BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Banyak penelitian yang dilakukan saat ini untuk melakukan kontrol pada penggunaan daya listrik pada suatu bangunan supaya dapat membuat pemakaian energi listrik menjadi lebih efisien (Thaung et al, 2016; Peng et al, 2014). Energi merupakan kebutuhan dasar manusia yang terus meningkat sejalan dengan tingkat kehidupannya (Kholiq, 2015). Sekitar 33% dari energi di dunia digunakan pada bangunan/gedung (Tan et al, 2015).Ketersediaan energi listrik maupun bahan bakar lainnya sekarang semakin terbatas. Masyarakat sekarang harus lebih selektif dalam menggunakan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari agar dapat menghemat dalam pemakaiannya.

Penelitian tentang sistem *monitoring* telah banyak dilakukan. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Haryanto et al (2014) dengan membuat sistem *monitoring* proses produksi pada mesin bardi berbasis web di PT. Tirta Investama Sukabumi. Pengukuran dan *monitoring* daya dan energi listrik juga dilakukan oleh Srividyadevi et al (2013) yang dilakukan pada penggunaan listrik perumahan. Gosavi dan Khule (2017) merancang sistem *monitoring* energi pada tiap-tiap bagian dalam pabrik menggunakan PLC (Programmable Logic Controller) dan SCADA. Yuwono (2015) merancang sistem kendali dan *monitoring* beban listrik rumahan yang berbasis *Processing Line Communication.* Alatpemantauan penggunaan energi listrik rumah tangga juga dirancang oleh Suryaningsih et al (2016) tetapi dengan berbasis internet. Boonsong dan Ismail (2014) juga telah melakukan penelitian pada pemantauan daya listrik rumah tangga menggunakan RFID dengan jaringan sensor *wireless.*

Untuk melakukan perancangan dan pengembangan alat, kita dapat menggunakan salah satu metode atau *tool* yaitu QFD (Quality Function Deployment) yang dikembangkan oleh Yoji Akao pada tahun 1966 di negara jepang. Menurut Akao (1990), fokus utama QFD adalah melibatkan pelanggan dalam proses pengembangan produk. Patro dan Prasad (2013) menyatakan bahwa QFD merupakan pendekatan untuk perancangan produk, *engineering* dan produksi serta sangat berguna dalam implementasi kebutuhan konsumen dalam perancangan produk. Salah satu *tool* yang sering digunakan dalam QFD adalah *house of quality.* Informasi dari konsumen dapat dikumpulkan dengan cara

survei, fokus grup, wawancara, keluhan konsumen, *trade shows* dan jurnal (Bossert, 1991).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk melakukan *monitoring* dan pengukuran energi listrik diantaranya Mnati et al (2017) melakukan penelitian dengan merancang alat *monitoring* tegangan dan arus pada inverter tiga fasa dengan menggunakan aplikasi android. Thaung et al (2016) menggunakan modul *Zigbee* merancang sistem pemantauan dan pengukuran energi listrik secara *real-time*pada rumah dan bangunan.Penelitian yang sama dilakukan oleh Peng dan Qian (2014) melakukan pengembangan sistem *monitoring* daya secara *real time* berbasis *Zigbee* tetapi berbeda pada tingkat akurasi pengukurannya yang lebih tinggi dengan penggunaan komponen yang berbeda. Peng dan Qian (2014) mengembangkan sistem kontrol dan *monitoring* dengan tingkat akurasi pengukuran yang lebih tinggi dengan menggunakan tiga bagian utama (gateway, base station, dan sensors). Munoz et al (2009) juga melakukan penelitian dengan merancang sistem elektronik untukmengukur energi, daya, tegangan, dan arus pada listrik AC satu fasa. Tidak hanya sebatas penelitian pembuatan alat ukur dengan pengukuran berbasis *hardware* maupun *software.* Penelitian berbasis *web* pernah dilakukan oleh Adam et al (2011) dengan mengembangkan alat *monitoring* untuk pengukuran daya listrik satu fasa berbasis *web* secara *real time.* Gogineni et al (2015) juga mengembangkan dan merancang *prototype* alat monitoring konsumsi daya listrik secara *real time* berbasis *web* dan ditambahkan dengan sistem *database* untuk menyimpan data pemakaian daya listrik setiap rumah yang diukur.

Pada penelitian Mnati et al (2017), mengajukan dan merancang sistem *monitoring*tegangan dan arus pada listrik tiga fasa menggunakan mikrokontroler *arduino*. sistem ini disebut "*a new smart voltage and current monitoring system (SVCMS)*". Rancangan terintegrasi SVCMS menggunakan jenis *arduino nano* V3.0 sebagai mikrokontroler untuk melakukan pengukuran yang nantinya data hasil pengukuran akan dikalkulasi dan dikirim ke *android smartphone device* melalui *bluetooth* HC-05. Aplikasi *interface* yang digunakan pada *smartphone* tersebut menggunakan *software open source MIT App Inventor*.

