*), pengalaman dan pelatihan oleh *desainer*, sumber dari informasi yang lain, dll. *Output* yang dihasilkan merupakan komunikasi dari suatu penyelesaian tertentu. Berbagai *input* serta *output* ditampilkan menjadi bagian eksternal untuk tahap desain pada diagram alir yang juga menampilkan banyak umpan balik.

Dalam tahap desain, Archer mengidentifikasi sebanyak enam jenis aktivitas yaitu:

i. *Programming*

Merupakan aktivitas menentukan isu-isu penting dan mengususlkan tindakan.

ii. *Data Collection*

Merupakan aktivitas mengumpulkan, mengklasifikasikan, dan menyimpan data.

iii. *Analysis*

Adalah aktivitas mengidentifikasi sub masalah, menyiapkan kinerja atau desain spesifikasi, dan menilai kembali program dan perkiraan yang diusulkan.

iv. *Synthesis*

Adalah aktivitas menyiapkan proposal desain secara garis besar.

v. *Development*

Merupakan aktivitas mengembangkan desain *prototype,* mempersiapkan dan melaksanakan studi validasi.

vi. *Communication*

Adalah aktivitas untuk menyiapkan dokumentasi produksi.

**c. Pahl and Beitz's Model (1984)**

Beberapa model yang jauh lebih kompleks, tetapi terkadang sering cenderung mengaburkan struktur umum dari proses desain dengan memadati banyak detail tugas dan aktivitas yang diperlukan dalam semua pekerjaan desain praktis. Model yang cukup komprehensif yang masih mempertahankan kejelasan adalah model yang ditawarkan oleh Pahl dan Beitz. Model tersebut didasarkan pada tahap desain yeng terdapat pada Gambar 2.5. dan dijelaskan sebagai berikut:

i. *Clarification of the task*

Merupakan proses mengumpulkan informasi tentang persyaratan yang akan diwujudkan dalam solusi dan juga tentang kendala.

ii. *Conceptual design*

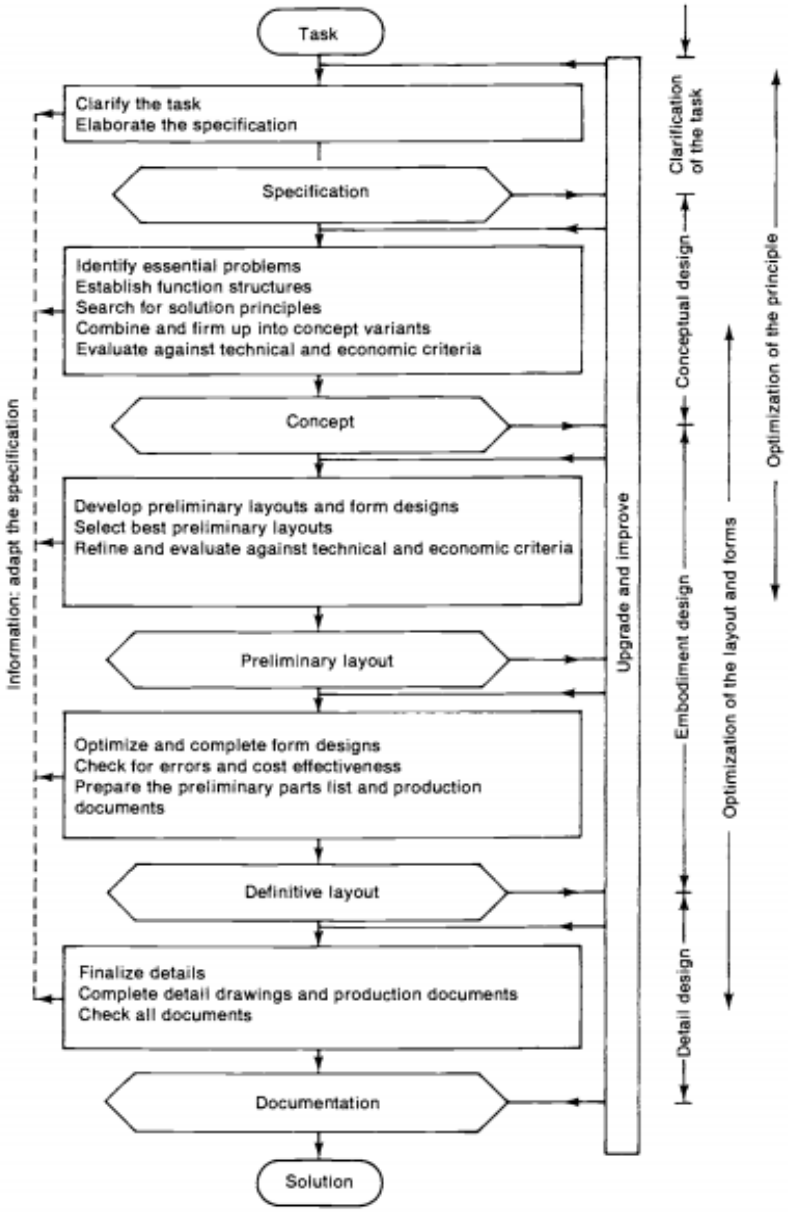
Merupakan proses menetapkan struktur fungsi seperti mencari dasar atau pedoman penyelesaian yang telah sesuai dan gabungkan sebagai variasi suatu konsep.

iii. *Embodiment design*

Berawal dari konsep, perancang menentukan tata letak dan bentuk serta mengembangkan suatu produk atau sistem teknis sesuai dengan pertimbangan teknis dan ekonomis.

iv. *Detail design*

Merupakan proses pengaturan, bentuk, dimensi dan sifat permukaan dari semua bagian akhirnya ditetapkan; bahan yang ditentukan; kelayakan teknis dan ekonomi diperiksa kembali; semua gambar dan dokumen produksi lainnya yang dihasilkan.




