

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Pemantau adalah sistem yang mencatat aktivitas pekerja dan dampaknya terhadap aliran produksi, pencatatan data, sistem kendali industri, dan dapat juga digunakan untuk mengidentifikasi tindakan yang dapat membantu mencapai puncak efisiensi proses (Zuboff, 1988).

##### 2.1.1. Penelitian Terdahulu

Sastry dan Seekumar (2012), dalam jurnal berjudul "*Automation of Real Time Monitoring And Controlling of a Marine Loading Arm*", meneliti tentang bagaimana mengotomasi operasi dan memantau *real time* serta mengendalikan *marine loading arm*. *Marine loading arm* adalah sistem perpipaan untuk mentransfer cairan atau gas dari dan menuju tangki kapal atau kargo. Masalah terjadi pada saat ada ombak atau arus yang besar, *arm* yang sudah terpasang dapat terlepas secara paksa bahkan sobek. Hal tersebut berdampak pada kontaminasi terhadap manusia maupun lingkungan sehingga dibutuhkan sistem yang dapat memantau secara *real-time* kondisi *arm* tersebut. Sistem ini menggunakan kontroler berupa *Programmable Logic Control (PLC)* sebagai alat pemantau secara *real time*, yang akan segera melepaskan *arm* pada saat bahaya. Strategi ini digunakan supaya pengoperasian *marine loading arm* yang masih manual dapat diotomasi agar pemantauan dan pengontrolan dapat lebih efektif.

Miller dan Parasuraman (2007), dalam jurnalnya berjudul "*Designing for Flexible Interaction Between Humans and Automation: Delegation Interfaces for Supervisory Control*", mengembangkan kontrol sistem pengawasan otomatis yang fleksibel. Pengawasan otomasi saat ini masih jarang yang fleksibel seperti pengawasan oleh manusia. Otomasi memberikan manfaat yang jelas, banyak sistem manusia dan mesin yang kompleks tidak dapat dioperasikan tanpa otomasi, tetapi otomasi juga dapat menimbulkan masalah baru bagi pengguna. Otomasi yang dirancang buruk dapat meningkatkan beban kerja.

D'Ausilio (2011), dalam jurnalnya yang berjudul "*Arduino: A low-cost Multipurpose Lab Equipment*", meneliti tentang satu kontroler yang murah dan dapat digunakan untuk laboratorium psikologis dan neurofisiologis. Percobaan

atau penelitian pada laboratorium psikologis dan neurofisiologis sering membutuhkan kontroler yang akurat dalam mengolah sinyal *input* dan *output*. Sinyal-sinyal tersebut kemudian akan direkam melalui perangkat lunak komputer atau direkam dengan *hardware* khusus. *Hardware* khusus biasanya sangat mahal dan membutuhkan *software* khusus untuk mengontrolnya. Jurnal ini memberikan informasi beberapa tes akurasi dengan biaya rendah dan *open-source* yang menggunakan *Arduino*. *Arduino* menawarkan banyak *hardware* yang dapat diintegrasikan sesuai dengan kebutuhan penggunaan. Hasil dari percobaan ini menunjukkan bahwa tes akurasi pada *Arduino* dapat menjadi alat yang murah untuk banyak laboratorium psikologis dan neurofisiologi. *Arduino* dapat diterapkan dalam penelitian ini karena hasil tes akurasi pada *Arduino* cukup baik, dan harga yang murah dengan kemampuan yang cukup baik.

Budianto (2014) dalam skripsi yang berjudul “Perancangan Sistem Kendali Temperatur di Ruang Kondisi Laboratorium Analisis Perancangan Kerja di Universitas Atma Jaya Yogyakarta” menggunakan metode kreatif dalam perancangannya. Hasil dari skripsi ini adalah alat pemanas dengan sistem kendali otomatis menggunakan *digital thermocontroller* sebagai pengendalinya.

Stevanus (2012) dalam skripsinya yang berjudul “Alat pengemas Gula Pasir Berbasis Mikrokontroler AT89S52” menggunakan metode kreatif dalam perancangan alat pengemas gula pasir yang menggunakan sistem kendali otomatis. Hasil dari penelitian ini adalah alat pengemas gula semi otomatis yang menggunakan kendali mikrokontroler AT89S53.

**Tabel 2. 1. Review Penelitian Terdahulu**

<b>Penulis</b>	<b>Objek Penelitian</b>	<b>Tujuan Penelitian</b>	<b>Perangkat Lunak</b>	<b>Perangkat Keras</b>	<b>Metode Penelitian</b>
Sanstry dan Seekumar (2012)	Operasi dan pemantauan <i>real time marine loading arm</i> .	Merancang kontroler untuk operasi dan pemantauan <i>real time marine loading arm</i> untuk keamanan dan meningkatkan kecepatan respon.	Siemens Step 7 Micro/Win 32 Software	PLC, <i>Personal Computer</i> (PC)	Strategi kontrol generik
Miller dan Parasuraman (2007)	Tampilan, desain, komunikasi satelit	Merancang otomasi dengan benar dan tidak memberikan beban kerja kepada pengguna atau operator.	-	-	Ulasan masalah dengan otomasi statis dan adaptif
D`Ausilio (2011)	Kontroler <i>Arduino</i> , akurasi, biaya murah	Penelitian tentang Test akurasi kontroler <i>Arduino</i> dengan rendah biaya untuk digunakan pada laboratorium psikologis dan neurofisiologi.	<i>Arduino</i> Software	Kontroler <i>Arduino</i> , <i>Personal Computer</i> (PC)	Eksperimen