Thaung et al (2016) merancang *smart home technology* untuk perumahan atau bangunan untuk penghematan energi. Sistem yang dirancang menggunakan *wireless sensor* dengan menggunakan media komunikasi *Zigbee*. *Prototype* yang

dirancang menggunakan sensor LDR dan PIR. Hasil pembacaan sensor akan ditampilkan pada GUI yang ada sehingga *user* dapat mengamati kondisi setiap ruangan dan konsumsi daya listriknya.

Munoz et al (2009) mendesain campuran sistem elektronik untuk melakukan pengukuran penggunaan energi pada listrik AC satu fasa. Menggunakan *smart sensor* (ADE7753 dari *analog devices*). Sensor magnetoresistance juga digunakan sebagai transduser arus. Semua hasil pengukuran yang peroleh akan dibaca melalui *port* paralel dari komputer menggunakan aplikasi *LabView* sehingga *user* dapat melihat langsung hasil pengukuran tersebut.

Peng dan Qian (2014) mengusulkan sistem kontrol dan *monitoring* energi pada bangunan berbasis *cost-effective Zigbee*. Sistem ini terdiri dari 3 bagian utama yaitu *gateway*, *base station*, dan *sensors.* Sistem ini dapat memonitoring penggunaan energi dengan tingkat akurasi yang tinggi, dapat digunakan perencanaan konservasi energi jangka panjangdan pengembangan konservasi energi yang terotomasi pada pengaplikasian bangunan-bangunan.

Adam et al (2011) menggunakan sistem *web* untuk melakukan proses *monitoring* listrik *single phase*dan data hasil pengukuran dapat langsung diunduh via*web* dan disajikan melalui *interface* MATLAB yang telah dirancang. Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Gogineni et al (2015) menggunakan *web* dan tambahan sistem*database*untuk menyimpan data hasil pengukuran. Gogigeni et al menggunakan kontroler *arduino* yang dilengkapi dengan *Ethernet Shield* dan sebuah *router* WIFI untuk proses transmisi data ke *server* agar dapat menyimpan data konsumsi daya ke *database* yang telah dirancang.

2.2. Penelitian Sekarang

Penelitian yang akan dilakukan adalah merancang sebuah *tool* atau alat yang akan digunakan untuk melakukan proses pengukuran dan *monitoring* serta perekaman penggunaan daya listrik yang ada di kampus Atma Jaya Yogyakarta (UAJY). Perbedaan penelitian sekarang dengan penelitian yang ada sebelumnya adalah penelitian sekarang tidak hanya melakukan pengukuran dan monitoring dengan 3 alternatif yang diberikan,tetapi juga dapat melakukan perekaman data (data logging) secara *real time* dan ditampilkan dengan *display interface* yang memudahkan *user* dalam melakukan monitoring hasil pengukuran. Data yang

tersimpandapat digunakan untuk keperluan analisis dan pengambilan keputusan serta kebijakan dalam mengelolah energi listrik secara efisien.

Tabel 2.1. Tabel Perbandingan Penelitian

No	Deskripsi	Mnati et al (2017)	Thaung et al (2016)	Munoz et al (2009)	Peng et al (2014)	Adam et al (2011)	Gigineni et al (2015)	Eric Gunarto (2017)
1	Judul atau Topik	"A Smart Voltage and Current Monitoring System for Three Phase Inverters Using an Android Smartphone Application"	"Automatic Energy Control And Monitoring System For Building"	"Design and experimental verification of a smart sensor to measure the energy and power consumption in a one-phase AC line"	"Development and Application of a ZigBee-Based Building Energy Monitoring and Control System"	"Improved Web-based Power Quality Monitoring Instrument"	"Real Time Domestic Power Consumption Monitoring using Wireless Sensor Networks"	"Perancangan Prototype Alat Monitoring Penggunaan Daya Listrik Dengan Data Logger Di Kampus UAJY"
2	Tujuan Penelitian	Merancang alat yang dapat melakukan proses monitoring tegangan listrik 3 fasa dan arus listrik	Merancang sistem pemantauan dan pengukuran penggunaan listrik secara *real-time* secara otomatis pada perumahan dan bangunan	Merancang sistem elektronik untuk mengukur energi, daya, tegangan, dan arus pada listrik AC 1 fasa berdasarkan beban yang diterima sensor ADE7753 dari *Analog Devices*	Mengembangkan sistem kontrol dan monitoring energi pada bangunan berbasis Zigbee yang dapat memonitoring penggunaan energi dengan tingkat akurasi yang tinggi	Mengembangkan alat monitoring untuk pengukuran daya listrik satu fasa berbasis *web* secara *real time*	Merancang prototype alat monitoring konsumsi daya listrik secara real time pada rumah-rumah berbasis web dan database untuk menyimpan data pemakaian daya listrik setiap rumah	Merancang sebuah alat untuk melakukan monitoring dan pengukuran penggunaan daya listrik harian secara *real time* dengan sistem *data logger* berbasis mikrokontroler sehingga dapat menjadi dasar penggunaan energi listrik di kampus UAJY menjadi lebih efisien
3	Komponen alat (mikrokontroler dan sensor)	*Bluetooth device* (HC-05), *arduino nano* V3.0, *voltage sensor* (3 buah), *current sensor* (3 buah)	*Modul Zigbee*, *voltage sensor*, *current sensor*, *PIR sensor* dan *LDR sensor*	*smart sensor* (ADE7753) dan *magnetoresistance sensor*	gateway (SQ120 Client), base station (mote processor/radio platforms (XM2110)), sensors	Microcontroller, current sensor, voltage sensor, SD/MMC	Current sensor, voltage sensor, arduino board with ethernet shield, WIFI router	*Arduino uno*, *micro sd card reader*, lcd 16x2, *ACS712 current sensor*, microsd 8GB, dan *voltage transformer module*
4	Sistem Komunikasi	*Bluetooth*	*Zigbee*	Kabel	Zigbee	Web	Wifi	Kabel
5	Sistem Monitoring	Aplikasi *Smartphone Android*	Laptop / Personal Computer (GUI Visual C#)	*LabView application*	Komputer	Melalui Web dengan bantuan komputer	*Web* dan *database*	Laptop / Personal Computer (GUI MATLAB)
	Pengembangan sistem monitoring	belum ada	Monitoring dapat langsung diamati secara *real time*	Interface yang memudahkan user dalam melihat hasil pengukuran dengan LabView Package	belum ada	Data hasil monitoring dapat diunduh via lab dan disajikan melalui GUI MATLAB	Dapat mengetahui setiap ID pengguna dan konsumsi energi yang digunakan dengan sistem database	Menggunakan sistem *data logger* secara *realtime* dengan display GUI yang menarik agar memudahkan user dalam memantau hasil pengukuran
6	Metode Perancangan	belum ada	belum ada	belum ada	belum ada	belum ada	belum ada	Metode perancangan rasional dengan analisis QFD