**Gambar 2.5. Proses Desain dari Pahl and Beitz's Model (Cross, 2008)**

**d. VDI (Verein Deutscher Ingenieure) Model**

Pedoman ini menyarankan pendekatan sistematis di mana proses desain, sebagai bagian dari pembuatan produk, dibagi lagi menjadi tahapan kerja umum, membuat pendekatan desain transparan, rasional dan independen dari cabang industri tertentu.

i. *Clarify and define the task*

Output yang dihasilkan yaitu spesifikasi yang dianggap sangat penting, dan terus-menerus ditinjau, diperbarui, dan digunakan sebagai referensi di semua tahap berikutnya.

ii. *Determine functions and the structures*

Merupakan proses terdiri dari menentukan fungsi yang diperlukan dari desain, dan menghasilkan struktur fungsi diagram.

iii. *Search for solution principles and their combinations*

Merupakan proses dengan melakukan pencarian prinsip solusi untuk semua subfungsi, dan ini digabungkan sesuai dengan struktur fungsi secara keseluruhan menjadi solusi utama.

iv. *Devide into realizable modules*

Merupakan proses yang membentuk menjadi modul yang dapat direalisasikan dan struktur modul yang mewakili pemecahan solusi menjadi rakitan dasar.

v. *Develop layouts of key modules*

Adalah proses mengembangkan modul utama menjadi menjadi satu set tata letak awal.

vi. *Complete overall layout*

Adalah proses menyempurnnakan dan mengembangkan menjadi tata letak *definitive.*

vii. *Prepare production and operating instructions*

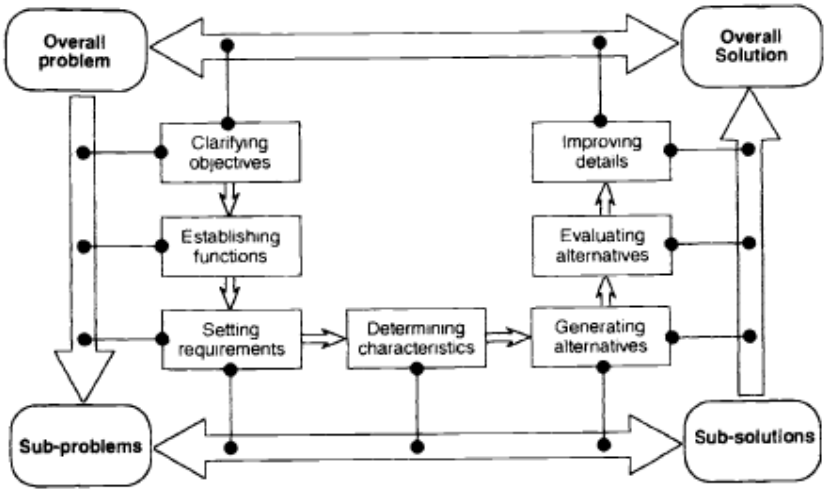
Output yang dihasilkan pada tahap tujuh yaitu dokumen produk akhir.

### 2.2.6. Metode Rasional

Metode perancangan yang menerapkan gagasan atau ide dari hasil dasar konsep suatu produk dalam model kreatif disebut sebagai metode rasional. Pada dasarnya, metode rasional hampir mirip dengan metode kreatif, di mana metode rasional melakukan perluasan area pencarian sehingga mendapatkan solusi tepat. Dalam perancangan, pendekatan sistematik akan ditekankan saat penggunakan metode ini. Metode rasional memiliki tujuan agar kualitas perancangan dan produk akhir mengalami peningkatan.

#### a. Tujuh Tahap Metode Rasional

Cross (1994) dalam bukunya membagi tahapan melakukan perancangan menggunakan metode rasional seperti yang ditunjukan pada Gambar 2.6. mengenai tujuh tahapan seperti *clarifying objective, establishing functions, setting requirements, determining characteristics, generating alternatives, evaluating alternatives, improving details.*