<b>Penulis</b>	<b>Objek Penelitian</b>	<b>Tujuan Penelitian</b>	<b>Perangkat Lunak</b>	<b>Perangkat Keras</b>	<b>Metode Penelitian</b>
Budianto (2014)	Perancangan alat pemanas	Merancang alat pemanas dengan sistem kendali otomatis di ruangan dengan sistem kendali otomatis.		Digital Thermocontroller E5CN R2 MT 500	Metode Kreatif
Stevanus (2012)	Perancangan alat pengemas gula	Mendapatkan alat pengemas gula dengan memperhatikan kecepatan dan peliitan plastik kemasan serta harga alat supaya terjangkau oleh industri kecil.	MIDE 51 Studio	AT895S52	Metode Kretif

**Tabel 2.1. Lanjutan**

### **2.1.2. Penelitian Sekarang**

Penelitian yang dilakukan saat ini mengambil objek penelitian pengambilan dan pengolahan informasi data produksi berupa jumlah produksi, waktu dan status operasi mesin pengemas bumbu di PT Indofood. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat alat untuk mengambil informasi dari mesin sehingga dapat diolah dan ditampilkan secara cepat dan tepat. Berdasarkan penelitian-penelitian di atas diketahui bahwa pengolahan dan penyimpanan data informasi secara elektronik sangat penting untuk mempermudah pengguna data dalam pengaksesan, pengolahan serta menyimpan data. Sistem informasi yang akan dibuat akan mengambil data dari mesin pengemas dan disimpan dalam *database* elektronik, sehingga akan meningkatkan keakuratan serta kemudahan akses data bagi penggunanya. Data akan terus diperbaharui dalam hitungan detik dengan akurat.

## **2.2. Dasar Teori**

Penelitian pembuatan alat pemantau produksi mesin pengemas bumbu ini ditujukan untuk mengatasi masalah yang terdapat di divisi pengemas bumbu PT. Indofood. Penelitian ini menggunakan dasar teori yang sudah ada dan telah dikembangkan agar sesuai dengan proses perancangannya.

### **2.2.1. Pengertian Otomasi**

Otomasi (*Automation*) adalah suatu teknologi dimana proses atau prosedur dilakukan tanpa atau dengan bantuan manusia (Groover, 2007). Otomasi merupakan teknologi yang mengaplikasikan mekanika, elektronika, dan sistem berdasarkan komputer untuk mengoperasikan dan menjalankan operasi. Terdapat 4 elemen utama dalam menjalankan otomasi, yaitu:

a. Sumber tenaga untuk menjalankan proses otomasi

Sumber tenaga digunakan untuk menjalankan suatu sistem terotomasi adalah listrik. Energi listrik tersedia secara luas dan mudah diubah menjadi energi lain.

b. Program Instruksi

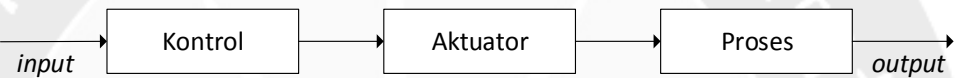
Program instruksi merupakan perintah-perintah yang digunakan untuk menjalankan suatu sistem terotomasi agar bekerja sesuai dengan tujuan dan memberikan hasil yang maksimal.

c. Sistem kendali

Sistem kendali merupakan sistem yang kan mengenali status dari sistem, membandingkan status sistem tersebut dengan prosedur otomasi, mengatur prosedur tujuan serta menjalankannya. Sistem kendali dalam otomasi dibagi menjadi dua, yaitu :

i. Sistem kendali *open loop*

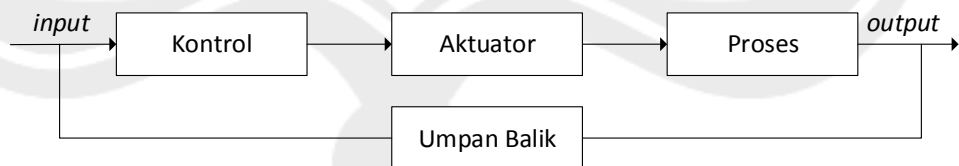
Sistem ini merupakan satu sistem kendali yang mengendalikan sistem otomasi dengan menggunakan masukan sistem atau model sistem yang diberikan pertama kali. Pada sistem *open loop* ini, keluaran atau variabel lain dalam sistem tidak memiliki efek terhadap kontrol dari input. Perancangan operasional dalam sistem *open loop*, seperti suatu pergerakan mesin yang diperintahkan untuk bergerak ke lokasi yang telah ditentukan tetapi tidaklah pasti sebagai unit kendali.



**Gambar 2. 1. Sistem Kendali *Open Loop***

ii. Sistem kendali *close loop*

Sistem ini merupakan sistem yang memiliki umpan balik ke *input* sistem dari masing-masing *output*. Dalam sistem ini, tiap pergerakan dari mesin akan dibandingkan dengan parameter *input* sehingga tiap parameter yang dimasukkan akan berpengaruh terhadap *output* dan secara otomatis akan merespon jika terjadi kesalahan.