2.3. Dasar Teori

2.3.1. Energi

Energi adalah sumber daya alam yang tersedia di bumi dan dipakai untuk melakukan aktivitas maupun kegiatan-kegiatan sehari-hari. Energi dapat dibedakan menjadi energi yang dapat diperbarui dan energi yang tidak dapat diperbarui. Contoh energi yang dapat diperbarui energi listrik, energi mekanik dari makhluk hidup seperti manusia ataupun hewan. Sedangkan energi yang tidak dapat diperbarui seperti minyak bumi (bensin, solar, minyak tanah). Dalam pengelolahan energi, dibutuhkan manajemen energi yang baik dan benar. Manajemen energi merupakan salah satu cara untuk meningkatkan efektifitas penggunaan energi dengan cara memanfaatkan energi, mengurangi pemborosan energi, dan *reuse* energi yang dapat diperbarui. Sistem manajemen energi berdasarkan ISO 50001 dibangun berdasarkan siklus PDCA (*plan-do-check-action*)

2.3.2. Arus Listrik

Arus listrik merupakan elektron yang bergerak secara terus menerus pada konduktor akibat adanya perbedaan tegangan pada laju waktu tertentu.. Berikut adalah rumus arus listrik yang biasa digunakan:

$$I(t) = \frac{dq}{dt} \tag{2.1}$$

Dimana

I = arus listrik (Ampere)

Q = besar muatan listrik (Coulomb)

t = waktu (detik)

Jika dikaitkan dengan daya maka besar arus listrik dapat dikalkulasi dengan cara

$$I = \frac{P}{V} \tag{2.2}$$

Dimana

I = besar arus listrik (Ampere)

P = daya (Watt)

V = besar tegangan listrik (Volt)

Untuk mencari nilai arus efektif dapat dilakukan dengan menggunakan rumus

$$I_{rms} = I_{max} / \sqrt{2} \tag{2.3}$$

Dimana

I_{rms} = arus efektif (Ampere)

I_{max} = arus Maksimum (Ampere)

2.3.3. Tegangan Listrik

Tegangan listrik merupakan perbedaan potensial antara dua titik pada rangkaian listrik. Tegangan listrik memiliki satuan *volt.* Terdapat beberapa cara untuk menghitung besar tegangan listrik yaitu:

$$V = R \times I \quad \text{atau} \quad V = P / I \tag{2.4}$$

Dimana

V = besar tegangan listrik (Volt)

R = besar hambaran (Ohm)

P = daya (Watt)

I = besar arus listrik (Ampere)

2.3.4. Alat Ukur

Pengukuran dapat didefinisikan sebagai suatu proses pemberian angka atau label terhadap atribut dengan aturan-aturan yang terstandar atau yang telah disepakati untuk mewakili atribut yang diukur (Nunnally & Bernstein, 1994).Ada banyak jenis alat ukur yang fungsinya disesuaikan dengan jenis pengukuran yang akan dilakukan. Misalnya untuk melakukan pengukuran tegangan dan arus dapat menggunakan *multimeter.*