**Gambar 2.6. Tujuh Tahapan Proses Desain (Cross, 2008)**

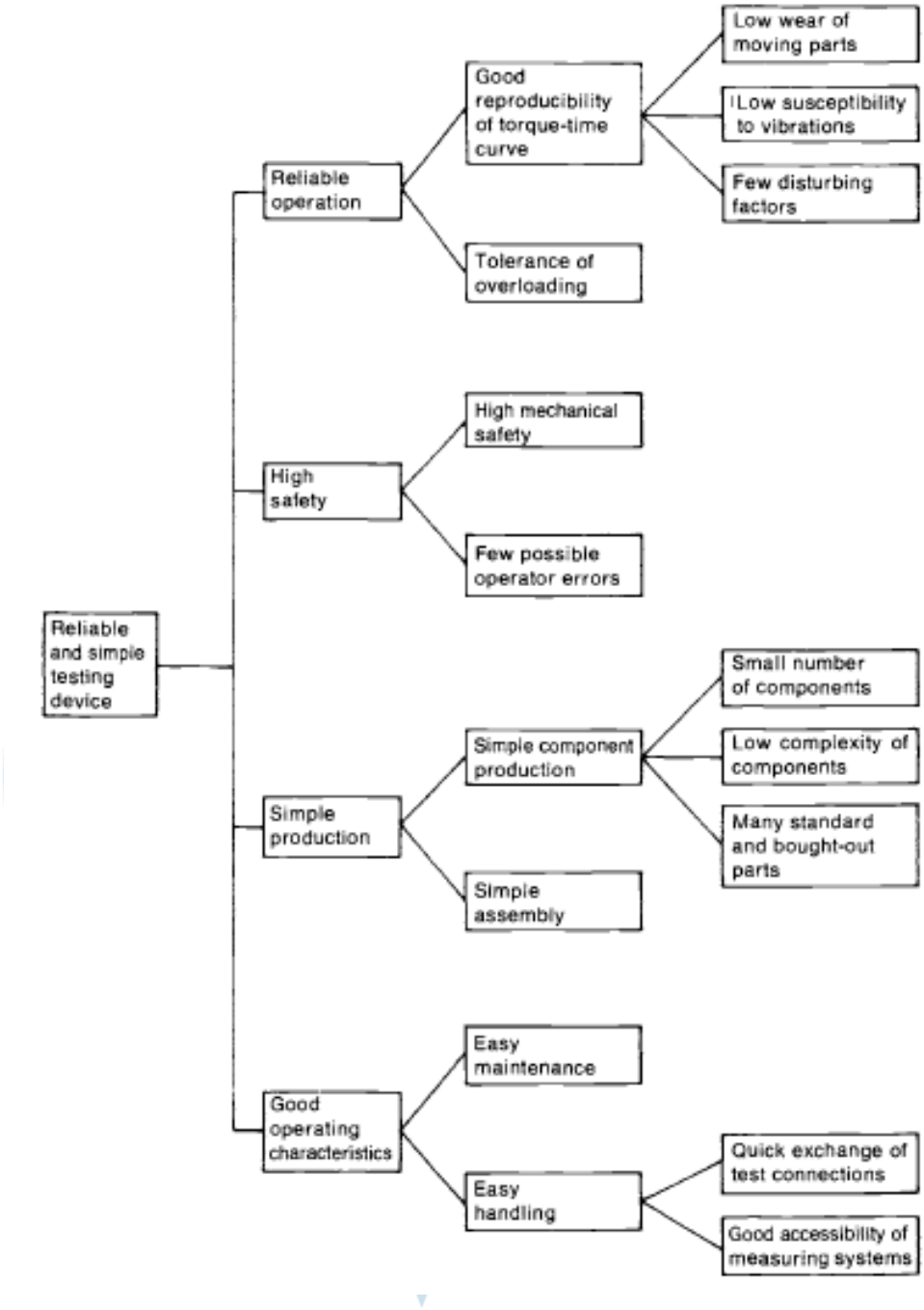
i. Mengklarifikasi Tujuan (*Clarifying Objective*)

Klarifikasi suatu tujuan adalah tahapan awal pada metode rasional, langkah ini digunakan untuk mengartikan tujuan-tujuan dari suatu perancangan produk. Klarifikasi tujuan akan membantu menemukan gagasan yang jelas untuk mencapai tujuan walaupun prosedur perancangan, tujuan yang sudah ditentukan bisa mengalami perubahan. Pohon tujuan (*objectives tree*) digunakan sebagai metode dalam tahap perancangan untuk menggambarkan tujuan poko serta cara untuk mencapai tujuan-tujuan itu. Pohon tujuan digambarkan menjadi bentuk suatu diagram dengan menghubungkan beberapa tujuan berbeda dengan model tingkatan tujuan serta sub tujuan. Berikut merupakan cara untuk membuat pohon tujuan.

1. Mempersiapkan daftar tujuan untuk perancangan produk (pengkajian kebutuhan). Tujuan perancangan dapat diartikan sebagai kebutuhan konsumen dan fungsi produk. Daftar tujuan diambil dari ringkasan perancangan, pernyataan kepada konsumen, serta hasil diskusi tim perancang.
2. Penyusunan daftar tujuan berdasarkan tingkat struktural

   Daftar suatu tujuan serta subtujuan diperluas untuk memperjelas tingkat kepentingan antara tujuan satu dengan lainnya yang dikumpulkan dalam tingkat kedudukan.
3. Menggambarkan suatu diagram pohon tujuan (*Objectives Tree*)

   *Objectives Tree* terdapat cabang yang digunakan untuk menunjukan hubungan menyarnkan bahwa bagaimana cara mencapai untuk tujuan.




