

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk mengotomasi sistem dengan basis mikrokontroler. Sutono (n.d) melakukan perancangan sistem aplikasi otomasi lampu penerangan menggunakan sensor gerak dan sensor cahaya berbasis arduino uno ATmega 328. Penelitian tersebut membahas tentang perancangan saklar otomatis untuk mengoperasikan beban lampu penerangan suatu ruangan. Saklar otomatis tersebut menggunakan input berupa sensor *passive infrared (PIR)* dan sensor *light dependent resistor (LDR)*. *PIR* termasuk dalam sensor *pyroelectric* yang mempunyai respon sesaat ada perubahan panas. Tubuh manusia menghasilkan energi panas yang diradiasikan dengan infra merah. Radiasi panas tubuh manusia akan diterima sensor untuk respon masukan rangkaian. Rangkaian lengkap terdiri dari *passive infrared sensor*, lensa fresnel, rangkaian utama, *power supply*, *LDR* dan beban lampu penerangan, serta relay yang berfungsi sebagai saklar elektronik yang akan memutus dan menghubungkan beban lampu penerangan.

Otomo dan Wildian (2013) melakukan Perancangan Sistem Kontrol Penyalaan Lampu Ruang Berdasarkan Pendeteksian Ada Tidaknya Orang di dalam Ruangan. Sistem kontrol lampu akan menyala selama ada orang didalam ruangan, dan lampu akan mati ketika orang meninggalkan ruangan. Keberadaan orang akan di deteksi oleh sensor *passive infrared (PIR)*. Jarak waktu respon dari sensor *PIR KC7783R* telah dicobakan, dimana sensor hanya dapat mendeteksi objek selama 5,37 detik, namun dapat diatasi dengan menggunakan program yang ditanamkan ke dalam mikrokontroler AT89S51. Jarak maksimum yang dapat di deteksi sensor *PIR* adalah 4,3 meter pada sudut  $0^\circ$  (lurus dari depan sensor), dan 2 meter pada sudut  $30^\circ$  (kekiri dan kekanan). Sensor membutuhkan waktu pemanasan selama 25,52 detik. *Relay* digunakan untuk menghubungkan antara arus *direct current (DC)* dan arus *alternate current (AC)*.

Pranata dkk (2015) merancang *Prototype* Sistem Parkir Cerdas Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535. Alat purwarupa sistem parkir cerdas yang dibuat bertujuan untuk memecahkan salah satu masalah perparkiran yakni penyampaian lokasi kosong kepada pengemudi. Sistem ini merupakan kombinasi sistem otomatis dan identifikasi. Sistem dirancang dengan memanfaatkan

mikrokontroler ATmega 8535 secara optimal dengan menggabungkan beberapa komponen-komponen yang lain. Alur kerja sistem diawali dengan pembacaan identifikasi RFID (*Radio Frequency Identification*) pada pintu portal tempat parkir sebagai kode akses masuk. Bersamaan dengan itu secara periodik hasil kombinasi *infrared* dan photodiode sebagai sensor lokasi parkir yang kosong akan mengidentifikasi keberadaan kendaraan. Seluruh proses akan dibaca dan diolah oleh mikrokontroler ATmega 8535. Dan terakhir hasil pengolahan ditampilkan pada LCD M1632 sebagai informasi yang diberikan kepada pengemudi. Jika analisis terhadap sistem parkir cerdas berbasis mikrokontroler ini dilihat dari aspek fungsional sistem. Maka hasil pengujian terhadap aspek fungsional dapat diketahui bahwa sistem dapat bekerja dengan baik tergantung pada pengolahan sistem identifikasi dengan menggunakan RFID. Dan secara sistematis seluruhnya tergantung pada kinerja mikrokontroler.

Nusa dkk (2015) membuat Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik secara *Real Time* Berbasis Mikrokontroler. Agar bisa melakukan manajemen listrik yang lebih baik di rumah maka diperlukan suatu perangkat elektronika yang dapat memonitor pemakaian energi listrik pada perangkat yang dianggap cukup boros dengan memanfaatkan mikrokontroler. Alat yang dirancang untuk memonitor konsumsi energi listrik ini memanfaatkan transformator step-down untuk mengukur tegangan sumber dari PLN, sementara untuk mengukur arus beban memanfaatkan sensor arus ACS712 dan mikrokontroler ATmega 328 buatan ATMEL yang difungsikan untuk mengolah semua data dari parameter-parameter yang dibutuhkan untuk mendapatkan nilai konsumsi energi listrik, serta menampilkannya pada LCD karakter 20x4 untuk memberikan informasi kepada pengguna listrik. Pada pengujian yang dilakukan, diketahui hasil pengukuran konsumsi energi listrik menggunakan alat yang telah dirancang mampu mengukur arus listrik dengan cukup teliti pada beban resistif murni dengan error lebih kecil dari 1%, akan tetapi terjadi *error* pada beban lampu LED SiCermat sebesar 14,30%, juga pada beban Lampu Philips Softone sebesar 5,73% jika dibandingkan dengan pengukuran menggunakan Multimeter Krisbow KW06-276.

Fachri dkk (2015) merancang Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino Secara *Real Time*. Penelitian ini bertujuan memberikan suatu teknik baru pemantauan secara langsung dan *real time* terhadap parameter keluaran dari

sebuah panel surya yaitu tegangan dan arus pada kondisi lingkungan tertentu. Untuk memenuhi keperluan pemantauan tersebut, sistem pemantauan kinerja panel surya yang dirancang dilengkapi dengan sensor pengukur arus dan tegangan yang telah dikalibrasi, sistem akuisisi data yang diintegrasikan ke *spreadsheet* Excel menggunakan program aplikasi PLX-DAQ dan kartu memori sebagai penyimpan data cadangan. Perancangan sistem berbasis mikrokontroler Arduino Atmega 328P dan dihubungkan ke komputer melalui port serial RS232. Kelebihan dari sistem pemantauan ini adalah hasil pengukuran dari setiap sensor dapat diproses secara langsung dan ditampilkan dalam bentuk grafik pada kondisi real time. Informasi mengenai tegangan dan arus dari panel surya yang dikumpulkan pada kondisi *real time* dapat diperoleh langsung melalui *spreadsheet* Excel tanpa memerlukan program ulang terhadap Arduino. Fasilitas ini memberikan kemudahan untuk pengolahan data selanjutnya.

## **2.2. Penelitian Sekarang**

Perbedaan dari penelitian sebelumnya, penelitian sekarang bertujuan untuk mengkombinasikan sistem otomasi dengan sistem pengawasan (*monitoring*) dan pengukuran (*measuring*). Sistem otomasi yang dibuat bertujuan untuk menyalakan atau mematikan lampu secara otomatis dengan mempertimbangkan faktor intensitas cahaya dan ada atau tidaknya aktivitas manusia di dalam ruangan. Selain untuk mengotomasikan nyala/ hidup lampu untuk mengurangi pemborosan energi listrik, penelitian ini juga menambahkan sistem pengawasan tentang informasi lampu dan pengukuran jumlah arus *alternate current* (AC) yang digunakan lampu serta informasi durasi waktu nyala lampu dalam sekali siklus ON-OFF. Sistem otomasi dan *monitoring* serta *measuring* yang dirancang ini bertujuan untuk mendukung usaha manajemen energi sebagai program konservasi energi di Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

## **2.3. Landasan Teori**

Dasar teori yang digunakan diambil dari berbagai sumber seperti buku, jurnal dan sumber lain yang berhubungan dengan penelitian.

### **2.3.1. Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan Bangunan**

Menurut SNI 03-6197-2000 dan SNI 03-6390-2000 definisi konservasi energi adalah upaya mengefisienkan pemakaian energi untuk suatu kebutuhan agar pemborosan energi dapat dihindari. Namun menurut SNI 03-6759-2002 perlu

juga ditekankan bahwa tujuan konservasi energi adalah untuk memperoleh bangunan yang pengoperasian dan pemeliharaannya dapat menghemat energi tanpa harus mengurangi dan atau mengubah fungsi bangunan, kenyamanan, produktivitas kerja penghuni serta mempertimbangkan aspek biaya.

Menurut Santoso (2009) pada dasarnya sumber pencahayaan ada dua yaitu pencahayaan alami dan buatan. Pencahayaan alami adalah sumber pencahayaan yang berasal dari sinar matahari. Sedangkan pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber cahaya selain cahaya alami. Pencahayaan buatan sangat dibutuhkan pada saat posisi ruangan sulit dicapai oleh cahaya alami atau saat cahaya alami tidak atau kurang cukup.

Di Indonesia sudah ada tata perancangan sistem pencahayaan buatan dan alami yang dibuat dalam bentuk standar yaitu SNI 03-6575-2001 (Sistem Pencahayaan Buatan) dan SNI 03-2396-2001 (Sistem Pencahayaan Alami). Kedua SNI tersebut dapat juga dilengkapi dengan SNI 03-6759-2002 tentang tata cara perancangan teknis konservasi energi pada bangunan rumah dan gedung.

Ada beberapa persyaratan umum dalam sistem pencahayaan bangunan, yaitu:

1. Perancangan sistem pencahayaan buatan harus memenuhi tingkat pencahayaan minimal yang direkomendasikan, daya pencahayaan maksimum yang diijinkan, dan kenyamanan visual.
2. Cahaya alami harus dimanfaatkan sebaik-baiknya untuk pencahayaan siang hari.
3. Perencanaan lubang cahaya pada sistem pencahayaan alami harus memenuhi persyaratan yang berlaku untuk selubung bangunan.