2.3.5. Sampling Pekerjaan

Sampling pekerjaan merupakan sebuah teknik pengambilan sampel dengan sejumlah besar pengamatan yang diambil secara random atau dengan rancangan interval (Mundel& Danner,1994). Sampling pekerjaan memiliki 3 kegunaan utama yaitu sampling aktivitas dan *delay,* sampling performansi, dan pengukuran kerja. Sampling aktivitas dan *delay*digunakan untuk mengukur aktivitas dan *delay*dari pekerja atau mesin misalnya menentukan persentase pekerja sedang bekerja dan persentase pekerja tidak bekerja. Sampling performansi digunakan untuk mengukur waktu kerja dan waktu tidak bekerja dari pekerja manual. Pengukuran kerja, dalam kondisi tertentu digunakan untuk mengukur pekerjaan manual dan menetapkan waktu standar untuk sebuah operasi. Dalam sampling, banyaknya pengamatan tergantung pada seberapa akurat jawaban yang diperlukan. Jumlah pengamatan yang lebih banyak akan

menghasilkan akurasi yang lebih baik. Menurut Barnes (1900), penentuan jumlah sampel untuk tingkat kepercayaan 68,27% dapat dapat dicari dengan rumus

$$Sp = \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}} \quad (2.5)$$

Untuk tingkat kepercayaan 95,45% dapat menggunakan rumus

$$Sp = 2\sqrt{\frac{p(1-p)}{N}} \quad (2.6)$$

Dimana S = Tingkat ketelitian

p = *expressed persentage* dalam desimal

N = Jumlah pengamatan acak (ukuran sampel)

2.3.6. Metode Perancangan

Menurut Cross (1994) metode perancangan produk adalah tiap-tiap prosedur, teknik, dan alat bantu tertentu yang merepresentasikan sejumlah aktivitas jenis tertentu yang digunakan oleh perancang dalam proses total perancangan. Ada dua jenis metode perancangan yang biasa digunakan yaitu

a. Metode Kreatif

   Terdapat beberapa metode yang dimanfaatkan untuk membantu dalam meransang pemikiran kreatif dengan cara peningkatan produksi ide, menyisihkan hambatan mental terhadap kreativitas atau memperluas area pencarian solusi. Metode kreatif terdiri dari dua jenis yaitu

   i. Brainstorming

   Metode *brainstorming*memiliki tujuan untuk menstimulasi sekelompok orang untuk menghasilkan sejumlah besar gagasan maupun ide secara cepat. Orang-orang yang terlibat dalam kelompok ini sebaiknya tidak homogen dan direkomendasikan orang yang memiliki pengalaman yang cukup terhadap persoalan yang ada.

   ii. Sinetik

   Metode sinetik memiliki tujuan untuk mengarahkan pemikiran ke arah eksplorasi dan transformasi pada masalah dalam perancangan. Sinektik merupakan suatu kegiatan kelompok yang mencoba membangun, menggabungkan, dan mengembangkan ide yang ada untuk memberikan solusi kreatif terhadap masalah-masalah dalam perancangan. Mirip seperti *brainstorming*, metode ini juga tidak memperbolehkan adanya kritik dalam proses pelaksanaannya. Perbedaannya dengan *brainstorming* adalah *brainstorming* menghasilkan sebanyak mungkin

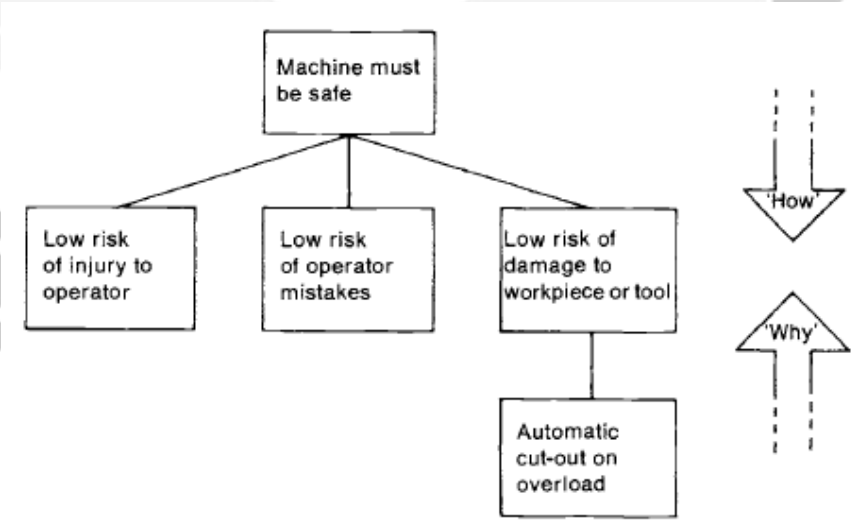
gagasan tetapi pada metode ini, kelompok berupaya untuk menghasilkan suatu solusi tertentu.

b. Metode Rasional

Metode ini berfokus pada pendekatan yang sistematis pada sebuah perancangan. Metode rasional mirip dengan metode kreatif seperti pada hal memperluas ruang pencarian untuk solusi yang tepat dan memfasilitasi tim atau grup dalam pengambilan keputusan. Terdapat beberapa tahapan dalam perancangan atau pengembangan produk/alat dengan metode rasional seperti:

i. Mengklarifikasi tujuan

Fungsinya adalah untuk mengklarifikasi tujuan dan sub tujuan perancangan serta hubungan antara keduanya. Tujuan dari tahap ini adalah agar perancangan yang dilakukan mempunyai tujuan yang jelas. Alat bantu yang biasanya digunakan yaitu pohon tujuan. Pohon tujuan menunjukkan perbedaan tujuan yang saling berhubungan dalam bentuk diagram serta juga menunjukkan pola hirarki tujuan dan sub tujuan dapat dilihat pada gambar 2.1.