**Gambar 2.7. *Objective Tree* (Cross, 2008)**

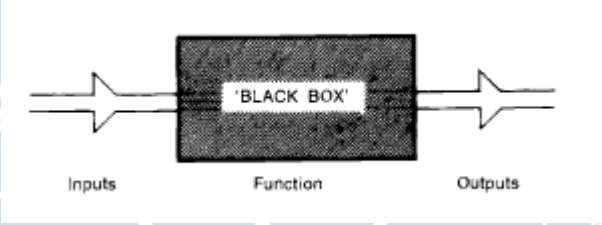
ii. Membentuk Fungsi (*Establishing Functions*)

*Establishing Functions* adalah bentuk analisis yang menentukan dan menetapkan batasan tingkatan masalah yang penyelesaiannya bisa diuraikan menjadi hasil rancangan yang tepat. *Establishing Functions* juga bertujuan untuk menentukan setiap fungsi yang perlu batasan-batasan pada rancangan yang akan dirancang. Metode perancangan ini difokuskan pada suatu keadaan yang diperoleh atau

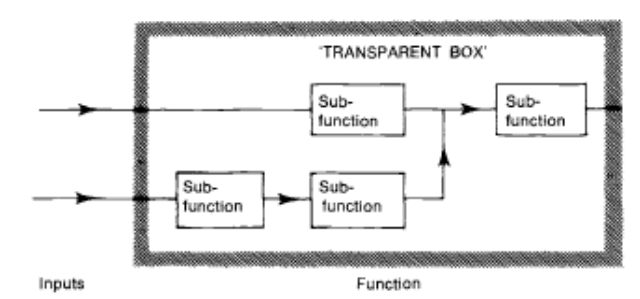
dihasilkan dari desain yang dirancang, tetapi bagaimana proses memperolehnya. pedoman sederhana, dilakukan untuk menggambarkan hal yaitu menggunakan *black box*, di mana input akan diubah menjadi output yang diinginkan.

Penetapan fungsi dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Keseluruhan fungsi rancangan ditentukan untuk mengkonversi input menjadi output.
2. Fungsi pkok dibagi menjadi sub-sub suatu fungsi
3. Interaksi antar fungsi ditunjukan dengan menggambarkan blok diagram.
4. Menggambarkan batasan sistem (*boundary system*)




**Gambar 2.8. *Black Box* (Cross, 2008)**




**Gambar 2.9. *Transparent Box* (Cross, 2008)**

iii. Menentukan Spesifikasi (*Determine Specifications*)

Menentukan tujuan merupakan tahapan dalam menentukan spesifikasi perancangan yang akurat sebagai keperluan rancangan. *Performance specification* digunakan sebagai metode dalam tahap ini untuk menentukan spesifikasi yang akurat dari keperluan pelaksanaan hingga penyelesaian suatu perancangan. Tabel 2.2. menunjukkan beberapa spesifikasi secara umum yang dapat digunakan dalam perancangan suatu produk. Metode *performance specification* dilakukan melalui beberapa tahapan berikut.

1. Melakukan perbandingan tingkat umum langkah penyelesaian yang bisa diterima. Contohnya memilih alternatif-alternatif produk, ciri produk, serta tipe produk

2. Tingkatan global yang diaplikasikan dan ditentukan pada tahap ini, di mana keputusan dapat dibuat pelanggan. Tingkatan global yang makin tinggi dapat menyerahkan kebebasan yang makin baik bagi perancangan suatu produk.
3. Melakukan identifikasi terhadap atribut yang dinginkan dan dibutuhkan. Setiap atribut didefinisikan sebagai suatu bentuk yang mandiri atau independen dari beberapa penyelesaian kasus yang sesuai.
4. Kebutuhan setiap atribut disebutkan dengan tepat dan ringkas dalam tahap ini.

**Tabel 2.2. Daftar Spesifikasi Secara Umum**

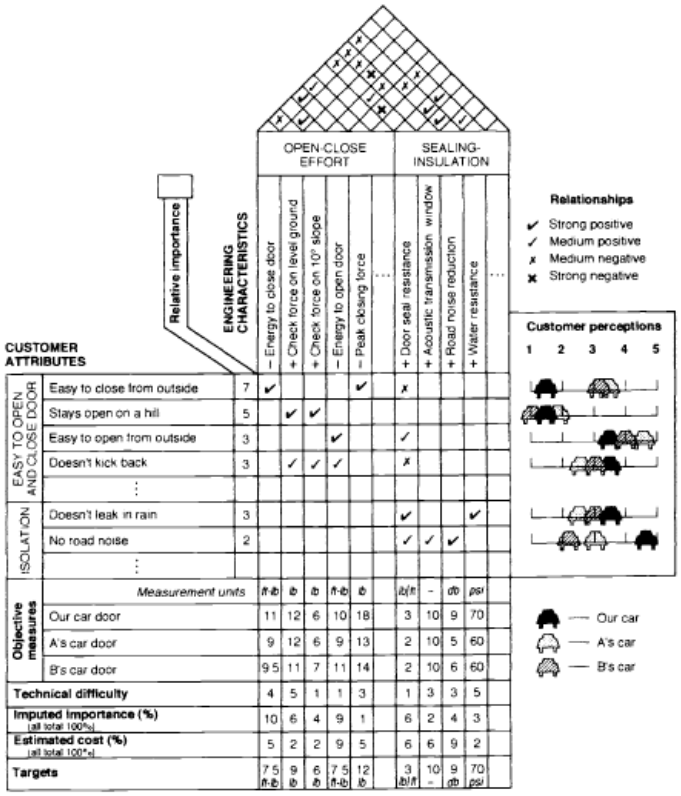
| Daftar Spesifikasi | | |
|---|---|---|
| 1. Performansi | 11. Ukuran | 20. Lama penyimpanan |
| 2. Lingkungan | 12. Berat | 21. Proses khusus |
| 3. Umur pakai | 13. Estetika/penampilan | 22. Jadwal desain |
| 4. Perawatan | 14. Material | 23. Pengujian/inspeksi |
| 5. Biaya produk | 15. Siklus hidup | 24. Keamanan |
| 6. Kompertisi | 16. Standar/spesifikasi | 25. Kendala Perusahaan |
| 7. Pengiriman | 17. Ergonomi | 26. Kendala Pasar |
| 8. Kemasan | 18. Konsumen | 27. Paten |
| 9. Jumlah | 19. Kualitas | 28. Faktor sosial - politik |
| 10. Fasilitas produksi | | |

iv. Menentukan Karakteristik (*Determining characteristics*)