Adapun tabel memenuhi tingkat pencahayaan minimal yang direkomendasikan, daya pencahayaan maksimum yang diijinkan, dan kenyamanan visual dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1. Tingkat Pencahayaan Yang Direkomendasikan**

(Sumber: SNI 03-6575-2001)

Fungsi ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok renderasi warna	Keterangan
<b>Rumah Tinggal :</b>			
Teras	60	1 atau 2	

**Tabel 2.1. Tingkat Pencahayaan Yang Direkomendasikan (Lanjutan)**

(Sumber: SNI 03-6575-2001)

Fungsi ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok renderasi warna	Keterangan
Ruang tamu	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang makan	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang kerja	120 ~ 250	1	
Kamar tidur	120 ~ 250	1 atau 2	
Kamar mandi	250	1 atau 2	
Dapur	250	1 atau 2	
Garasi	60	3 atau 4	
<b>Perkantoran :</b>			
Ruang Direktur	350	1 atau 2	
Ruang kerja	350	1 atau 2	
Ruang komputer	350	1 atau 2	Gunakan armatur berkisi untuk mencegah silau akibat pantulan layar monitor.
Ruang rapat	300	1 atau 2	
Ruang gambar	750	1 atau 2	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Gudang arsip	150	3 atau 4	
Ruang arsip aktif.	300	1 atau 2	
<b>Lembaga Pendidikan :</b>			
Ruang kelas	250	1 atau 2	
Perpustakaan	300	1 atau 2	
Laboratorium	500	1	
Ruang gambar	750	1	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Kantin	200	1	
<b>Hotel dan Restoran:</b>			

**Tabel 2.1. Tingkat Pencahayaan Yang Direkomendasikan (Lanjutan)**

(Sumber: SNI 03-6575-2001)

Fungsi ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok renderasi warna	Keterangan
Lobby, koridor	100	1	Pencahayaan pada bidang vertikal sangat penting untuk menciptakan suasana/kesan ruang yang baik.
Ballroom/ruang sidang.	200	1	Sistem pencahayaan harus dirancang untuk menciptakan suasana yang sesuai. Sistem pengendalian "switching" dan "dimming" dapat digunakan untuk memperoleh berbagai efek pencahayaan.
Ruang makan.	250	1	
Cafeteria.	250	1	
Kamar tidur.	150	1 atau 2	Diperlukan lampu tambahan pada bagian kepala tempat tidur dan cermin.
Dapur.	300	1	
<b>Rumah Sakit/Balai pengobatan</b>			
Ruang rawat inap.	250	1 atau 2	
Ruang operasi, ruang bersalin.	300	1	Gunakan pencahayaan setempat pada tempat yang diperlukan.
Laboratorium	500	1 atau 2	

**Tabel 2.1. Tingkat Pencahayaan Yang Direkomendasikan (Lanjutan)**

(Sumber: SNI 03-6575-2001)

Fungsi ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok renderasi warna	Keterangan
Ruang rekreasi dan rehabilitasi.	250	1	
<b>Pertokoan/Ruang pameran:</b>			
Ruang pameran dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil).	500	1	Tingkat pencahayaan ini harus di-enuhi pada lantai. Untuk beberapa produk tingkat pencahayaan pada bidang vertikal juga penting.
Toko kue dan makanan.	250	1	
Toko buku dan alat tulis/gambar.	300	1	
Toko perhiasan, arloji.	500	1	
Toko Barang kulit dan sepatu.	500	1	
Toko pakaian.	500	1	
Pasar Swalayan.	500	1 atau 2	Pencahayaan pada bidang vertikal pada rak barang.
Toko alat listrik (TV, Radio/tape, mesin cuci, dan lain-lain).	250	1 atau 2	
<b>Industri (Umum):</b>			
Ruang Parkir	50	3	
Gudang	100	3	
Pekerjaan kasar.	100 ~ 200	2 atau 3	
Pekerjaan sedang	200 ~ 500	1 atau 2	
Pekerjaan halus	500 ~ 1000	1	
Pekerjaan amat halus	1000 ~ 2000	1	
Pemeriksaan warna.	750	1	

**Tabel 2.1. Tingkat Pencahayaan Yang Direkomendasikan (Lanjutan)**

(Sumber: SNI 03-6575-2001)

Fungsi ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok renderasi warna	Keterangan
<b>Rumah ibadah.</b>			
			Untuk tempat-tempat yang mem
Mesjid	200	1 atau 2	butuhkan tingkat pencahayaan yang lebih tinggi dapat digunakan pencahayaan setempat.
Gereja	200	1 atau 2	Idem
Vihara	200	1 atau 2	Idem

Berikut adalah daya pencahayaan maksimum yang diijinkan berdasarkan Badan Standardisasi Nasional yang dapat dilihat pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2. Tingkat Pencahayaan Maksimum Yang Diijinkan**

(Sumber: SNI 03-6575-2001)

Jenis ruangan bangunan	Daya pencahayaan maksimum W/m <sup>2</sup> (termasuk rugi-rugi balast)
Ruang kantor	15
Auditorium	25
Pasar Swalayan	20
<b>Hotel :</b>	
Kamar tamu	17
Daerah umum	20
<b>Rumah Sakit :</b>	
Ruang Pasien.	15
Gudang	5
Kafetaria	10
Garasi	2
Restoran	25
Lobby	10
Tangga	10
Ruang parkir	5

**Tabel 2.2. Tingkat Pencahayaan Maksimum Yang Diijinkan (Lanjutan)**

(Sumber: SNI 03-6575-2001)

Jenis ruangan bangunan	Daya pencahayaan maksimum W/m <sup>2</sup> (termasuk rugi-rugi balast)
Ruang perkumpulan	20
Industri	20

Ada dua macam silau, yaitu *disability glare* yang dapat mengurangi kemampuan melihat, dan *discomfort glare* yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan penglihatan. Kedua silau ini dapat terjadi secara bersamaan atau sendiri-sendiri. Berikut adalah nilai indeks kesilauan maksimum untuk berbagai tugas visual dan interior yang berhubungan dengan kenyamanan visual.

Berikut adalah nilai indeks kesilauan maksimum untuk berbagai tugas visual berdasarkan Badan Standardisasi Nasional yang dapat dilihat pada tabel 2.3.

**Tabel 2.3. Nilai Indeks Kesilauan Maksimum Untuk Berbagai Tugas Visual dan Interior**

(Sumber: SNI 03-2396-2001)

Jenis Tugas Visual atau Interior dan Pengendalian Silau yang Dibutuhkan	Indeks Kesilauan Maksimum	Contoh Tugas Visual dan Interior
Tugas visual kasar atau tugas yang tidak dilakukan secara terus menerus	28	Perbekalan bahan mentah, pabrik produksi beton, fabrikasi rangka baja, pekerjaan pengelasan.
Pengendalian silau diperlukan secara terbatas	25	Gudang, <i>cold stores</i> , Bangunan turbin dan boiler, toko mesin dan peralatan, plant rooms

**Tabel 2.3. Nilai Indeks Kesilauan Maksimum Untuk Berbagai Tugas Visual dan Interior (Lanjutan)**

(Sumber: SNI 03-2396-2001)

Jenis Tugas Visual atau Interior dan Pengendalian Silau yang Dibutuhkan	Indeks Kesilauan Maksimum	Contoh Tugas Visual dan Interior
Tugas visual dan Interior Normal - Pengendalian silau sangat penting	22	Koridor, ruang tangga, penyiapan dan pemasakan makanan, kantin, kafetaria, ruang makan, pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan kasar), ruang perakitan, pekerjaan logam lembaran
	19	Ruang kelas, perpustakaan (umum), ruang keberangkatan dan ruang tunggu di bandara, pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan sedang), lobby, ruangan kantor
Tugas visual sangat teliti – Pengendalian silau tingkat tinggi sangat diperlukan	16	Industri percetakan, ruang gambar, perkantoran, pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan teliti)

### 2.3.2. Manajemen Energi

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral nomor: 14 tahun 2012, manajemen energi adalah kegiatan terpadu untuk mengendalikan konsumsi energi agar tercapai pemanfaatan energi yang efektif dan efisien untuk menghasilkan keluaran yang maksimal melalui tindakan teknis secara terstruktur dan ekonomis untuk meminimalisasi pemanfaatan energi termasuk energi untuk proses produksi dan meminimalisasi konsumsi bahan baku dan bahan pendukung.

Sistem manajemen energi (SME) berdasarkan ISO 50001 dibangun berdasarkan siklus PDCA (*plan-do-check-action*) yang mengutamakan sistem daripada hasil

kerja semata. Kerangka PDCA ini merupakan kerangka yang sama pada sistem manajemen mutu (ISO 9001), sistem manajemen lingkungan (ISO 14001) dan sistem manajemen K3 (OHSAS 18001).

Secara umum masing-masing tahapan PDCA dapat dijelaskan sebagai berikut:

*a. Plan*

Dalam tahap ini, dilakukan beberapa hal, antara lain:

- a. Merumuskan permasalahan yang ada.
- b. Mengumpulkan dan menganalisis data dan informasi yang tersedia.
- c. Menentukan akar permasalahan.
- d. Merumuskan alternatif-alternatif rencana sebagai pemecahan terhadap permasalahan.