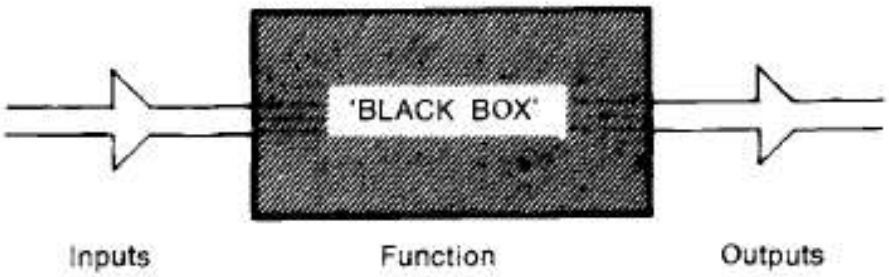
Gambar 2.1. Contoh Diagram Hirarki Pohon Tujuan

Sumber : (Cross,1994)

ii. Penetapan Fungsional

Dalam tahap penetapan fungsional dapat menggunakan metode analisis fungsi. Metode ini difokuskan pada apa yang akan dicapai dengan

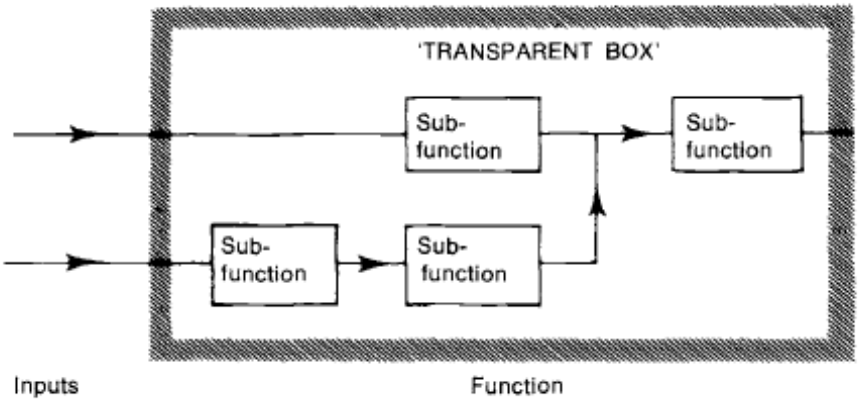
rancangan baru yang dihasilkan. Cara yang sederhana untuk mewakili produk yang dirancang dengan menggunakan model *black box*, dimana input akan dikonversikan menjadi output yang diinginkan. Contoh *black box*dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Contoh Model *Black Box*

Sumber : (Cross,1994)

Biasanya, dalam proses konversi sekumpulan input menjadi kumpulan output terlalu kompleks jika menggunakan model *black box* karena perlu dipecah menjadi menjadi sub-sub fungsinya. Maka dapat digunakan model *transparent box* yang merupakan penggambaran ulang dari model *black box.* Dengan menggunakan model transparent box, maka sub fungsi yang diperlukan dan hubungan antar sub fungsi tersebut dapat diamati. Contoh *transparent box*dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Contoh Model *Transparent Box*

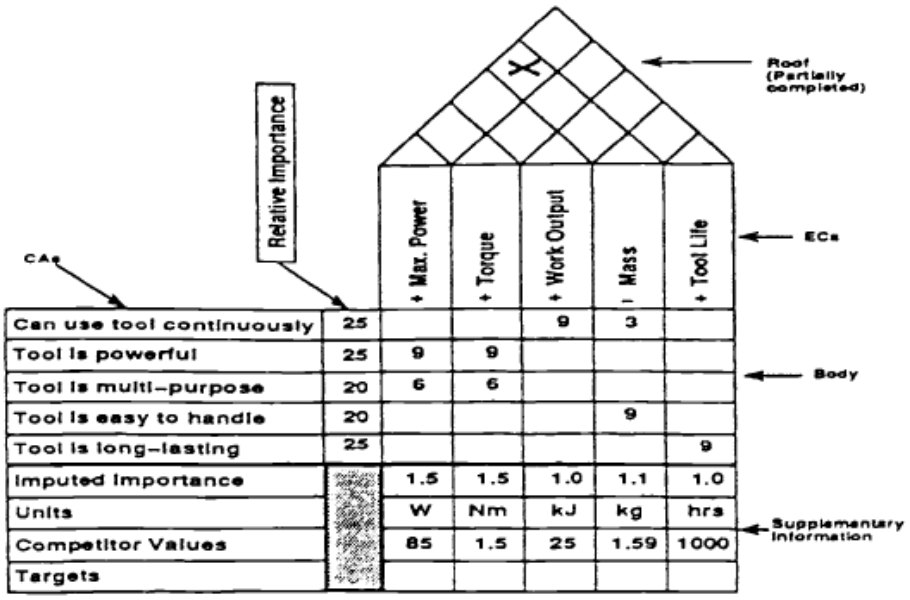
Sumber : (Cross, 1994)

iii. Penetapan Spesifikasi

Pada tahap ini dilakukan proses penetapan spesifikasi kinerja dari suatu alternatif rancangan sesuai dengan kebutuhan konsumen. Penentuan spesifikasi berdasarkan tujuan yang telah dirancang pada tahap awal dengan pembuatan kriteria setiap kriteria.