*Determining characteristics* merupakan tahap ketika perancang menetapkan dan menentukan target teknik yang akan dicapai dari karakteristik teknis produk agar kebutuhan pelanggan terpenuhi serta mendapatkan kepuasan pelanggan. Metode relevan dalam tahapan ini yaitu *Quality Function Deployment* (QFD). Tahapan dalam pembuatan QFD suatu produk adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi *Voice of Customer (*VOC) atau kebutuhan pelanggan pada tiap atribut produk.
2. Menetapkan tingkat kepentingan yang relatif pada atribut dengan metode *point-allocation and rank-ordering*.
3. Mengevaluasi masing-masing atribut atas suatu produk.
4. Membuat matriks setiap atribut suatu produk atas karakteristik teknik dinyatakan pada satuan yang terukur.
5. Mengidentifikasi hubungan interaksi antar suatu karakteristik teknik setiap atribut produk dengan memakai simbol (+), (++), dan (-).
6. Mengidentifikasi interaksi nyata dan penting diantara tiap karakteristik teknik pada bidang atas (atap) HOQ.

Menentukkan sasaran skala yang akan diperolah karakteristik suatu teknik. Metode ini memperoleh perbandingan terhadap produk-produk kompetitor yang sudah ditetapkan. Gambar 2.10. menunjukkan contoh dari *House of Quality* (HOQ) *partial* pada pembuatan pintu mobil.




**Gambar 2.10. Contoh HOQ (*partial*) Pintu Mobil (Cross, 2008)**

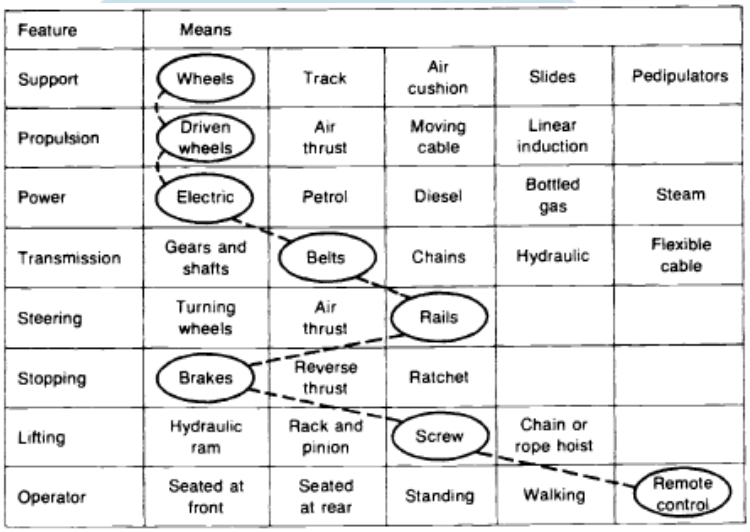
v. Membangkitkan Alternatif (*Generating Alternatives*)

Membangkitkan alternatif merupakan suatu langkah di mana penyelesaian rancangan alternatif dibangkitkan dan penelusuran mengenai solusi penyelesaian yang lebih berpotensi akan diperluas. Metode relevan pada langkah ini yaitu peta porfologi. Morfologi merupakan studi mengenai ukuran atau bentuk, sehingga analisis morfologi yaitu usaha yang sistematis untuk melakukan analisis terhadap bentuk yatau ukuran yang dapat dicapai mesin atau produk, sedangkan peta morfologi merupakan ringkasan dari analisis tersebut. Tahapan penggunaan metode peta morfologi yaitu:

1. Menentukan fungsi-fungsi suatu produk yang mendasar atau daftar tampilan. di mana daftar tersebut bisa luas mencakup berbagai fungsi umum pada tingkat yang tepat.

2. Setiap suatu fungsi cara-cara dan atau daftar tampilan yang barangkali bisa diraih. Pada daftar tujuan belum bisa memuat gagasan aktual yang cocok dan sebaiknya dengan pengenalan bagian atau sub solusi penyelesaian yang ada.
3. Semua sub solusi yang mungkin terjadi digambarkan dalam suatu bagan morfologi, di mana bagan tersebut digunakan sebagai perwakilan ruang untuk menyelesaikan total produk dan membuat kombinasi sub solusi.