*b. Do*

Melaksanakan rencana yang telah disusun.

*c. Check*

Mengevaluasi hasil dari pelaksanaan rencana

*d. Action*

Menindaklanjuti hasil evaluasi dengan membakukan langkah-langkah yang telah dilakukan dan melaksanakan rencana-rencana lanjutan.

Di beberapa negara seperti Amerika, negara-negara Uni Eropa, dan Canada, sistem manajemen energi di susun dengan mengacu pada metode PDCA tersebut.

Pada umumnya sistem manajemen energi yang dianut oleh beberapa negara diatas tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1. Sistem Manajemen Energi dengan Metode PDCA**

Sumber : (Azwar, 2015)

Menurut Azwar (2015) SME dengan metode PDCA dapat diterapkan pada pengelolaan dan penggunaan di Indonesia dengan elemen-elemen program kerja dalam masing-masing tahapan dapat dijelaskan sebagai berikut.

### **Tahapan 1. Plan**

Program kerja dalam SME dimulai dengan mempersiapkan dasar-dasar pelaksanaan program kerja. Dasar pelaksanaan program kerja antara lain adalah perumusan masalah yang didasari oleh pengumpulan data dan informasi awal. Dasar lainnya adalah komitmen dari manajemen puncak yang menjadi kebijakan yang melegitimasi program kerja SME.

Setelah mendapatkan komitmen puncak manajemen, program kerja lanjutan adalah memilih dan mempersiapkan personil – personil kunci (*focal point; key*

*person*) yang menjadi pelaksana program kerja, biasanya dibentuk suatu tim manajemen energi yang dikoordinir oleh seorang manajer energi.

Setelah tim terbentuk, maka tim manajemen energi bersama-sama dengan puncak manajemen menyusun suatu kebijakan energi perusahaan. Kebijakan energi ini harus dapat menggambarkan tujuan dan komitmen organisasi (perusahaan) terhadap penerapan sistem manajemen energi, kebijakan energi yang disusun harus dapat berkelanjutan.

Kebijakan energi yang telah disusun tersebut, kemudian diterjemahkan menjadi rencana program dan rencana aksi. Di dalam perencanaan program harus ada penetapan target dan ukurannya, serta tingkat prioritas. Target dan ukurannya merupakan fungsi dari konsumsi energi dan biaya energi. Untuk itu, dalam tahapan ini juga harus dibakukan metode dan prosedur yang diperlukan untuk pengukuran dan perhitungan energi.

Dalam perencanaan program dan aksi, berdasarkan data dan informasi awal, harus dapat ditemukan peluang untuk melakukan penghematan (*energy management opportunities*). Tiga kategori peluang dan usaha penghematan energi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Penghematan energi yang dapat dilakukan tanpa biaya (*Zero - cost*). Program kerja dan aksi yang dilakukan biasanya bersifat *housekeeping* dan perubahan sikap (*behaviour management*).
- b. Penghematan energi yang berbiaya rendah. Biasanya bersifat perawatan dan penggantian komponen peralatan.
- c. Penghematan energi yang memerlukan biaya tinggi. Biasanya bersifat penggantian peralatan dan barang modal lainnya.

Semua komitmen, kebijakan, rencana program, rencana aksi, target, ukuran target, prioritas target dan hal-hal lain yang berkaitan harus didokumentasikan. Untuk itu dibentuk sistem pengelolaan dan pengaturan dokumen (*document control*) yang juga digunakan pada tahap-tahap PDCA selanjutnya.

### **Tahapan 2. Do**

Tahapan ini dimulai dengan membangkitkan kesadaran semua pekerja terhadap kebijakan energi yang telah ditetapkan oleh puncak manajemen. Salah satu caranya adalah dengan melakukan pelatihan. Pelatihan dapat dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama, pelatihan diberikan kepada personil-personil kunci

yang akan melakukan implementasi rencana program dan rencana aksi. Tahap kedua, pelatihan diintegrasikan dengan program-program pelatihan yang biasanya diberikan kepada seluruh pekerja perusahaan.

Selanjutnya semua rencana program dan aksi diterapkan. Ada empat jenis penerapan rencana program dan aksi jika ditinjau dari *energy management opportunities* yaitu: belanja energi (*energy purchasing*), pengoperasian (*operation; equipment and process control*), *maintenance*, dan penambahan kapital (*capital improvements; energy management project*).

Penerapan/pelaksanaan rencana program dan aksi harus dipantau perkembangan kemajuannya (*progress monitoring*). Semua perkembangan yang terjadi harus terdokumentasikan dengan baik (*record keeping; document controlling*).

### **Tahapan 3. Check**

Semua perkembangan kemajuan penerapan program dan aksi kemudian dievaluasi. Evaluasi dilakukan terhadap pemenuhan target yang telah ditetapkan ukurannya. Evaluasi ini ditekankan pada dua hal, yakni:

- a. Efektivitas dari penerapan teknologi
- b. Efektifitas dari sistem manajemen itu sendiri

Evaluasi dilakukan dengan melakukan;

- a. Pengawasan (*monitoring*) dan pengukuran (*measuring*) penggunaan energi. Secara umum keduanya berguna untuk mengevaluasi kinerja dari SME dan mengukur keberhasilan peningkatan teknologi.
- b. Audit internal. Pekerjaan ini bertujuan untuk menjamin kecocokan kondisi sistem dengan standar yang dipakai dan temuan hasil audit dapat dipakai untuk meningkatkan efektifitas SME.

Pada tahapan "*check*" ini juga dilakukan pemeriksaan apakah ada peluang untuk melakukan efisiensi yang lain atau muncul setelah penerapan SME dalam periode berjalan. Peluang-peluang yang ditemukan akan ditindaklanjuti pada siklus SME berikutnya.

Hasil dari tahapan ini adalah kesimpulan rekomendasi kepada puncak manajemen yang akan ditindaklanjuti pada tahap selanjutnya.

#### **Tahapan 4. Action**

Kesimpulan dan rekomendasi dari tahapan sebelumnya kemudian diulas oleh manajemen. Hasil penghematan energi yang didapat dari pengukuran dibandingkan dengan target dan ukuran yang telah direncanakan. Jika target dapat direalisasikan, maka dapat disimpulkan bahwa SME berfungsi dengan baik dan benar. Tetapi jika hasil tidak bisa mencapai target maka harus dicari penyebabnya, apakah karena kegagalan penerapan teknologi atau kegagalan SME. Ketika penyebab kegagalan dapat diidentifikasi maka harus disusun rencana untuk memperbaikinya.

Temuan hasil audit internal yang biasanya berupa daftar ketidakcocokan sistem dengan standar ditanggulangi dengan tindakan perbaikan dengan pencegahan. Karena SME bersifat berkelanjutan, maka kebijakan energi, tujuan, target, ukuran target, dan prioritas target harus ditinjau ulang dan diperbaharui agar sesuai dengan kondisi terkini dari SME tersebut.

#### **2.3.3. Prototype**

Menurut Ulrich (2001) *Prototype* adalah sebuah penaksiran produk melalui satu atau lebih dimensi yang menjadi perhatian. Berdasarkan definisi ini, berbagai entitas yang ditampilkan, paling tidak ada satu aspek dari produk yang dapat dikatakan sebagai *prototype*. 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. *Prototyping* merupakan proses dari pengembangan sebuah produk.

##### **a. Tipe-tipe *Prototype***

*Prototype* dapat diklasifikasikan diantara dua dimensi. Dimensi yang pertama adalah tingkat dimana sebuah *prototype* merupakan bentuk fisik dan kebalikannya adalah bentuk analitik. *Prototype* fisik merupakan benda nyata yang dibuat untuk memperkirakan produk. Aspek-aspek dari produk yang diminati oleh tim pengembang secara nyata dibuat menjadi suatu benda untuk pengujian dan percobaan. *Prototype* analitik merupakan *prototype* yang bersifat nontangible seperti model matematik, simulai, dan lain-lain. Tipe-tipe *prototype* pada dimensi perama akan lebih detail dijelaskan sebagai berikut.

### 1. *Prototype* fisik

*Prototype* fisik dibutuhkan untuk mendeteksi fenomena-fenomena yang tidak terantisipasi. Bila dijalankan maka *prototype* fisik akan menjalankan fungsi sesuai dengan produk asli. Maka jika terjadi ketidakseuaian seperti dalam rancangan, akan mudah terdeteksi.

### 2. *Prototype* analitik

*Prototype* analitik lebih fleksibel dari pada *prototype* fisik. Hal ini terjadi karena biaya yang dikeluarkan pada *prototype* analitik lebih murah dibandingkan fisik yang sudah mulai dibuat dengan proses manufaktur.

Dimensi kedua *prototype* adalah tingkatan dimana sebuah *prototype* merupakan *prototype* yang menyeluruh sebagai lawan dari terfokus. *Prototype* yang menyeluruh mengimplementasikan sebagian besar atau semua atribut dari produk. *Prototype* menyeluruh dapat disamakan dengan pemakaian sehari-hari. *Prototype* terfokus menggambarkan hanya sebagian dari produk, untuk memenuhi kepentingan tertentu.

### b. Pengelompokan *Prototype*

*Prototype* dapat dibagi dalam enam kelompok, di antaranya adalah:

#### 1. *Prototype* Pembuktian Konsep

*Prototype* yang digunakan untuk menjawab kelayakan produk. Fokus pembahasan dalam *prototype* ini adalah komponen atau subsistem. Kegiatan ini dilakukan setelah pengembangan konsep atau dalam pemilihan konsep.