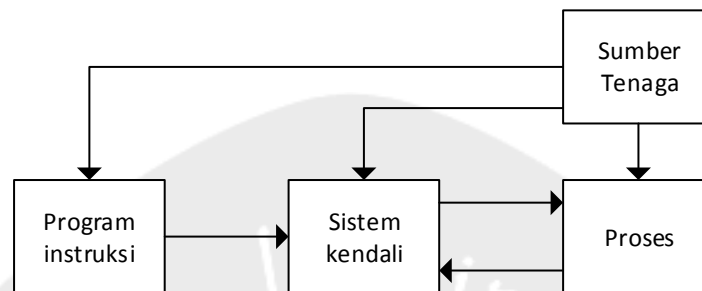


**Gambar 2. 2. Sistem Kendali *Closed Loop***

d. Proses yang dikendalikan

Fungsi utama dari sistem otomasi adalah untuk mengendalikan proses yang tidak atau sedikit menggunakan bantuan manusia. Proses dari sistem tersebut harus dijelaskan satu per satu untuk mendapatkan sistem terotomasi yang baik dan lancar sehingga mampu mengerjakan tujuan sesuai dengan yang diinginkan.

Hubungan antar elemen dalam sistem otomasi dapat digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 2. 3. Hubungan antar Elemen dalam Sistem**

### 2.2.2. Tipe-Tipe Otomasi

Sistem produksi terotomasi dapat diklasifikasikan menjadi tiga tipe, yaitu (Groover, 2007):

a. *Fixed automation*

*Fixed automation* adalah sistem di mana urutan proses ditetapkan oleh konfigurasi peralatannya. Penerapan ekonomi untuk tipe ini ditemukan untuk proses produk dengan laju permintaan dan volume yang sangat tinggi.

b. *Programmable Automation*

*Programmable Automation* adalah sistem otomasi yang produksinya didesain dengan konfigurasi produk yang beda. Urutan operasinya dikendalikan oleh suatu program yaitu suatu set kode instruksi sedemikian sehingga sistem dapat membaca dan menginterpretasikannya. Otomasi tipe ini digunakan untuk volume produksi skala rendah sampai medium, contohnya adalah mesin *Numerica Controlled* (NC) dan robotika industri.

c. *Flexible Automation*

*Flexible Automation* adalah sistem otomasi yang mampu memproduksi berbagai bentuk. *Flexible Automation* merupakan kelanjutan dari *Programmable Automation*.

### 2.2.3. Alasan Perlunya Otomasi

Alasan perlunya otomasi dalam industri adalah sebagai berikut (Groover, 2007) :

- a. Meningkatkan produktivitas; keluaran produksi per jam yang lebih tinggi dapat dicapai dengan otomasi, dibandingkan dengan operasi manual.

- b. Ongkos tenaga kerja yang tinggi; upah buruh selalu meningkat. Oleh karena itu, investasi tinggi dari teknologi otomasi telah dapat dibenarkan secara ekonomi untuk menggantikan operasi – operasi manual.
- c. Kekurangan tenaga kerja kecenderungan di negara maju yang mengimpor tenaga kerja.
- d. Meningkatnya jumlah tenaga kerja yang berminat ke sektor jasa. Adanya pandangan generasi saat ini tentang pekerjaan pabrik yang kasar, membosankan, dan kotor.
- e. Keselamatan kerja, otomasi mengubah fungsi operator dari peranan menuntut partisipasi aktif ke suatu peran pengawasan (*supervisory*).
- f. Ongkos bahan baku yang tinggi Tingginya harga bahan mentah menuntut semakin tingginya efisiensi penggunaan bahan mentah tersebut untuk mengurangi kegagalan produk.
- g. Meningkatkan kualitas, Selain meningkatkan kecepatan produksi, otomasi juga meningkatkan konsistensi dan kesesuaian terhadap spesifikasi kesesuaian produk.
- h. Mengurangi “*manufacturing lead time*”; otomasi mengurangi waktu antara *customer – order* dan *delivery – product*.
- i. Mengurangi “*in process inventory*”. Otomasi mengurangi waktu yang dihabiskan sebuah benda kerja / produk di dalam pabrik.
- j. Bila tidak dilakukan otomasi, ongkosnya tinggi. Keuntungan penerapan otomasi seringkali muncul dengan cara yang tidak dapat dihitung atau terduga, seperti misalnya meningkatnya kualitas produk, meningkatkan penjualan dan menciptakan *image* perusahaan yang lebih baik.

### **2.3. Metode Perancangan**

Metode perancangan adalah prosedur, teknik-teknik, bantuan-bantuan, atau peralatan untuk merancang. Metode perancangan menggambarkan sejumlah aktivitas dengan jelas yang memungkinkan perancang menggunakan dan mengombinasikan proses secara keseluruhan. Beberapa metode perancangan masih digunakan cara konvensional, sebagai contoh : menggambar. Metode perancangan yang sekarang, telah terjadi perubahan di mana prosedur yang tidak lagi konvensional tetapi lebih dikelompokkan dan dikenal dengan “Metode Perancangan”(Cross, 2001).