Gambar 2.11. menunjukkan contoh kombinasi terpilih dari peta morfologi perancangan *forklift truck.*




**Gambar 2.11. Contoh Kombinasi Terpilih dari Peta Morfologi (Cross, 2008)**

vi. Mengevaluasi Alternatif (*Evaluating Alternative*)

Evaluasi alternatif dilakukan setelah alternatif suatu perancangan telah dirancang sehingga masalah yang akan timbul merupakan penentuan alternatif terbaik. Metode penting atau relevan yang dipakai yaitu pembobotan objektif (*weigted objectives*). Metode pembobotan objektif menyajikan alat untuk memperhitungkan dan membandingkan beberapa alternatif suatu perancangan yang mengaplikasikan perbedaan pada pembobotan objektif. Tahan ini bertujuan untuk menentukan keputusan yang alternatif saat beberapa alternatif tersebut akan dikembangkan. Pemilihan dan penentuan dilakukan bersumber dari jumlah skor dikalikan bobot sehingga diperoleh angka yang terbesar. Langkah dalam penggunaan *weigted objectives method* yaitu :

1. Membuat suatu daftar tujuan untuk perancangan produk dan menggunakan pohon tujuan sebagai alat bantu.

2. Tingkat tujuan diurutkan dengan bantuan perbandingan menurut pasangan.
3. Menghitung pembobotan relatif dari alternatif tujuan dan nilai numeriknya wajib dalam bentuk suatu skala interval.
4. Menentukkan performasi suatu kriteria atau membentuk nilai kegunaan dari setiap tujuan.

Gambar 2.12. menunjukkan contoh bagan evaluasi akhir untuk konsep yang dipilih, digabungkan, dan disempurnakan untuk jarum suntik.

| | | Concepts | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A (reference) Master Cylinder | | DF Lever Stop | | E Swash Ring | | G+ Dial Screw+ | |
| **Selection Criteria** | Weight | 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 |

**Gambar 2.12. Contoh *Final Evaluation* (Cross, 2008)**

vii. Penyempurnaan Rancangan (*Improving Details*)

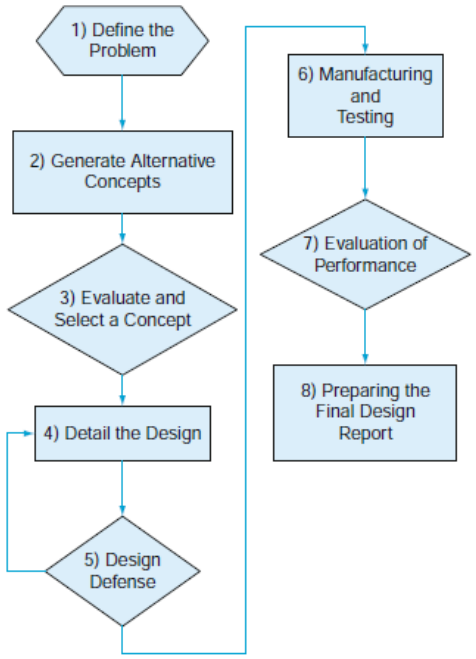
Tahapan *improving details* merupakan tahap terakhir dalam metode rasional yang mempunyai tujuan untuk mempertahankan atau meningkatkan nilai suatu produk pada capaian yang diinginkan pelanggan untuk sementara dengan cara mengurangi biaya perancangan suatu produk. Langkah yang perlu dilakukan yaitu:

1. Menentukan daftar komponen yang terpisah dari suatu produk yang akan disusun, kemudian fungsi setiap komponen akan diidentifikasikan.
2. Menentukan besar nilai setiap fungsi yang telah diidentifikasi.
3. Menentukan tentang biaya perancangan setiap komponen.
4. Pencarian solusi untuk mengurangi biaya dengan tidak mengurangi nilai atau sebaliknya yaitu dengan menambah nilai tetapi tidak menambah biaya.
5. Evaluasi setiap alternatif dan memilih perbaikan yang sesuai.

**b. Metode Delapan Langkah Desain Six Sigma**

Metode ini merupakan langkah perbaikan kualitas produk pada Six Sigma

Procedure. Gambar 2.13. menjelaskan tentang diagram alir pendekatan sistematis untuk desain rekayasa yang menggunakan unsur-unsur filosofi desain delapan langkah six sigma (Kosky, dkk, 2009).




**Gambar 2.13. Perancangan Delapan Langkah Desain Six Sigma (Kosky, dkk, 2009)**

i. *Define the problem*

Definisi masalah menunjukkan tujuan dari perancangan satu hingga tiga kalimat jelas dan ringkas serta dirancang untuk menanggapi kebutuhan yang akan diungkapkan. Kemudian mengartikan kebutuhan pelanggan ke dalam sauatu pendefinisian permasalahan, tahap selanjutnya yaitu menyiapkan daftar dari spesifikasi. Daftar spesifikasi mencakup karakteristik suatu desain yang diminta harus ada agar perancangan dianggap dapat diterima dan karakteristik teknik yang dibutuhkan. Tahap ini merupakan praktik biasa untuk mengkategorikan tiap spesifikasi menjadi permintaan (D) atau kebutuhan (W).

ii. *Generate alternative concepts*

Setelah rumusan masalah tersedia, dan spesifikasi telah terdaftar, maka selanjutnya dilakukan proses untuk menghasilkan konsep alternatif. Konsep yang maksud adalah gagasan yang berbeda dengan rincian desain. Gambaran suatu konsep, kebanyakan berbentuk sketsa, lalu berisi tentang informasi yang sudah dapat digunakan untuk memahami dan mengerti kinerja

suatu konsep. Akan tetapi hal itu tidak mencukupi informasi untuk membentuknya. Sebagai alternatif, dilakukan persyaratan bahwa pada berbagai ide yang diajukan harus berbeda secara fundamental pada beberapa hal. Perbedaan tersebut wajib melebihi bentuk atau penampilan. Aturan praktis yang sering ada dalam desain yaitu memperoleh sekiranya tiga konsep yang berbeda secara fundamental. Beberapa aspek keturunan konsep yang diulas adalah *brainstorming*, sketsa konsep, strategi berbasis penelitian, serta penguraian fungsional suatu konsep.