#### 2. *Prototype* Rancangan Industri

*Prototype* yang digunakan untuk memperlihatkan tampilan dan kesan dari produk. Biasanya *prototype* ini menggunakan bahan sederhana seperti foam sehingga dapat digunakan untuk memperlihatkan beberapa variasi dengan proses pembuatan *prototype* yang tepat.

#### 3. *Prototype* Rancangan Percobaan

Fokus *prototype* ini adalah untuk memodelkan suatu subsistem dari suatu produk dalam rangka mencapai tergaet performansi yang ditetapkan.

#### 4. Alfa *Prototype*

*Proptotype* yang dibuat untuk melihat komponendari produk yang diharapkan. Komponen memiliki bentuk geometrid an material yang identik dengan produk

yang akan diproduksi. *Prototype* ini merupakan sistem konstruksi pertama dari subsistem. Yang secara individual telah dibuktikan performansinya dalam *prototype* sebelumnya.

#### 5. Beta *Prototype*

*Prototype* yang dibuat sesuai dengan proses sesungguhnya, tetapi mungkin tidak dirakit dengan proses perakitan sesungguhnya. Tujuannya adalah untuk melihat performansi dan reliability dalam rangka mengidentifikasi perubahan-perubahan yang perlu dilakukan untuk produk akhir.

#### 6. *Prototype* Praproduksi

*Prototype* Praproduksi adalah percobaan produksi untuk kapasitas terbatas.

### 2.3.4. Sistem Otomasi

Menurut Groover (2001) otomasi adalah teknologi dimana proses atau prosedur dilakukan tanpa bantuan manusia. Ini diimplementasikan dengan menggunakan program instruksi yang dikombinasikan dengan sistem kontrol yang mengeksekusi instruksi, Untuk mengotomatisasi proses. Diperlukan tenaga, baik untuk menggerakkan proses itu sendiri maupun untuk mengoperasikan program dan sistem kontrol.

Sejarah perkembangan sistem otomasi bermula dari governor sentrifugal yang berfungsi untuk mengontrol kecepatan mesin uap yang dibuat oleh James Watt pada abad ke delapan belas. Dengan semakin berkembangnya komputer maka peran-peran dari sistem otomasi konvensional yang masih menggunakan peralatan-peralatan mekanik sederhana sedikit demi sedikit memudar. Penggunaan komputer dalam suatu sistem otomasi akan menjadi lebih praktis karena dalam sebuah komputer terdapat miliaran komputasi dalam beberapa milli detik, ringkas karena sebuah PC memiliki ukuran yang relatif kecil dan memberikan fungsi yang lebih baik daripada pengendali mekanis. Terdapat tiga elemen dasar yang menjadi syarat mutlak bagi sistem otomasi, yaitu power, program dan sistem kontrol yang semuanya mendukung proses dari sistem otomasi tersebut. Penjelasan tentang elemen-elemen dasar sistem otomasi adalah sebagai berikut:

#### a. Power

Power atau bisa dikatakan sumber energi dari sistem otomasi berfungsi untuk menggerakkan semua komponen dari sistem otomasi. Sumber energi bisa

menggunakan energi listrik dan baterai, semuanya tergantung dari tipe sistem otomasi itu sendiri.

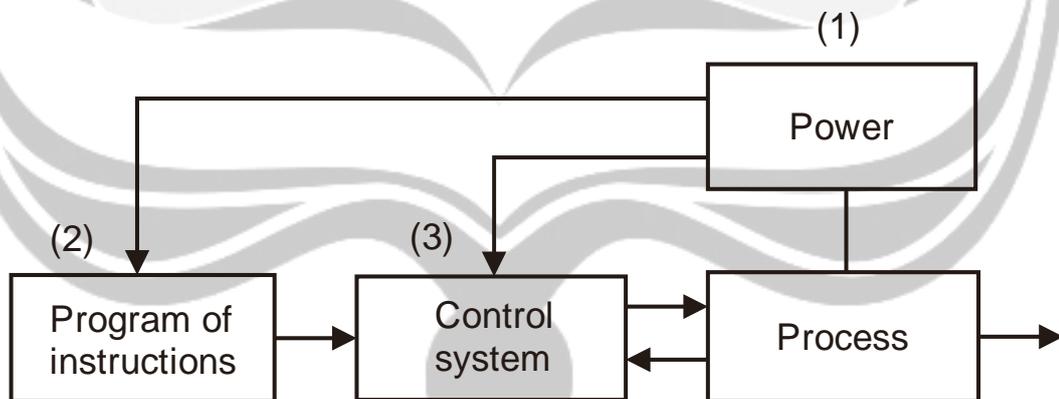
b. Program

Proses kerja dari sistem otomasi mutlak memerlukan sistem kontrol baik menggunakan mekanis, elektronik ataupun komputer. Untuk program instruksi atau perintah pada sistem kontrol mekanis maupun rangkaian elektronik tidak menggunakan bahasa pemrograman dalam arti sesungguhnya, karena sifatnya yang analog. Untuk sistem kontrol yang menggunakan komputer dan keluarganya mikrokontroler maupun PLC bahasa pemrograman merupakan hal yang wajib ada.

c. Sistem kontrol

Sistem kontrol merupakan bagian penting dalam sistem otomasi. Apabila suatu sistem otomasi dikatakan layaknya semua organ tubuh manusia seutuhnya maka sistem kontrol merupakan bagian otak ataupun pikiran, yang mengatur dari keseluruhan gerak tubuh. Sistem kontrol dapat tersusun dari komputer, rangkaian elektronik sederhana, peralatan mekanik.

Adapun hubungan antara elemen-elemen sistem otomasi tersebut dapat dilihat pada gambar 2.2.

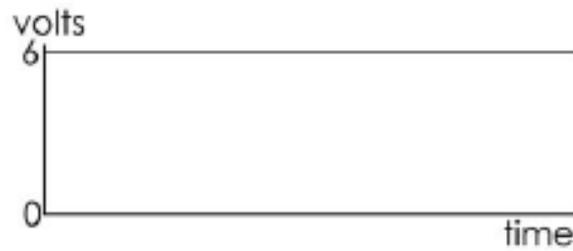


**Gambar 2.2. Elemen – Elemen Sistem Otomasi**

Sumber : (Groover, 2001)

**2.3.5. Arus Bolak – Balik**

Tegangan pada terminal positif sebuah baterai akan bertahan konstan hingga sel kehabisan muatannya. Apabila kita memplot sebuah grafik yang menggambarkan perubahan tegangan terhadap waktu, grafik untuk sebuah batu baterai yang masih baru dapat dilihat pada gambar 2.3.



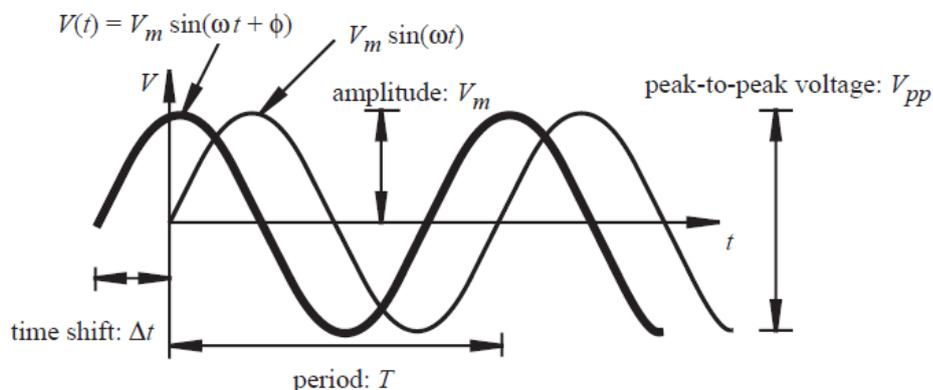
**Gambar 2.3. Grafik Perubahan Tegangan Terhadap Waktu Pada Batu Baterai**

Sumber : (Bishop, 2004)

Grafik diatas berwujud sebuah garis lurus horisontal. Grafik memperlihatkan bahwa tegangan baterai akan bertahan konstan pada nilai 6 V.

Apabila disambungkan baterai ke sebuah lampu, dapat digunakan multimeter untuk mengukur arus yang mengalir melewatinya. Karena tegangan bernilai konstan, arus yang digerakkannya juga konstan. Grafik arus terhadap waktu juga merupakan sebuah garis lurus horisontal, sebagaimana halnya grafik di atas. Arus konstan semacam ini disebut sebagai arus searah (*direct current*). Sebutan ini seringkali disingkat menjadi DC. DC selalu mengalir ke satu arah yang sama, dari positif ke negatif.

Arus yang kita dapatkan dari beberapa jenis generator (termasuk generator listrik PLN) berbeda dengan arus DC ini. Arus dari generator terus menerus berubah arahnya. Arus semacam ini disebut arus bolak-balik (*alternating current*). Sebutan ini seringkali disingkat menjadi AC. Grafik perubahan tegangan terhadap waktu pada arus AC dapat dilihat pada gambar 2.4.