iv. Penentuan Karakteristik

Dengan peningkatan kompetisi pada semua produk dan alat di pasaran, maka menjadi penting untuk memastikan bahwa hubungan antara atribut produk dan karakteristik teknik dapat dimengerti. Sebuah metode yang komprehensif dalam menyesuaikan kebutuhan konsumen dengan karakteristik teknik disebut *Quality Function Deployment* (QFD). Dalam penggunaan metode QFD, terdapat beberapa prosedur atau langkah yang harus dilakukan seperti identifikasi kebutuhan konsumen dalam bentuk atribut produk, menentukan kepentingan relatif dari atribut yang ada, menggambar matriks hubungan atribut produk dengan karakteristik teknik, identifikasi hubungan antara karakteristik teknik dengan atribut produk, identifikasi interaksi yang relevan antara karakteristik teknik, dan langkah akhir adalah penentuan target *figures*yang ingin dicapai pada karakteristik teknik. Alat bantu yang biasa digunakan dalam QFD adalah *House of Quality* (HOQ) yang dapat dilihat pada gambar 2.4..



Gambar 2.4. Contoh *House of Quality*

Sumber : (Cross,1994)

v. Pembangkitan Alternatif

Setelah penentuan karakteristik, maka dilakukan proses pembangkitan alternatif. Pembangkitan alternatif ini digunakan untuk menentukan pilihan dari banyak variasi yang muncul dalam perancangan (material, bentuk, dimensi, komponen/*part*). Peta morfologi merupakan salah *tool* yang dapat digunakan untuk membantu perancang untuk mengidentifikasi kombinasi elemen ataupun komponen. Untuk contoh peta morfologi dapat dilihat pada gambar 2.5.

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

Gambar 2.5. Contoh Peta Morfologi

Sumber : (Cross,1994)

vi. Evaluasi Alternatif

Ketika alternatif-alternatif telah dibuat, maka selanjutkan akan dilakukan evaluasi alternatif-alternatif yang ada. Evaluasi dilakukan untuk memilih dan menentukan alternatif mana yang akan menjadi prioritas dan digunakan dalam perancangan. Metode yang dapat digunakan dalam evaluasi alternatif yaitu *weighted objectives.*

Ulrich (2008) mengusulkan 10 aktivitas pengembangan konsep dalam pengembangan produk yaitu:

a. Identifikasi kebutuhan pelanggan
b. Penetapan spesifikasi target
c. Penyusunan konsep
d. Pemilihan konsep
e. Pengujian konsep

f. Penentuan spesifikasi akhir
g. Perencanaan proyek
h. Analisis ekonomi
i. Analisa produk-produk pesaing
j. Pemodelan dan pembuatan *prototype*

2.3.7.Produktivitas

Produktivitas merupakan sebuah istilah yang memiliki banyak arti walaupun kebanyakan dikaitkan dengan efektivitas pekerja dalam sebuah industri (Barnes, 1900). Pada arti yang luas, produktivitas diartikan sebagai perbandingan atau rasio antara *output* dengan sumber daya yang digunakan untuk menghasilkan *output* tersebut. Dalam melakukan pengamatan terhadap aktivitas atau kegiatan, untuk menghitung produktivitas kegiatan/aktivitas dapat digunakan persamaan yang sederhana yaitu:

$$P = \frac{\sum Pi}{k} \quad (2.7)$$

Dimana

P = Produktivitas

Pi = Persen produktif hari ke i

k = Jumlah hari pengamatan

2.3.8.*Quality Function Deployment (QFD)*

Quality Function Deployment merupakan salah satu *tool* untuk melakukan perencanaan dan penyelesaian masalah dalam pemenuhan kebutuhan konsumen sepanjang proses pengembangan produk (Dieter dan Schmidt, 2013). Alat bantu yang digunakan dalam perencanaan QFD biasanya disebut *House of Quality* (HOQ). HOQ digunakan dalam pengembangan hubungan antara apa yang diinginkan oleh konsumen dari sebuah produk dan fitur produk serta keseluruhan parameter performansi yang penting dalam pemenuhan keinginan konsumen tersebut. HOQ menterjemahkan kebutuhan konsumen menjadi variabel perancangan yang dapat dihitung, disebut dengan *engineering characteristics.*Ada 9 tahap dalam menerapkan metode QFD yaitu peninjauan atribut produk, evaluasi produk, pengembangan produk, karakteristik teknik, matriks interelasi, keterkaitan/interaksi antar parameter, analisis teknis dan sasaran nilai, dan uji kelayakan

2.3.9. *Prototype*

Prototype merupakan sebuah penaksiran produk melalui satu atau lebih dimensi yang menjadi perhatian (Ulrich,2008). Definisi ini berkembang dari cara penggunaan standar yang mencakup gambaran-gambaran konsep, model matematika, simulasi, komponen-komponen percobaan, serta versi-versi praproduksi yang telah berfungsi secara penuh.