Tujuan metode perancangan adalah membawa prosedur rasional ke dalam proses perancangan. Secara kontrasnya, metode-metode ini lebih menghasilkan solusi perancangan jika dibandingkan dengan pemikiran informal, internal, maupun yang tidak masuk akal dari proses perancangan konvensional. Metode perancangan secara umum dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu metode rasional dan metode kreatif (Cross,2001).

a. *Brainstorming*

*Brainstorming* dapat didefinisikan sebagai suatu cara untuk mendapatkan banyak ide dari sekelompok manusia dalam waktu yang sangat singkat. Tujuan metode ini adalah menstimulasi kelompok untuk menghasilkan sejumlah besar gagasan dengan cepat. Personil yang terlibat sebaiknya tidak homogen, memiliki kemampuan dan keahlian yang beragam, serta memahami persoalan yang dihadapi dan aturan yang berlaku dalam *brainstorming*. Berikut adalah beberapa aturan yang berlaku:

- i. Kelompok tidak boleh bersifat hierarkial dan terdiri dari 4 - 8 orang.
- ii. Kelompok diharapkan menghasilkan jumlah gagasan sebanyak mungkin.
- iii. Tidak diperbolehkan memberikan kritik pada setiap gagasan.
- iv. Gagasan yang aneh tetap diterima.
- v. Gagasan dinyatakan dengan singkat dan jelas.
- vi. Dilaksanakan dalam suasana yang rileks, tenang dan bebas.
- vii. Durasi kegiatan sebaiknya tidak lebih dari 30 menit.

Cara *brainstorming* terbagi menjadi tiga, yaitu:

- i. *Verbal Brainstorming*, pengumpulan ide dengan para peserta dikumpulkan kemudian bergantian mengemukakan idenya secara verbal dan dicatat.
- ii. *Nominal Brainstorming*, pengumpulan ide dengan para peserta dikumpulkan kemudian bergantian mengemukakan dan melakukan pemungutan suara untuk menentukan hasilnya.
- iii. *Electrical Brainstorming*, pengumpulan ide dengan dibantu perangkat elektronik.

b. *Syntetics*

*Syntetics* adalah suatu aktivitas kelompok yang mencoba menciptakan, mengkombinasikan, dan mengembangkan gagasan-gagasan untuk memberikan solusi kreatif terhadap permasalahan melalui penggunaan

melalui analogi. Tujuannya adalah mengarahkan pemikiran spontan ke arah eksplorasi dan transformasi masalah-masalah prancangan.

Ciri-ciri *syntetics* adalah tidak mengenal adanya kritik terhadap ide orang lain, pencapaian akhir berupa suatu solusi tunggal yang diawali dari pernyataan permasalahan dari klien, dan membangkitkan analogi peserta. Analogi digunakan untuk membantu pendekatan mengenai hal-hal atau istilah-istilah asing dan membuka batas imajinasi sehingga dapat memperluas kemungkinan pengembangan ide. Dibandingkan dengan *brainstorming*, *syntetics* lebih fokus pada upaya untuk menghasilkan solusi tunggal yang spesifik, tidak memunculkan ide sebanyak mungkin.

Metode pelaksanaan *syntetics* meliputi:

- i. Membentuk kelompok yang terdiri dari anggota yang telah dipilih.
  - ii. Melatih anggota kelompok mengenai penggunaan analogi untuk membangkitkan pemikiran spontan otak terhadap persoalan.
  - iii. Menjelaskan permasalahan pada anggota kelompok seperti yang telah diungkapkan oleh klien.
  - iv. Menggunakan banyak analogi, seperti analogi langsung, analogi personal, analogi simbolik, dan analogi fantasi.
- c. Perluasan Daerah Penelitian
- Suatu kondisi normal dari batas mental untuk berpikir kreatif adalah untuk mengambil batas tipis sampai pada suatu pemecahan masalah yang dicari. Beberapa teknik kreatifitas merupakan bantuan untuk memperluas area penelitian meliputi transformasi, masukan acak, dan perancangan banding.
- d. Proses Kreatif
- Rangkaian pemikiran yang sering kali terjadi pada pola pikir kreatif, dimana memiliki pola umum menurut para psikolog. Pola-pola tersebut antara lain:
- i. *Recognition* adalah realisasi atau pengakuan mengenai adanya masalah.
  - ii. *Preparation* adalah penerapan dari usaha yang dilakukan untuk memahami masalah tersebut.
  - iii. *Incubation* adalah periode untuk meninggalkan pemikiran tersebut dalam pikiran, sehingga memicu kerja alam bawah sadar.
  - iv. *Illumination* adalah persepsi atau formulasi dari ide intinya.
  - v. *Vetification* adalah kerja keras untuk mengembangkan dan menguji ide tersebut.

#### **2.4. Morphology Chart**

*Morphology chart* adalah suatu daftar atau ringkasan dari analisis perubahan bentuk secara sistematis untuk mengetahui bagaimana bentuk suatu produk dibuat. Dalam bagan ini akan dibuat kombinasi dari berbagai kemungkinan solusi untuk membentuk produk-produk yang berbeda atau bervariasi.

Kombinasi berbeda dari sub solusi dapat dipilih dari bagan, sehingga memungkinkan untuk mencapai sebuah solusi baru yang belum teridentifikasi sebelumnya. *Morphology chart* berisi elemen, komponen, atau sub solusi yang lengkap sehingga dapat dikombinasikan (Cross, 2001).

Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Masalah yang akan dipecahkan harus dirumuskan seakurat mungkin.
- b. Identifikasi semua parameter yang mungkin ada.
- c. Buat diagram *morfology* dengan parameter sebagai baris.
- d. Isi kolom dengan komponen yang berhubungan dengan parameter tertentu, komponen dapat ditentukan dengan menganalisis produk sejenis maupun dengan menggunakan prinsip baru.
- e. Gunakan strategi evaluasi (analisa baris dan pengelompokan parameter) sebagai batasan solusi utama.
- f. Ciptakan solusi dengan menggabungkan setidaknya satu komponen dari masing-masing parameter.
- g. Hati-hati dalam mengevaluasi dan menganalisis solusi yang berkaitan dengan persyaratan desain, dan pilihlah beberapa solusi utama (minimal 3 solusi).
- h. Solusi utama yang dipilih akan dikembangkan secara rinci dalam bagian yang tersisa dalam proses desain.

#### **2.5. Weighted Objective**

Metode *Weighted Objective* ini menyediakan cara untuk memperkirakan dan membandingkan alternatif perancangan yang menggunakan perbedaan pembobotan obyektif. Metode ini menetapkan pembobotan numerik untuk obyektif dan nilai numerik untuk melaksanakan alternatif perancangan yang diukur terhadap obyektif. Tujuan metode ini adalah untuk membandingkan nilai-nilai kegunaan usulan perancangan alternatif pada basis pelaksanaan terhadap perbedaan pembobotan obyektif. Langkah-langkah dalam evaluasi alternatif menggunakan metode *Weighted Objective* adalah:

- a. Pilih kriteria berdasarkan persyaratan yang telah dilakukan dengan tim kreatif pilihan 3 sampai 5 konsep untuk diseleksi.
- b. Menetapkan bobot untuk tiap kriteria, masing-masing kriteria harus sesuai dengan kebutuhan dari tim kreatif, untuk menentukan faktor bobot kriteria disarankan membandingkan tiap kriteria (peringkat bobot dapat berupa skala 1 sampai 5 atau memutuskan seluruh jumlah bobot misal 100 atau 1).
- c. Buatlah matriks dengan kriteria sebagai baris dan solusi sebagai kolom.
- d. Tentukan nilai atribut bagaimana solusi dapat memenuhi kriteria.
- e. Hitung nilai keseluruhan setiap konsep dengan menjumlahkan skor pada setiap kriteria.
- f. Solusi dengan skor tertinggi adalah solusi yang akan dipilih.

#### **2.6. *Design For Manufacturing (DFM)***

Ulrich (2001) menyatakan bahwa biaya manufaktur merupakan penentu utama dalam keberhasilan ekonomis dari produk. Secara ekonomis, rancangan yang berhasil tergantung dari jaminan kualitas produk yang tinggi, sambil meminimasi biaya manufaktur. DFM adalah suatu metode untuk mencapai tujuan ini. Pelaksanaan DFM yang efektif mengarahkan pada biaya manufaktur yang rendah tanpa mengorbankan kualitas produk.

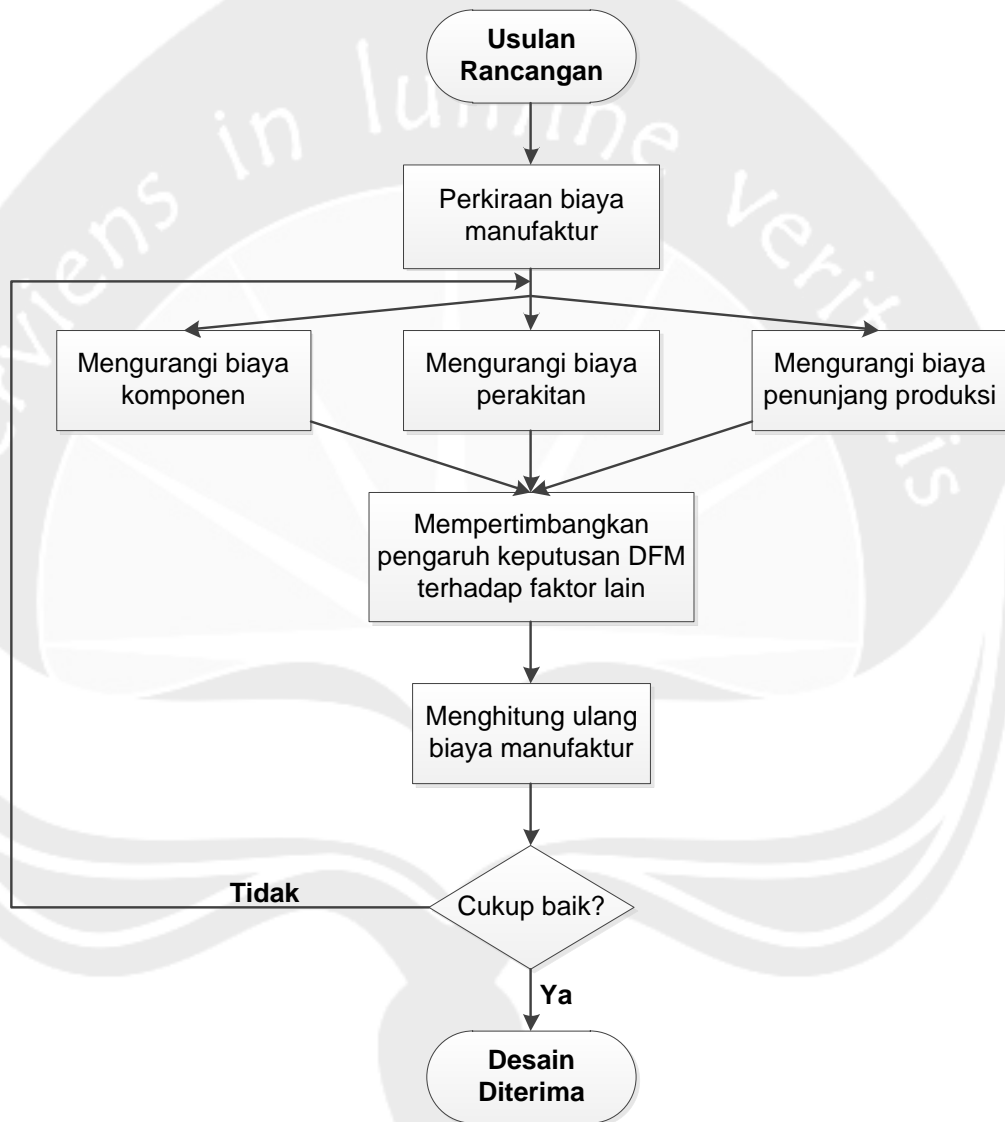
*Design For Manufacturing* (DFM) membutuhkan suatu tim yang secara fungsional saling berhubungan. Perancangan untuk proses manufaktur merupakan salah satu dari pelaksanaan yang paling terintegrasi yang terlibat dalam pengembangan produk. DFM menggunakan informasi dari berbagai tipe, diantaranya:

- a. Sketsa, gambar, spesifikasi produk dan alternatif-alternatif rancangan
- b. Suatu pemahaman detail tentang proses produksi dan perakitan
- c. Perkiraan biaya dan volume produksi, serta waktu peluncuran produk

Oleh karenanya *Design For Manufacturing* (DFM) membutuhkan peran serta yang sangat baik dari anggota tim pengembang. Upaya-upaya *Design For Manufacturing* umumnya membutuhkan ahli-ahli:

- a. Insinyur manufaktur
- b. Akutansi biaya
- c. Personil produksi
- d. Perancang produk

DFM dimulai selama tahapan pengembangan konsep, sewaktu fungsi-fungsi dan spesifikasi produk ditentukan. Ketika melakukan pemilihan suatu konsep produk, biaya hampir selalu merupakan satu kriteria untuk pengambilan keputusan, walaupun perkiraan biaya pada tahap ini sangatlah subjektif dan merupakan pendekatan. Ketika spesifikasi produk sudah difinalisasi, tim akan menentukan pilihan (*trade-off*) diantara karakteristik kinerja yang diinginkan.



**Gambar 2. 4. Metode Design For Manufacturing (DFM) (Ulrich & Eppinger, 2001)**

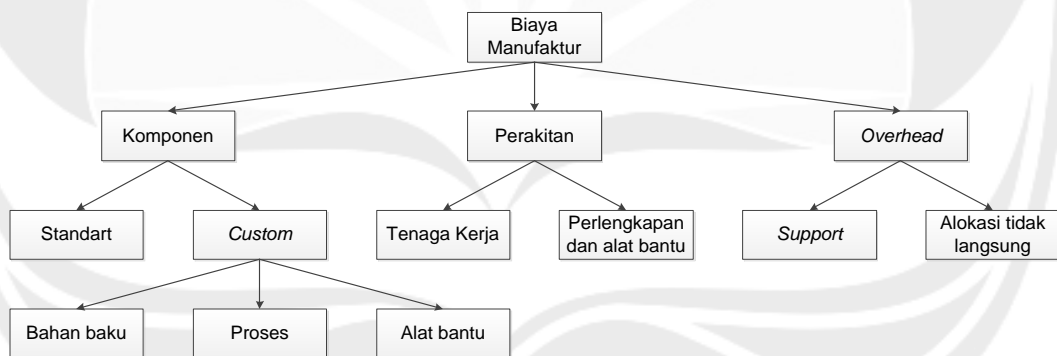
Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.19., metode DFM dimulai dengan perkiraan biaya manufaktur dari rancangan yang diusulkan. Hal ini membantu tim untuk menentukan suatu tingkatan umum dimana aspek-aspek perancangan meliputi komponen, rakitan, atau komponen pendukung penting lainnya. Tim

kemudian menaruh perhatian pada area tertentu dalam tahapan yang berurutan. Proses ini merupakan proses yang berulang. Tidak umum untuk menghitung kembali perkiraan biaya manufaktur serta memperbaiki rancangan produk lusinan kali sebelum menyetujui bahwa rancangan tersebut cukup baik. Ketika rancangan produk diperbaiki, iterasi DFM ini mungkin dilanjutkan hingga dimulainya proses produksi. Pada beberapa poin, hasil rancangan yang telah ditetapkan dan beberapa modifikasi lainnya dipergunakan sebagai perubahan secara teknis atau menjadi bagian dari pengembangan produk selanjutnya.