**Gambar 2.4. Bentuk Gelombang Sinusoida**

Sumber : (Alciatore, 2012)

Dari gambar 2.4 dapat ditentukan beberapa nilai mangnitude arus bolak-balik sebagai berikut:

a. Nilai Efektif (*rms=root mean square*)

Dalam rangkaian arus bolak-balik, baik tegangan maupun kuat arusnya berubah-ubah secara periodik. Oleh sebab itu untuk penggunaan yang praktis diperlukan besaran listrik bolak-balik yang tetap, yaitu harga efektif. Harga efektif arus bolak-balik adalah harga arus bolak-balik yang dapat menghasilkan panas yang sama dalam penghantar yang sama dan dalam waktu yang sama seperti arus searah.

Daya rata-rata yang dikirim oleh sumber AC adalah suku pertama pada persamaan dimana suku kedua adalah nol karena nilai rata-rata dari gelombang kosinus adalah nol. Sehingga daya rata-rata yang dikirim oleh sumber AC adalah sama dengan sumber DC sebagai berikut:

$$P_{av(ac)} = P_{dc} \quad (2.1)$$

$$\frac{I_m^2 R}{2} = I_{dc}^2 R$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m$$

Hubungan antara nilai maksimum dan nilai efektif (rms) sebagai berikut:

$$I_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_m = 0.707 I_m \quad (2.2)$$

$$V_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_m = 0.707 E_m \quad (2.3)$$

b. Nilai Rata-Rata (*average*)

Nilai rata-rata dari gelombang sinus selalu bernilai nol, karena nilai positif saling meniadakan dengan nilai negatif. Nilai rata-rata adalah total area setengah siklus kurva dibagi dengan jarak kurva sepanjang sumbu horisontal dalam radian. Nilai rata-rata ditentukan setengah siklus karena rata-rata untuk siklus penuh adalah nol.

$$V_{avg} = V_{rms} I_{rms} = R I_{rms}^2 = V_{rms}^2 / R \quad (2.4)$$

### 2.3.6. Metode Perancangan

Menurut Cross (2000) 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. Metode perancangan produk dapat diklasifikasikan ke dalam dua kelompok besar yaitu metode kreatif dan metode rasional.

#### a. Metode Kreatif

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk membantu menstimulasi pemikiran kreatif dengan cara meningkatkan produksi gagasan, menyisihkan hambatan mental terhadap kreatifitas atau dengan cara memperluas area pencarian solusi.

##### i. *Brainstorming*

Metode ini bertujuan untuk menstimulasi sekelompok orang untuk menghasilkan sejumlah besar gagasan dengan cepat. Orang-orang yang terlibat dalam kelompok ini sebaiknya tidak homogen, bersifat non-hirarkial, serta haruslah orang yang memiliki pengenalan yang cukup terhadap persoalan. Salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah suasana *brainstorming* harus berlangsung secara relax dan bebas.

Beberapa aturan penting dalam brainstorming adalah sebagai berikut:

1. Tidak dibenarkan memberikan kritik terhadap setiap gagasan
2. Kelompok diharapkan menghasilkan sebanyak-banyaknya jumlah gagasan.
3. Gagasan yang terlihat aneh tetap diterima.
4. Semua gagasan dinyatakan secara singkat dan jelas.
5. Mencoba untuk menggabungkan dan memperbaiki masing-masing gagasan yang ada.

##### ii. *Sinektik*

Metode ini bertujuan untuk mengarahkan aktivitas spontan pemikiran ke arah eksplorasi dan transformasi masalah-masalah perancangan. Sinektik adalah suatu aktivitas kelompok yang mencoba membangun, mengkombinasikan, dan mengembangkan gagasan-gagasan untuk memberikan solusi kreatif terhadap permasalahan perancangan. Sama halnya dengan *brainstorming*, metode ini juga tidak memperkenankan adanya kritik dalam proses pelaksanaannya. Tetapi berbeda dari *brainstorming*, metode ini yang menghasilkan sebanyak mungkin gagasan, pada metode ini kelompok berusaha untuk menghasilkan suatu solusi

tertentu. Salah satu ciri dari metode ini adalah penggunaan analogi untuk membangkitkan gagasan. Beberapa jenis analogi yang digunakan dalam metode sintektik adalah analogi langsung, analogi personal, analogi simbolik, dan analogi fantasi.

iii. Memperluas ruang pencarian.

Bentuk hambatan mental yang sering terjadi terhadap pemikiran kreatif adalah adanya asumsi yang membatasi solusi terlalu sempit. Ada banyak teknik-teknik kreatif yang membantu memperluas ruang pencarian, antara lain :

1. Transformasi

Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mentransformasikan pencarian solusi dari suatu area ke area yang lain adalah dengan menerapkan beberapa kata kerja tertentu untuk mempertanyakan permasalahan yang dihadapi, misalnya substitusi, modifikasi, rotasi, kombinasi, dan sebagainya.

2. Input acak

Kreatifitas dapat dibangkitkan dengan menggunakan berbagai input acak yang berasal dari sumber apa saja sebagai stimulus.

3. Mengapa? Mengapa? Mengapa?

Cara lain untuk memperluas ruang pencarian adalah dengan memberikan pertanyaan “mengapa” tentang permasalahan yang dihadapi. Setiap jawaban terhadapnya dilanjutkan dengan pertanyaan “mengapa” berikutnya. Hal ini dapat diteruskan sampai diperoleh batas terakhir dimana tidak ada lagi jawaban terhadapnya, atau sampai ditemukan suatu jawaban yang memberikan solusi.

4. *Counter - planning*

Metode ini didasarkan pada konsep dialektika tesis – antitesis - sintesis.

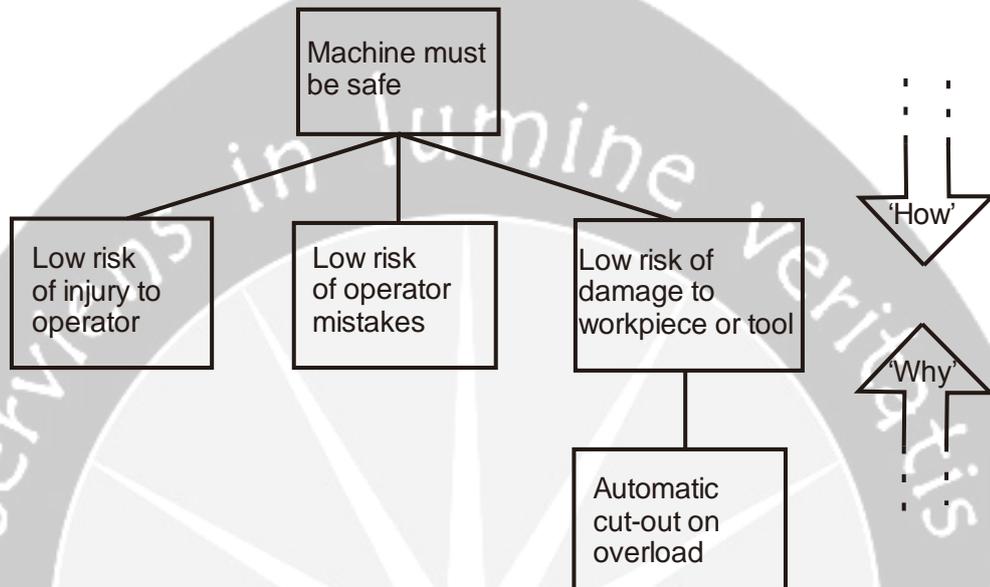
b. Metode Rasional

Pada dasarnya, baik metode kreatif maupun metode rasional merupakan aspek-aspek yang saling komplementer dari pendekatan sistematis terhadap proses perancangan produk. Salah satu jenis paling sederhana dari metode rasional adalah *checklist*/ daftar periksa. Dalam konteks perancangan, *checklist* dapat berupa suatu daftar pertanyaan yang akan ditanyakan pada tahap awal perancang, ataupun suatu daftar kriteria, standar, dan sebagainya yang harus dipenuhi oleh rancangan akhir.

Secara umum metode rasional terdiri dari tujuh tahap. Berikut adalah tujuh tahapan, metode yang relevan dan paling luas digunakan, serta tujuan setiap tahap perancangan.

i. Klarifikasi Tujuan

Fungsi dari tahap ini adalah mengklarifikasikan tujuan-tujuan dan sub-sub tujuan perancangan yang ingin dicapai, serta hubungan hubungan antara satu sub-tujuan dengan yang lainnya. Alat bantu yang biasa digunakan adalah pohon tujuan (objectives tree). Contoh pohon tujuan dapat dilihat pada gambar 2.5.