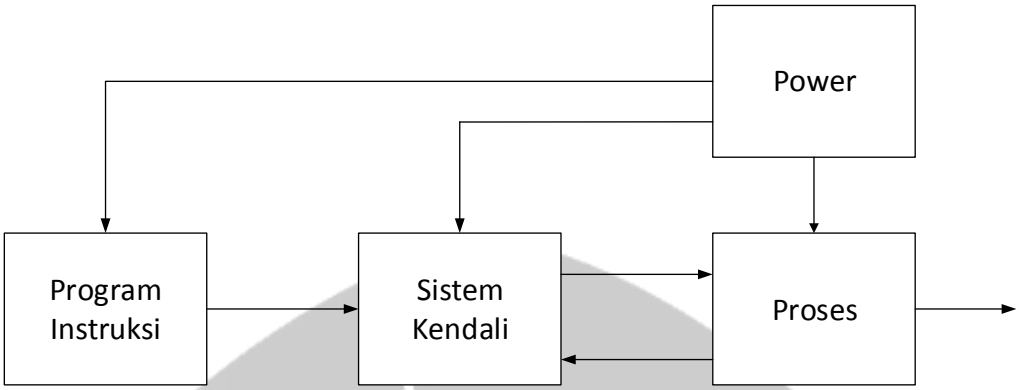
Ulrich (2008) juga mengelompokkan *prototype* menjadi dua dimensi. Dimensi pertama terdiri dari *prototype* fisik dan analitik. *Prototype* fisik merupakan benda nyata yang dirancang untuk memprediksikan produk. Sedangkan *prototype* analitik menunjukkan produk yang tidak nyata atau *real dan* biasanya bersifat matematis. Dimensi yang kedua terdiri dari *prototype* yang terfokus dan *prototype* yang menyeluruh.

Menurut Ulrich (2008), dalam proses perencanaan pembuatan *prototype,* terdapat tiga langkah yang harus dilakukan yaitu:

a. Menetapkan tujuan *prototype*
b. Menetapkan tingkat perkiraan konsep
c. Menggariskan rencana percobaan
d. Membuat jadwal untuk perolehan, pembuatan dan pengujian
e. *Milestone*

2.3.10. Sistem Otomasi

Otomasi merupakan sebuah teknologi dimana sebuah proses atau prosedur dikerjakan tanpa bantuan manusia diimplementasikan menggunakan program instruksi yang dikombinasikan dengan sistem kontrol dalam menjalankan instruksi (Groover, 2001). Dalam suatu sistem terotomasi terdapat 3 elemen dasar yaitu *power* untuk menjalankan proses dan mengoperasikan sistem, program instruksi untuk mengarahkan proses, dan sistem kontrol untuk menjalankan instruksi. Hubungan antar elemen otomasi dapat dilihat pada gambar 2.6.



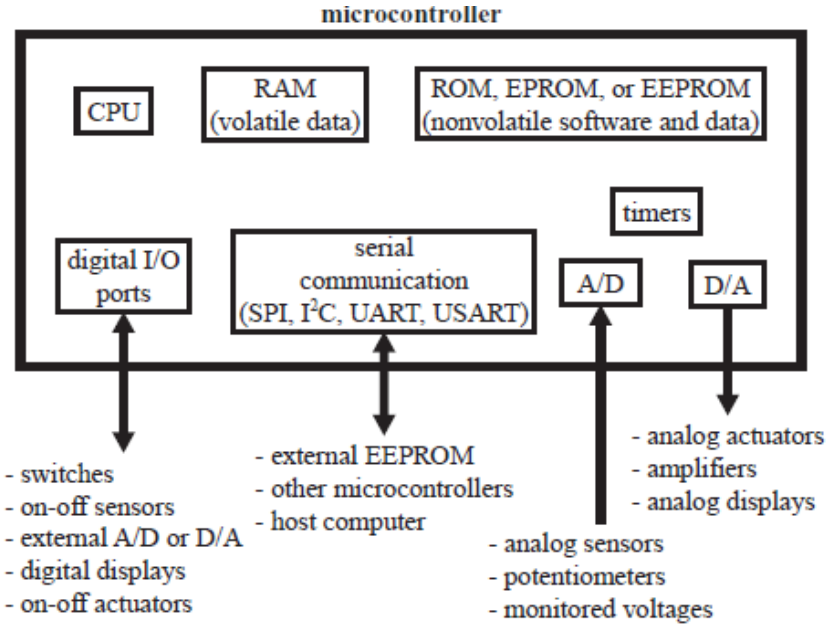
Gambar 2.6. Elemen dalam Sistem Otomasi

2.3.11. Pembobotan *Zero-One*

Menurut Widodo (2005), matriks *zero one* dapat digunakan untuk menentukan bobot/nilai kepentingan atau performansi dari setiap fungsi/alternatif. Metode inimengurutkan sekumpulan kriteria-kriteriadalam pengambilan keputusan dengan cara membandingkan dan menilai kriteria berdasarkan tingkat kepentingannya. Yang dibandingkan adalah aspek pada baris matriks dengan kolom matriks. Jika aspek yang dibandingkan lebih penting, maka diberikan nilai 1. Sebaliknya jika tidak lebih penting diberikan nilai 0. Total nilai perbaris akan digunakan untuk menghitung bobot masing-masing kriteria.