Metode DFM terdiri dari 5 langkah :

- Memperkirakan biaya manufaktur
- Mengurangi biaya komponen
- Mengurangi biaya perakitan
- Mengurangi biaya pendukung produksi
- Mempertimbangkan pengaruh keputusan DFM pada faktor-faktor lainnya.

### 2.6.1. Memperkirakan Biaya Manufaktur



**Gambar 2. 5. Elemen Biaya Manufaktur Produk (Ulrich & Eppinger, 2001)**

Pada gambar 2.20. menunjukkan suatu cara dalam mengategorikan elemen-elemen biaya manufaktur. Pada pembahasan ini, biaya manufaktur dari suatu produk yang terdiri dari biaya-biaya dalam tiga kategori:

- Biaya komponen: Komponen dari suatu produk termasuk komponen standar yang dibeli dari *supplier*. Contohnya adalah motor, *chip* elektronik, dan sekrup. Komponen *custom* adalah komponen yang dibuat berdasarkan pesanan sesuai rancangan pembuat dari material mentah.
- Biaya perakitan: Barang diskrit biasanya dirakit dari beberapa komponen. Biaya perakitan meliputi biaya tenaga kerja, biaya peralatan & perlengkapan.

- c. Biaya-biaya *overhead*: *Overhead* merupakan kategori yang digunakan untuk mencakup biaya lain-lainya.

Komponen	Material yang Dibeli	Pemrosesan (Mesin + T. Kerja)	Perakitan (T. Kerja)	Total Biaya Variabel per unit	Peralatan & Biaya tidak berulang lainnya, K\$	Umur pakai peralatan, K unit	Total Biaya Tetap per unit	Biaya Total
Saluran Udara								
Mesin cor	12.83	5,23		18.06	1960	500+	0.50	18.56
Pipa pengembalian EGR	1.30		0.15	1.45				1.45
Perangkat PCV								
Katup	1.35		0.14	1.49				1.49
Paking	0.05		0.13	0.18				0.18
Penutup	0.76		0.13	0.89				0.89
Sekrup (3)	0.06		0.15	0.21				0.21
Rakitan Blok Sumber Ruang Hampa								
Blok	0.95		0.13	1.08				1.08
Paking	0.03		0.13	0.08				0.08
Sekrup	0.02		0.09	0.11				0.11
Total Biaya Langsung	17.35	5.23	0.95	23.52	1960		0.50	24.03
Beban Overhead	2.60	9.42	1.71				0.75	14.48
Biaya Total								38.51

**Gambar 2. 6. Contoh *Bill Of Material (BOM)* (Ulrich & Eppinger, 2001)**

Perkiraan biaya manufaktur, yang merupakan dasar untuk DFM, digunakan untuk menyimpan informasi ini secara teratur. Gambar 2.6. menunjukkan suatu sistem informasi untuk pencatatan perkiraan biaya manufaktur. BOM adalah suatu daftar tiap komponen produk, yang terdiri dari suatu daftar material (*Bill Of Material / BOM*) dan dilengkapi dengan informasi biaya. BOM juga dibuat dengan menggunakan format tertentu dimana rakitan struktur pohon digambarkan dengan dilengkapi nama komponen dan sub-rakitannya.

Kolom pada BOM menunjukkan perkiraan biaya yang terdiri dari biaya tetap dan biaya variabel. Biaya variabel mencakup biaya material, penggunaan mesin, dan upah. Biaya tetap terdiri dari peralatan dan biaya yang tidak berulang seperti peralatan khusus dan biaya *set up*. Umur pakai peralatan digunakan untuk menghitung biaya tetap per unit (jika umur pakai peralatan yang diharapkan tidak melampaui volume umur pakai produk, dimana digunakan kasus volume produk yang lebih rendah). Untuk menghitung biaya total, *overhead* ditambahkan sesuai dengan gambaran perhitungan biaya yang diharapkan.

### 2.6.2. Mengurangi Biaya Komponen

Untuk produk diskrit yang sangat bersifat teknik, biaya komponen yang dibeli akan menjadi elemen penting biaya manufaktur. Bagian ini menginformasikan beberapa strategi untuk meminimalkan biaya tersebut.

- a. Memahami Batasan Proses dan Dasar Biaya

Beberapa komponen mungkin dapat ditentukan harganya secara sederhana, karena desainer tidak memahami kebutuhan biaya dasar, dan batasan-batasan proses produksi. Seorang desainer mungkin juga menetapkan dimensi dengan toleransi yang terlalu ketat, tanpa mempertimbangkan kesulitan untuk memperoleh akurasi tersebut dalam proses produksinya. Perancangan ulang komponen diharapkan bisa mendapatkan kinerja yang sama sambil menghindari langkah manufaktur yang menimbulkan biaya lebih. Desainer harus mengetahui operasi apa yang sulit dilakukan dalam kegiatan produksi, dan berapa biaya dasarnya.