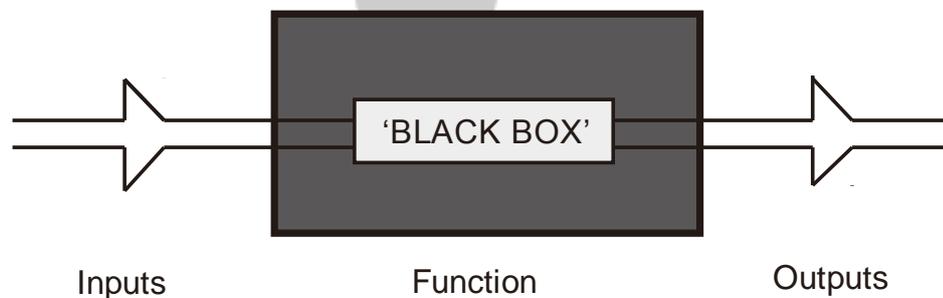


**Gambar 2.5. Objective Tree**

Sumber : (Cross, 2000)

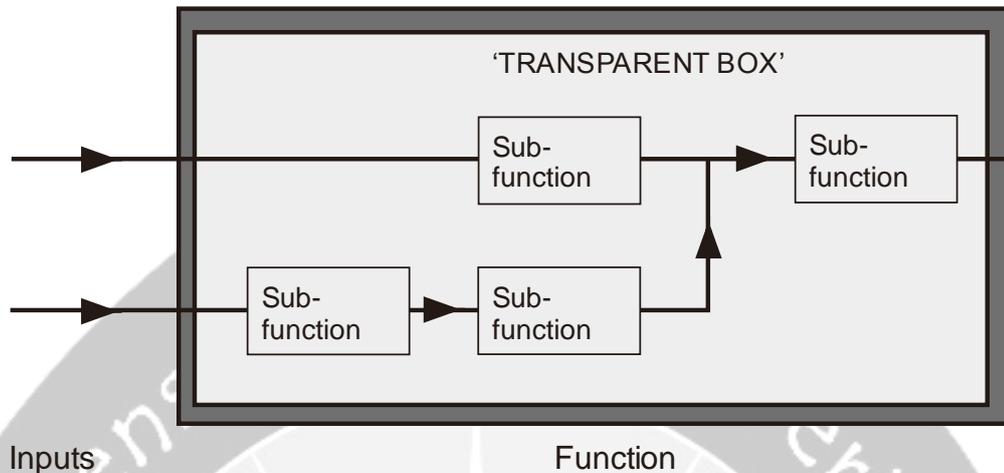
ii. Penetapan Fungsional

Untuk menetapkan fungsi-fungsi dan sub-sub fungsi yang harus ditampilkan oleh sebuah produk, dan batas-batas sistem rancangan produk yang dikembangkan. Penetapan fungsi dilakukan melalui analisis fungsi yang digambarkan dengan *Black Box* dan *Transparent Box*. Model sistem *black box* dapat dilihat pada gambar 2.6. sedangkan model sistem *transparent box* yang dapat dilihat pada gambar 2.7.



**Gambar 2.6. Model Sistem Black Box**

Sumber : (Cross, 2000)



**Gambar 2.7. Model Sistem Transparent Box**

Sumber : (Cross, 2000)

iii. Penetapan Spesifikasi

Penetapan spesifikasi untuk menetapkan spesifikasi kinerja yang akurat dari suatu alternatif solusi rancangan produk sesuai dengan kebutuhan dan keinginan konsumen berdasarkan data yang diperoleh dari wawancara maupun dengan menyebar kuesioner.

iv. Menentukan Karakteristik

Untuk menetapkan target karakteristik fungsi kualitas (*quality function*) yang akan dicapai oleh suatu produk sehingga dapat memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen. Alat bantu yang digunakan adalah diagram-matiks berupa seperti rumah sehingga disebut rumah kualitas (*house of quality*).

v. Pembangkitan Alternatif

Untuk membangkitkan alternatif solusi-solusi. Alat bantu yang bisa digunakan untuk memperoleh alternatif solusi sebanyak-banyaknya dalam waktu yang relatif singkat adalah peta morfologi (*morphological chart*).

vi. Evaluasi Alternatif

Untuk mengevaluasi alternatif-alternatif solusi yang diperoleh pada tahap 5 dan memilih alternatif terbaik untuk diimplementasikan. Pada tahap ini ditentukan kriteria desain yang relevan dan tingkat kepentingan setiap kriteria dengan cara diberi bobot. Kinerja kriteria masing-masing alternatif dinilai dengan cara dilakukan *scoring*. Untuk menetapkan alternatif terbaik dipilih nilai yang tertinggi.

Metode ini biasa disebut *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) atau *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA).

#### vii. Penyempurnaan Akhir

Tahap ini dilakukan untuk menyempurnakan hasil rancangan secara detail, termasuk meningkatkan *value* dari suatu rancangan produk. Metode yang paling sering digunakan adalah Rekayasa Nilai (*Value Engineering*). Dalam metode ini nilai didefinisikan sebagai rasio antara performansi dan biaya. Cara yang dilakukan adalah meningkatkan atau mempertahankan performansi dan pengurangan biaya.

### 2.3.7. Sensor Dan Transduser Sebagai Alat Ukur

Alat ukur pada dasarnya ada 2 jenis, yaitu sensor dan transduser. Sensor berfungsi untuk mendeteksi variabel fisik yang diukur. Transduser mengkonversi sinyal dari variabel yang dideteksi oleh sensor tersebut menjadi variabel dalam bentuk lain yang terukur nilainya (pada umumnya dalam bentuk tegangan listrik). Seringkali suatu alat ukur memiliki fungsi ganda, sebagai sensor sekaligus sebagai transduser.

Sesuai dengan jenis variabel yang diukur, alat ukur terdiri atas 2 jenis, yaitu analog dan diskrit. Alat ukur analog menghasilkan sinyal analog yang kontinu, misalnya tegangan listrik. Contoh alat ukur analog adalah thermocouple dan potentiometer. Alat ukur diskrit menghasilkan output dengan nilai yang tertentu. Alat ukur diskrit terdiri atas alat ukur biner dan alat ukur digital. Alat ukur biner menghasilkan sinyal hanya dalam dua kondisi, on atau off. Contoh alat ukur biner adalah *limit switch*, *photoelectric sensor*, dan *proximity switch*. Alat ukur digital menghasilkan keluaran dalam bentuk sinyal digital, baik dalam bentuk suatu set status bit atau serangkaian pulsa yang dapat diukur.

Ada 2 jenis sensor, yaitu digital dan analog. Sensor digital akan menghasilkan output dalam bentuk logika digital, "High" dan "Low". Logika "High" menunjukkan kondisi tegangan 3,8-5V, sedangkan logika "Low" menunjukkan kondisi tegangan kurang dari 1V. Sensor analog mengukur besaran fisik dan mengkonversikan besaran tersebut menjadi besaran elektrik.

#### a. *Passive Infrared Receiver* (PIR) Sebagai Sensor Gerak

Sensor pasive infrared atau biasa disebut dengan sensor *pyro-electric*, adalah sensor yang mendeteksi perubahan radiasi panas dan mengubahnya menjadi

output tegangan. Sesuai dengan namanya, sensor ini tidak memerlukan pemancar infrared secara khusus, melainkan hanya menerima pancaran infrared dari berbagai sumber bergerak yang dalam kasus ini adalah manusia.

Sensor PIR dapat mendeteksi gerakan orang dikarenakan adanya *IR filter* yang menyaring panjang gelombang sinar inframerah pasif. *IR filter* di modul sensor PIR ini mampu menyaring panjang gelombang sinar inframerah pasif antara 8 sampai 14 mikrometer, sehingga panjang gelombang yang dihasilkan dari manusia berkisar antara 9 sampai 10 mikrometer dapat dideteksi oleh sensor. Ketika seseorang melewati sensor, sensor akan menangkap pancaran panas (inframerah) pasif yang dipancarkan oleh tubuh manusia yang memiliki suhu yang berbeda dari lingkungan sehingga menyebabkan material *pyroelectric* bereaksi menghasilkan arus listrik karena adanya energi panas yang dibawa oleh sinar infrared tersebut. Kemudian sebuah sirkuit amplifier yang ada akan menguatkan arus tersebut yang kemudian dibandingkan oleh komparator sehingga menghasilkan output.

Ketika manusia berada di depan sensor PIR dalam kondisi diam, maka sensor PIR akan menghitung panjang gelombang yang dihasilkan oleh tubuh manusia. Panjang gelombang yang konstan akan menyebabkan energi panas yang dihasilkan dapat digambarkan hampir sama seperti kondisi lingkungan sekitarnya. Saat manusia itu melakukan gerakan, maka tubuh manusia itu akan menghasilkan pancaran sinar inframerah pasif dengan panjang gelombang yang bervariasi sehingga menghasilkan panas berbeda yang menyebabkan sensor merespon dengan cara menghasilkan arus pada material *pyroelectric*-nya dengan besaran yang berbeda-beda. Besaran yang berbeda inilah yang dapat membuat komparator dapat menghasilkan output. Adapun bentuk dari sensor PIR dapat dilihat pada gambar 2.8.



**Gambar 2.8 Sensor PIR**

Sumber: (<http://elektronikadasar.info>)

Sensor ini terdiri dari elemen yang terbuat dari bahan keramik bersifat *ferroelectric*, yaitu *Polyethylene Zirconate Titanate (PZT)*. Sensor *pyro-electric* ini berdasarkan jumlah elemennya terbagi menjadi 2 jenis yaitu sensor *pyro-electric* elemen tunggal dan sensor *pyro-electric* elemen ganda.

i. Sensor *pyro-electric* elemen tunggal

Cara kerja sensor ini adalah apabila terdapat radiasi panas bergerak di dalam daerah yang diantau oleh sensor, maka perubahan energi sinar infrared yang diakibatkan oleh perbedaan temperatur antara sumber dengan latar belakangnya dideteksi oleh sensor. Perubahan energi sinar infrared tersebut dikonversikan menjadi panas oleh lapisan film pada permukaan elektrode elemen, sehingga menyebabkan perubahan temperatur pada elemen. Perubahan temperatur ini menghasilkan arus listrik yang mengalir melalui resistor  $R_g$ , sebuah resistor penghubung antara elektrode, sehingga timbul tegangan pada resistor ini.

ii. Sensor *pyro-electric* elemen ganda

Sensor *pyro-electric* elemen ganda terdiri dari 2 elemen, masing-masing berukuran 2x1 mm yang dihubungkan secara seri dengan polaritas saling berkebalikan. Cara kerja sensor jenis ini adalah:

- Jika terdapat energi sinar infrared melewati 2 elemen secara berurutan, maka akan dihasilkan sinyal-sinyal positif dan negatif. Sinyal output mempunyai tegangan puncak ke puncak dengan daerah lebar.
- Jika kedua elemen yang polaritasnya saling berlawanan menerima energi sinar infrared secara simultan, maka tidak akan dihasilkan sinyal output, karena sinyal dengan polaritas positif dan negatif saling meniadakan.