2.3.12. Mikrokontroler

Menurut Alciatore (2007) terdapat 2 cabang dalam evolusi mikroprosesor. Yang pertama mendukung CPU pada komputer dan stasiun kerja industri dimana kendala utamanya adalah kecepatan yang tinggi dan ukuran word yang besar (32 dan 64 bit). Cabang yang kedua dikhususkan pada sirkuit dan fungsinya yang dapat diaplikasikan pada perancangan sistem mekatronika yang terdiri dari mikroprosesor, memory, kemampuan I/O, dan chip-chip lainnya. Pada cabang yang kedua ini dapat dicontohkan dengan mikrokontroler (mikrochip's PIC, Motorola's 68HC11, dan Intel's 8096). Mikrokontroler banyak digunakan pada berbagai aplikasi seperti penerapan di rumah-rumah, peralatan telekomunikasi, peralatan kantor, mainan, serta *automobile.* Gambar 2.7. menjelaskan komponen-komponen dasar yang biasa digunakan untuk menyusun mikrokontroler.



Gambar 2.7. Komponen pada Mikrokontroler

Sumber : (Alciatore,2007)

Dari banyak jenis mikrokontroler yang telah disebutkan sebelumnya, ada salah satu jenis mikrokontroler yang saat ini sering digunakan untuk pembelajaran maupun dalam pembuatan *prototype* yaitu mikrokontroler *arduino.* Jenis Arduino juga beraneka ragam dan yang paling sering digunakan adalah arduino uno. *Arduino uno* merupakan *board* berbasis mikrokontroler pada Atmega 328 dengan board yang memiliki 14 *digital input* / *output pin* (6 *pin* dapat digunakan sebagai *output PWM)*, 6 *input analog*, 16 MHz *asilator* kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset, dan berbagai fitur lainnya.

2.3.13. Sensor

Sensor merupakan elemen dalam mekatronika atau sistem pengukuran yang digunakan untuk mendeteksi adanya besaran dari parameter fisik dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat diproses oleh sistem (Alciatore,2007). Seringkali elemen aktif dari sensor disebut dengan *transducer*. Dalam sistem kendali, biasanya sensor digunakan untuk mengirimkan *feedback* ke kontroler. Fungsi sensor sangat beraneka ragam disesuaikan dengan tujuan dari sensor itu sendiri. Berbagai jenis sensor yang sering digunakan misalnya sensor posisi, jarak, gaya, cahaya, *infrared*, tegangan, suhu, getaran, kecepatan, arus, tegangan dan lainnya. Sensor *proximity* dan cahaya biasanya digunakan untuk mendeteksi adanya keberadaan benda, sensor suhu untuk mendeteksi

temperatur, sensor tegangan dan arus banyak digunakan dalam melakukan pengukuran tengangan dan arus yang digunakan pada barang elektronik. Salah satu sensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi adanya pergerakan manusia yaitu sensor PIR (Passive Infrared Receiver). Sensor PIR bekerja berdasarkan adanya gelombang inframerah. Berbeda dengan kebanyakan sensor inframerah lainnya yang memiliki pemancar dan penerima, sensor PIR hanya akan bereaksi ketika adanya energi panas yang disebabkan oleh pancaran sinar inframerah yang dimiliki oleh setiap benda. Sensor *pyroelectric* yang terdapat pada sensor PIR inilah yang akan mendeteksi pancaran sinar inframerah pasif dari gerakan manusia. Sensor ini biasanya mampu membaca hingga jarak ± 7 meter dengan sudut jangkauan yang cukup luas akibat bantuan lensa fresnel yang ada pada sensor

2.3.14. *Relay*

Menurt Alciatore (2007)*relay* merupakan sebuah *solenoid* yangbekerja dengan menggunakan prinsip induktor (elektromagnetik) . *Relay* yang secara mekanik membuat dan memutus sambungan listrik. *Relay*terdiri dari bagian *coil* dan *contact*yang berfungsi sebagai saklar.Tegangan input yang kecil pada *solenoid* mampu mengontrol tegangan dan arus yang besar pada bagian *contact relay*. Biasanya *relay* digunakan ketika mikrokontroler ingin mengendalikan suatu alat atau komponen pada sistem tetapi tidak bisa dikarenakan ada nya perbedaan tegangan listrik sehingga *relay* dapat digunakan sebagai perantara dalam proses pengendalian sistem tersebut. Saat ini terdapat berbagai macam jenis *relay*. Bahkan *relay* juga sudah banyak disediakan dalam bentuk modul (*relay 1 channel, relay 2 channel, relay 4 channel*) untuk mempermudah orang-orang yang akan melakukan eksperimen dengan menggunakan perangkat *relay.*