iii. *Evaluate and select a concept*

Tahap evaluasi dam pemilihan konsep merupakan langkah evaluasi dan memilih konsep rancangan yang dihasilkan pada langkah dua sebelumnya. Langkah ini menghasilkan rancangan awal terpilih (*preliminary design*). Alternatif konsep desain yang sudah dibangkitkan pada langkah dua, masing-masing akan dievaluasi, dinilai, dan dipilih sebagai rancangan akhir yang berikutnya akan didetailkan pada langkah empat. Evaluasi dan pemilihan tersebut dilakukan dengan instrumen evaluasi dan pemilihan desain dengan menggunakan parameter dan kriteria pemilihan tertentu sehingga akan didapatkan keputusan akhir (*final decision*) mengenai konsep desain yang akan dikembangkan pada langkah-langkah perancangan berikutnya.

iv. *Detail the design*

Langkah merinci desain merupakan langkah pemerincian setelah pemilihan satu konsep rancangan pada langkah sebelumnya. Langkah ini menghasilkan satu pilihan desain (*detailed design*). Inti pada langkah ini adalah pernyataan secara rinci rancangan sehingga dapat dimanufaktur/dibuat. Kerincian atau kedetailan ini menyangkut:

1. Dimensi (ukuran) produk maupun komponennya.
2. Komposisi dan jenis material penyusun *part*s atau komponen tersebut.
3. Metode yang digunakan untuk menggabungkan material atau komponen tersebut

Perincian rancangan dapat dipandu dan dinyatakan dengan berbagai langkah dan instrumen, yaitu analisis, eksperimen, model, dan gambar detail.

v. *Design defense*

Desain merupakan pekerjaan yang memakan biaya dan waktu orang-orang terampil, sehingga desain perlu disampaikan kepada pihak lain yang

berkepentingan seperti kepala proyek atau penyandang dana. Untuk itu desain perlu disimulasikan dengan *oral design defense* (presentasi lisan) agar rancangan dapat dimengerti pihak berkepentingan tersebut. Selain itu tujuan presentasi ini untuk mendapatkan kepercayaan dan persetujuan sponsor proyek, untuk kompetisi ini menunjuk pada juri penilaian. Pegangan penilaian yang perlu untuk tim perancang agar sukses dalam penyampaian rancangan adalah: Apakah tim menggunakan pendekatan sistematis? Bagaimana konsep akhir bekerja? Bagaiman tingkat risiko terkait dengan desain tersebut? Apakah perancang bekerja dalam tim secara efektif?

vi. *Manufacture and test*

Manufaktur dimulai setelah desain detail disetujui dan berakhir saat mesin ditempatkan di zona awal kompetisi final. Di antaranya, mesin akan mengalami banyak modifikasi. Beberapa desain baru bekerja pada percobaan pertama. Manufaktur dan pengujian akan cenderung memakan waktu lebih lama dari yang diharapkan, mungkin tiga hingga lima kali lebih lama. Langkah ini dimulai dengan ringkasan strategi manufaktur dan pengujian yang baik, dan kemudian dilanjutkan dengan menjelaskan bahan, metode penyambungan, dan perkakas tangan.

vii. *Performance Evaluation*

Setelah desain dibuat, langkah selanjutnya yaitu untuk mengevaluasi kinerja. Pertama datang pengujian kinerja individu. Produk yang diproduksi diuji dengan kondisi yang terkendal untuk memverifikasi bahwa produk tersebut mampu melakukan apa yang diperlukan definisi masalah. Kemudian dilakukan kompetisi terakhir. Perangkat diuji terhadap produk lain dalam serangkaian pertandingan *head-to-head* untuk menentukan desain keseluruhan terbaik.

viii. *Prepare the final design report*

Langkah ini merupakan langkah penyajian dan pelaporan rancangan definitif dan paripurna dari sekian rangkaian langkah perancangan metodologi ini. Pada langkah tersebut, segala hal yang esensial hasil perancangan dikomunikasikan dan dideteminasikan kepada pihak yang berkepentingan terhadap desain ini untuk memberikan gambaran lengkah tentang hasil rancangan yang sudah dimanufaktur dan diuji coba. Komunikasi teknik yang baik perlu diperhatikan beberapa prinsip dan kaidah sekaligus tips praktisnya

dalam bentuk oral, *audio-visual,* dan tulisan.