Keuntungan menggunakan sensor jenis ini adalah:

- Mencegah terjadinya kesalahan operasi yang disebabkan oleh sumber cahaya luar, seperti cahaya matahari, yang mengandung energi sinar infrared.
- Mencegah terjadinya kesalahan operasi yang disebabkan oleh getaran pada sensor.
- Memiliki ketahanan yang tinggi terhadap temperatur lingkungan yang bervariasi.

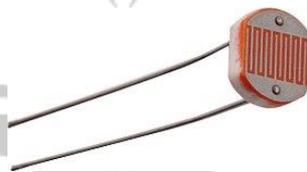
b. Sensor Cahaya

Sensor cahaya adalah sensor yang dapat melakukan pendeteksian cahaya, lalu melakukan perubahan menjadi sinyal listrik dan dipakai dalam sebuah rangkaian yang memakai cahaya sebagai pemicunya. Beberapa komponen yang biasanya digunakan dalam rangkaian sensor cahaya diantaranya *Light Dependent Resistor* (LDR), Photodiode, dan Phototransistor.

i. Sensor Cahaya LDR

Sebuah *light dependent resistor* (LDR) terdiri dari sebuah piringan bahan semikonduktor dengan dua buah elektroda pada permukaannya. Dalam gelap atau dibawah cahaya yang redup, bahan piringan hanya mengandung elektron bebas dalam jumlah yang relatif sangat kecil. Hanya tersedia sedikit elektron bebas untuk mengalirkan muatan listrik. Hal ini berarti bahwa, bahan bersifat semi konduktor yang buruk untuk arus listrik. Dengan kata lain, nilai tahanan bahan sangat tinggi.

Di bawah cahaya yang cukup terang, lebih banyak elektron dapat melepaskan diri dari atom-atom bahan semi konduktor ini. Terdapat lebih banyak elektron bebas yang dapat mengalirkan muatan listrik. Dalam keadaan ini, bahan bersifat semi konduktor yang baik. Tahanan listrik bahan rendah. Semakin cahaya yang mengenai bahan, semakin banyak elektron bebas yang tersedia, dan semakin rendah pula tahanan listrik bahan. Adapun bentuk dari sensor LDR dapat dilihat pada gambar 2.9.



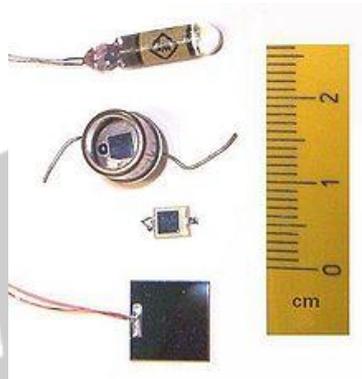
**Gambar 2.9. Sensor LDR**

Sumber: (<http://elektronikadasar.info>)

ii. Sensor Cahaya Photodiode

Photodiode merupakan sebuah sensor cahaya (photodetektor) yang memungkinkan arus mengalir dalam satu arah dari satu sisi ke sisi lain ketika menyerap foton (cahaya). Semakin banyak cahaya, semakin banyak arus yang mengalir. Photodiode ini biasa digunakan untuk mendeteksi pulsa cahaya dalam serat optik dan lainnya yang sensitif terhadap gerakan cahaya. Penggunaan sensor ini biasa digunakan pada sistem mendeteksi kendaraan pada pintu tol

atau tempat parkir. Adapun bentuk dari photodiode dapat dilihat pada gambar 2.10.

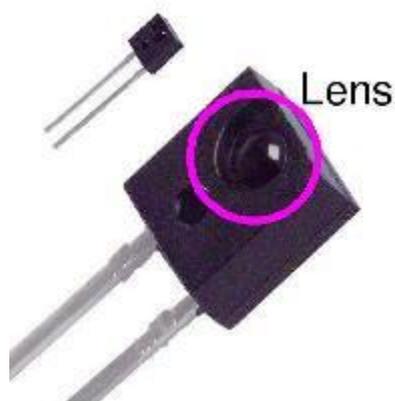


**Gambar 2.10. Photodiode**

Sumber: (<http://elektronikadasar.info>)

iii. Phototransistor

Phototransistor adalah komponen jenis transistor bipolar yang memakai *junction/kotak base collector* sebagai permukaan agar dapat menerima cahaya, dengan demikian maka komponen ini dapat berfungsi sebagai sensor cahaya. Komponen ini mempunyai kelebihan dalam hal sensitifitas jika dibanding dengan photodiode. Sebabnya karena pada Phototransistor, elektronnya adalah hasil dari foton cahaya dikaki kotak yang penginjeksiannya kebagian base transistor dan selanjutnya diperkuat pada kolektronya yaitu kaki C. Namun hal ini juga menimbulkan kekurangan, yaitu tanggapan terhadap cahaya menjadi lebih lambat bila dibanding photodiode dan kinerjanya kurang mampu beroperasi pada frekuensi yang tinggi. Adapun bentuk dari phototransistor dapat dilihat pada gambar 2.11.

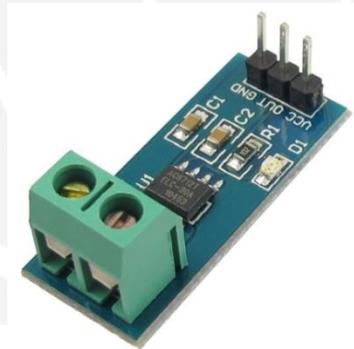


**Gambar 2.11. Phototransistor**

Sumber: (<http://elektronikadasar.info>)

### c. Sensor Arus

ACS712 merupakan sensor arus dengan memanfaatkan *hall effect*. *Hall effect* adalah transduser yang bervariasi tegangan output sebagai respon terhadap medan magnet. Sensor ini merupakan buatan allegro, yang merupakan sensor arus yang memiliki tingkat presisi yang baik untuk mengukur arus AC atau DC, untuk pembacaan arus di dalam dunia industri, komersil, dan juga dalam sistem komunikasi. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat di dalamnya yang menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh *Hall Effect IC* dan diubah menjadi tegangan proporsional. Adapun bentuk dari sensor arus ACS712 dapat dilihat pada gambar 2.12.



**Gambar 2.12. Sensor Arus ACS712**

Sumber : (datasheet - ACS712)

### 2.3.7. LCD dan Potensiometer

Banyak sekali kegunaan LCD (*Liquid Crystal Display*) dalam perancangan suatu sistem yang menggunakan mikrokontroler. LCD berfungsi menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler. LCD yang sering digunakan untuk sistem berbasis mikrokontroler adalah jenis LCD M1632. LCD M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 16 x 2 baris dengan konsumsi daya rendah. Modul tersebut dilengkapi dengan mikrokontroler yang didesain khusus untuk mengendalikan LCD.

LCD yang digunakan pada perancangan prototype ini menggunakan LCD 16x2. Fungsi dari LCD adalah sebagai *interface* yang menampilkan data hasil olahan mikrokontroler. Pada sistem ini LCD akan menampilkan durasi waktu nyala lampu dalam sekali satu siklus, nilai resistansi sensor cahaya, status lampu

(on/off), dan besar arus dari sensor arus sesuai dengan besar arus terpakai saat penggunaan lampu. LCD ini dihubungkan ke mikrokontroler dan perlu ditambahkan potensiometer untuk mengatur tegangan pada LCD yang berhubungan dengan lumonisitas dari nyala LCD.

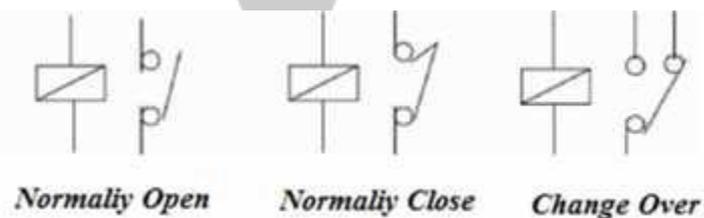
### 2.3.8. Relay

Relay adalah suatu peralatan elektronik yang berfungsi untuk memutuskan atau menghubungkan suatu rangkaian elektronik yang satu dengan rangkaian elektronik yang lainnya. Relay adalah komponen listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi medan elektromagnetis. Jika sebuah penghantar dialiri oleh arus listrik, maka di sekitar penghantar tersebut timbul medan magnet. Medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik tersebut selanjutnya diinduksikan ke logam ferromagnetis. Logam ferromagnetis adalah logam yang mudah terinduksi medan elektromagnetis. Ketika ada induksi magnet dari lilitan yang membelit logam, logam tersebut akan menjadi magnet buatan yang sifatnya sementara. Cara ini biasa digunakan untuk membuat magnet non permanen. Sifat kemagnetan pada logam ferromagnetis akan tetap ada selama pada kumparan yang melilitinya teraliri arus listrik. Sebaliknya, sifat kemagnetannya akan hilang jika suplai arus listrik ke lilitan diputuskan.