Strategi terbaik untuk proses yang tidak mudah dikerjakan adalah dengan bekerja langsung dengan personil yang benar-benar memahami proses produksi yang dimaksud. Ahli-ahli manufaktur cenderung memiliki banyak ide tentang perancangan ulang komponen untuk mengurangi biaya produksi.

b. Merancang Ulang Komponen untuk Mengurangi Langkah Proses

Kecermatan rancangan yang diusulkan akan menghasilkan usulan rancangan baru yang dapat menghasilkan penyederhanaan proses produksi. Pengurangan jumlah langkah dalam proses manufaktur dapat menghasilkan pengurangan biaya. Mungkin ada berapa tahapan proses yang tidak diperlukan. Sebagai contoh, komponen aluminium mungkin tidak harus dicat, khususnya jika tidak dapat dilihat secara langsung oleh konsumen. Pada beberapa kasus, beberapa tahap mungkin dapat dikurangi dengan substitusi oleh tahapan proses alternatif.

c. Pemilihan Skala Ekonomi yang Sesuai untuk Proses Komponen

Biaya manufaktur untuk suatu produk biasanya turun bila volume produksi meningkat. Gejala ini dinamakan skala ekonomi. Skala ekonomi untuk suatu komponen yang dibuat terjadi alasan berikut:

- i. Biaya tetap dibagi oleh jumlah unit yang lebih banyak
- ii. Biaya variabel menjadi lebih rendah karena perusahaan dapat mempertimbangkan penggunaan proses dan peralatan yang lebih luas dan efisien.

d. Menstandarisasi Komponen dan Proses

Prinsip skala ekonomis juga digunakan dalam pemilihan komponen dan proses. Jika volume produksi di tambah, biaya per unit komponen akan berkurang.



### 2.6.3. Mengurangi Biaya Perakitan

Perancangan untuk perakitan (*Design For Assembly/DFA*) juga dianggap sebagai bagian dari DFM yang berisi tentang minimasi biaya perakitan. Pada bagian ini, akan dijelaskan mengenai beberapa prinsip yang berguna untuk mengarahkan keputusan DFM:

a. Menyimpan angka

Boothroyd dan Dewhurst (1989) menganjurkan untuk memelihara perkiraan biaya yang sedang berjalan. Sebagai tambahan untuk angka mutlak ini, mereka mengusulkan konsep efisiensi perakitan. Indeks DFA ditunjukkan dengan rumus berikut:

$$\text{Indeks DFA} = \frac{\text{Jumlah komponen minimum teoritis} \times 3 \text{ detik}}{\text{Perkiraan waktu total perakitan}} \quad (2.1)$$

b. Mengintegrasikan komponen

Jika suatu komponen tidak memiliki kualitas yang diperlukan secara teoritis, maka akan terdapat kandidat pengganti untuk menggabungkan satu atau lebih komponen.

c. Memaksimalkan kemudahan perakitan

Karakteristik ideal komponen dari suatu rakitan adalah:

- a. Komponen dimasukkan dari bagian atas perakitan
- b. Komponen lurus dengan sendirinya
- c. Komponen tidak harus diorientasikan
- d. Komponen hanya butuh satu tangan untuk merakit
- e. Komponen tidak membutuhkan peralatan
- f. Komponen dirakit dengan gerakan linear dan tunggal
- g. Komponen terkunci dengan segera setelah penggabungan

### 2.6.4. Mengurangi Biaya Overhead

Dalam upaya untuk mengurangi biaya komponen dan biaya perakitan, tim juga akan mencapai pengurangan dalam permintaan fungsi pendukung produksi. Sebagai contoh, suatu pengurangan jumlah komponen mengurangi permintaan untuk manajemen persediaan. Suatu pengurangan dalam isi rakitan mengurangi jumlah pekerja yang dibutuhkan untuk produksi sehingga mengurangi biaya pengawasan dan manajemen sumber daya manusia. Komponen standar mengurangi permintaan dukungan teknik dan pengendalian kualitas. Terdapat tambahan beberapa tindakan langsung oleh tim untuk mengurangi biaya pendukung produksi.

### **2.6.5. Mempertimbangkan Pengaruh Keputusan DFM pada Faktor Lainnya**

Mengurangi biaya manufaktur bukan satu-satunya sasaran dari proses pengembangan produk. Keberhasilan pengembangan produk juga tergantung dari terjaganya kualitas produk, serta berkurangnya waktu pengerjaan dan biaya pengembangan produk.

#### **a. Pengaruh DFM Terhadap Waktu Pengembangan**

Waktu pengembangan dapat menjadi sangat penting. Keputusan DFM harus dievaluasi untuk melihat pengaruhnya pada waktu pengembangan, seperti pengaruh juga terhadap biaya manufaktur.

#### **b. Pengaruh DFM Terhadap Biaya Pengembangan**

Biaya pengembangan berbanding lurus dengan waktu pengembangan. Maka, harus diperhatikan keterkaitan dan kerumitan hubungan keduanya serta waktu pengembangan dibutuhkan untuk biaya pengembangan tertentu.

#### **c. Pengaruh DFM Terhadap Kualitas Produk**

Sebelum melakukan keputusan DFM, tim seharusnya mengevaluasi pengaruh keputusan pada kualitas produk. Tindakan dari hasil keputusan DFM seharusnya mampu untuk mengurangi biaya manufaktur juga akan memperbaiki kualitas produk.

#### **d. Pengaruh DFM Terhadap Faktor-faktor Eksternal**

Keputusan perancangan mungkin memiliki dampak yang melebihi tanggung jawab satu tim pengembangan. Dari sisi ekonomis, dampak ini mungkin dianggap sebagai masalah eksternal. Dua masalah eksternal yang sering ditemui adalah komponen yang digunakan kembali dan biaya umur pakai.