### 2.2.7. CATIA

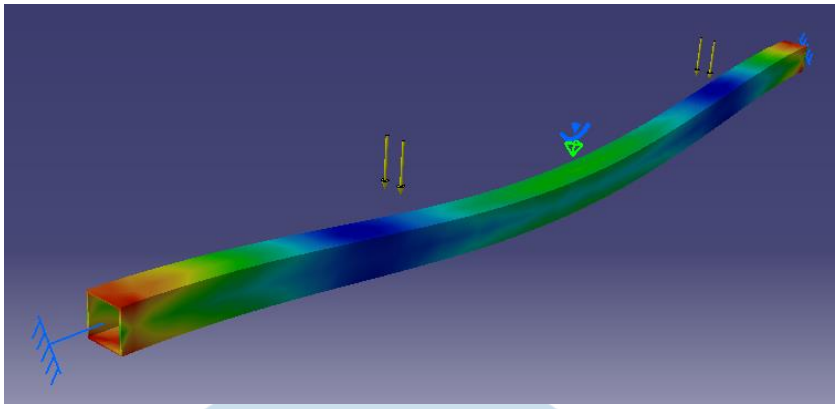
Program CATIA (*Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application*) merupakan program komputer yang dibuat berdasarkan teori yang terdapat dalam perumusan metode elemen hingga. Program CATIA digunakan oleh peneliti untuk menyelesaikan permasalahan lebih cepat karena program ini mempunyai kemampuan lebih luas serta memiliki tampilan *prototype* yang bisa ditampilkan pada layar komputer, sehingga orang yang tidak memahami bidang teknik juga dapat mengetahui dengan mudah. Sebelum teknologi informatika/komputer mengalami perkembangan, analisa dengan metode elemen hingga masih dilakukan dengan perhitungan tangan yang panjang dan melelahkan. Hal inilah yang mendasari penggunaan program komputer CATIA yang berbasis metode elemen hingga untuk melakukan kajian penelitian

*Software* CATIA terdiri dari beberapa jenis, salah satunya yaitu CATIA V5. Di mana CATIA V5 merupakan *software* yang sangat membantu dalam proses penyelesaian desain, simulasi dan analisis. Adapun langkah-langkah menjalankan CATIA adalah (Pribadi dkk, 2009).

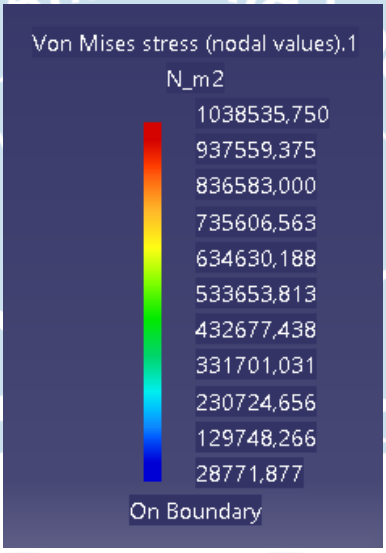
### 2.2.8. Teori Kegagalan Distorsi Energi Maksimum (*Maximum Distory Energy Theory)*

Teori suatu kegagalan merupakan teori yang dipakai untuk menunjukkan letak tegangan yang terbesar diawal kerusakan atau kegagalan. Awalnya teori ini dicetuskan oleh M.T. Hueber (1904) selanjutnya direvisi dan disempurnakan oleh R. Von Mises (1913) serta H. Hencky (1925). Teori kegagalan ini sering disebut dengan teori kegagalan Von Mises. Pada teori kegagalan Von Mises awal dianalisis melintasi tegangan oktahedral yang menunjukkan bahwa lebur akan terjadi jika tegangan geser oktahedral maksimal melebihi harga batas yang ditentukan berdasarkan hasil uji tarik pada material standar.

Analisa pemodelan yang digunakan yaitu *software* CATIA. Berdasarkan pemodelan diperoleh hasil menu komputasi dari analisis tegangan yang terjadi di rangka pada rancangan dalam *software* CATIA. Terdapat contoh struktur pengujian kekuatan material secara statis dengan menggunakan *software* CATIA terdapat pada Gambar 2.14. sedangkan Gambar 2.15. menunjukkan nilai sebaran tegangan hasil dari uji kekuatan material benda.



**Gambar 2.14. Benda Uji Kekuatan yang Diberi Beban**




**Gambar 2.15. Nilai Sebaran Tegangan pada Benda yang Diuji**

Gambar 2.14. dan Gambar 2.15. menunjukkan penyebaran tegangan benda yang telah diberi suatu beban. Maka penggunaan analisis kegagalan Von Mises, pada penyebaran tegangan ditunjukkan pada perubahan warna seperti pada gambar tersebut. Jika gambar pada benda makin mendekati ke warna merah, maka tegangan yang didapat benda makin besar, sedangkan bila makin mendekati warna biru, maka tegangan yang diterima makin kecil. Berdasarkan hasil perhitungan dengan cara komputasi diperoleh tegangan maksimal yang beraksi pada benda tersebut adalah tegangan terbesar yang dapat dilihat pada gambar warna merah (1.038.535,750 $N/m^2$). Lalu diperoleh tegangan minimum bekerja di benda adalah diperlihatkan gambar warna biru (28.771,877 $N/m^2$). Kemudian diperoleh besar tegangan Von Misses kritisnya, sehingga diadakan ulasan pada kegagalan suatu material benda karena tahap proses pembebanan.

Supaya material pada benda tidak mengalami kegagalan tersebut maka diperlukan tegangan Von Mises (tegangan equivalent) yang terjadi pada proses pembebanan tidak boleh melampaui dari (Sy/N). Apabila tegangan Von Mises atau tegangan *equivalent* masih berada di bawah suatu tegangan yang diperbolehkan, atau material/benda aman untuk digunakan.