Kontak-kontak atau kutub-kutub dari relay umumnya memiliki tiga dasar pemakaian yaitu:

- Bila kumparan ini dialiri arus listrik maka kontaknya akan menutup dan disebut sebagai kontak *Normally Open (NO)*
- Bila kumparan dialiri arus listrik maka kontaknya akan membuka dan disebut dengan kontak *Normally Close (NC)*
- Tukar-sambung (*Change Over/ CO*), relay jenis ini mempunyai kontak tengah yang normalnya tertutup tetapi melepaskan diri dari posisi ini dan membuat kontak dengan lain bila relay dialiri listrik.

Adapun jenis-jenis konstruksi relay dapat dilihat pada gambar 2.13.



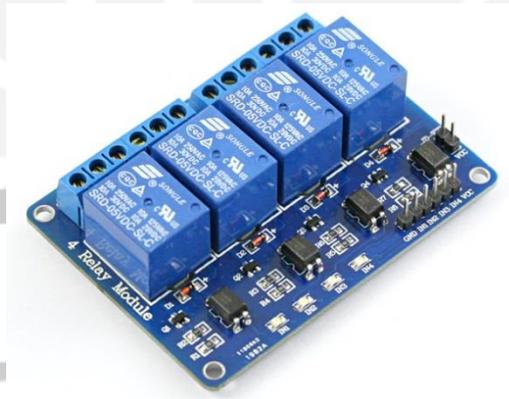
**Gambar 2.13. Jenis Konstruksi Relay**

Sumber : (Bishop, 2006)

Berikut adalah sifat-sifat relay:

- i. Impedansi kumparan, biasanya impedansi ditentukan oleh tebal kawat yang digunakan serta banyaknya lilitan. Biasanya impedansi berharga 1-50 K $\Omega$  guna memperoleh daya hantar yang baik.
- ii. Kuat arus yang digunakan untuk menggerakkan relay, biasanya arus ini diberikan oleh pabrik. Relay dengan perlawanan kecil memerlukan arus besar sedangkan relay dengan perlawanan besar memerlukan arus yang kecil.
- iii. Tegangan yang diperlukan untuk menggerakkan relay.
- iv. Daya yang diperlukan untuk mengoperasikan relay besarnya sama dengan nilai tegangan dikalikan arus.
- v. Banyaknya kontak-kontak jangkar dapat membuka dan menutup lebih dari satu kontak sekaligus tergantung pada kontak dan jenis relaynya. Jarak antara kontak-kontak menentukan besarnya tegangan maksimum yang diizinkan antara kontak tersebut.

Adapun bentuk dari modul relay dapat dilihat pada gambar 2.14.



**Gambar 2.14. Modul Relay 4 Channel**

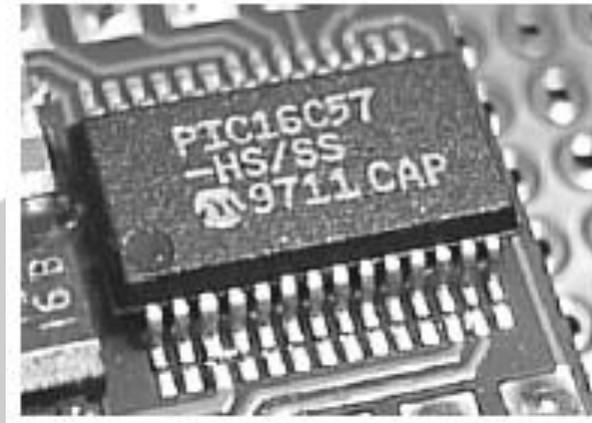
Sumber: (<http://4tronix.co.uk>)

### 2.3.9. Mikrokontroler

Menurut Bishop (2006), mikrokontroler adalah sebuah rangkaian terpadu tunggal, di mana semua blok rangkaian yang sering dijumpai sebagai unit-unit terpisah di dalam sebuah komputer digabungkan menjadi satu.

Terdapat ratusan mikrokontroler yang berbeda, yang tersedia di pasaran. Sedemikian beragamnya, sehingga cukup sulit bagi calon pengguna untuk mengatakan jenis mana yang merupakan jenis yang "tipikal". Rangkaian terpadu (IC) 28-pin yang ditampilkan pada gambar 2.15 adalah mikrokontroler dengan

ukuran rata-rata dan memuat unit-unit dasar yang dibutuhkan oleh semua jenis kontroler.



**Gambar 2.15. Mikrokontroler PIC16C57**

Sumber : (Bishop, 2006)

a. Unit aritmatika dan logika (*arithmetic-logic unit*) – (ALU)

ALU adalah rangkaian-rangkaian logika yang melaksanakan operasi-operasi penjumlahan, pengurangan, dan berbagai operasi logika lainnya.

b. Memori

Memori adalah rangkaian-rangkaian logika yang berfungsi menyimpan data. Terdapat dua jenis memori yaitu RAM dan ROM. RAM (*Random Acces Memory*) merupakan memori yang dipergunakan untuk menyimpan data secara temporer. Data yang disimpan di dalamnya akan hilang ketika pasokan daya ke piranti ini diputuskan. ROM (*read-only memory*) adalah memori yang menyimpan data secara lebih permanen. Memori jenis ini umumnya digunakan untuk menyimpan instruksi-instruksi dalam bentuk kode biner, yang dapat dipahami dan dilaksanakan oleh kontroler.

c. Clock

*Clock* atau sistem *clock* adalah mengatur berbagai gerbang logika untuk berubah dari satu state ke state lainnya. Sistem clock dapat menghasilkan pulsa-pulsa dengan laju yang tetap. Di dalam sebuah sistem yang sangat besar, seperti misalnya sebuah komputer, clock akan berdetak dengan sangat cepat. *Clock* dapat bekerja pada kecepatan beberapa ratus megahertz. Pada sebuah sistem yang menggunakan *clock*, unit-unit logika di dalam sistem tidak akan

berubah state-nya seketika terjadi suatu perubahan pada inputnya. Alih-alih, semua unit ini akan menunggu. Unit-unit ini tidak akan melakukan hal apapun hingga *clock* memerintahkannya untuk bekerja. Sebagian besar unit mulai operasinya pada sisi naik pulsa *clock*, yaitu titik waktu dimana sinyal yang dihasilkan *clock* berubah dari level rendah ke level tinggi. Akan tetapi, beberapa unit logika ditetapkan untuk bekerja pada sisi turun *clock*.

#### d. Input dan Output

Dari ke-28 pin yang terdapat pada IC, 20 diantaranya digunakan untuk input dan output data. Pin-pin ini dapat disambungkan ke sensor-sensor atau perangkat-perangkat input lainnya. Pin-pin juga dapat disambungkan ke lampu, piranti tampilan, motor, pengeras suara, dan perangkat-perangkat output lainnya.

Pranata dkk (2015) menyebutkan bahwa mikrokontroler dapat dikelompokkan dalam satu keluarga, masing-masing mikrokontroler memiliki spesifikasi tersendiri pada setiap jenis dan tipenya. Contoh dari keluarga mikrokontroler diantaranya:

##### 1. Keluarga MCS-51

Mikrokontroler ini menggunakan arsitektur Intel MCS-51. Meskipun berarsitektur Intel, mikrokontroler yang terkenal justru berasal dari pabrikan Atmel. Beberapa seri mikrokontroler dari keluarga ini adalah Atmel AT89C51, AT89S51, AT89S52.

##### 2. Keluarga MC68HC05

##### 3. Keluarga MC68HC11

##### 4. Keluarga AVR

*Advanced Versatile RISC (AVR)* adalah keluarga mikrokontroler yang terbagi jadi beberapa sub keluarga yaitu ATTiny, Atmega, AT90 dan ATXMega. Keluarga AVR memiliki kecepatan yang setara dengan *clock* kristalnya. AVR juga terkenal karena digunakan untuk membuat *embedded system* Arduino.

##### 5. Keluarga PIC 8

*Peripheral Interface Controller (PIC)* adalah mikrokontroler buatan Microchip Technology, keluarga PIC lebih banyak dipakai dalam industri skala besar karena ketangguhannya. Contoh Mikrokontroler PIC adalah PIC 16F877A dan PIC 1650.

Bermula dari dibuatnya IC (*Integrated Circuit*). Selain IC, alat yang dapat berfungsi sebagai kendali adalah *chip* berisikan rangkaian elektronika yang

dibuat dari unsur silikon yang mampu melakukan proses logika. *Chip* berfungsi sebagai media penyimpanan program dan data, karena pada sebuah chip tersedia RAM (*Random Access Memory*) dimana data dan program diolah oleh *logic chip* dalam menjalankan prosesnya.

Chip sering diidentikan dengan kata mikroprosesor. Mikroprosesor adalah bagian dari CPU (*Central Processor Unit*) yang terdapat pada komputer tanpa adanya memori, I/O yang dibutuhkan oleh sebuah sistem yang lengkap. Selain mikroprosesor ada dua buah *chip* lagi yang dikenal dengan nama mikrokomputer. Berbeda dengan mikroprosesor, pada mikrokomputer ini telah tersedia I/O dan memori.

Dengan kemajuan teknologi dan perkembangan *chip* yang pesat sehingga saat ini didalam sekeping *chip* terdapat CPU memory dan control I/O. Chip jenis ini sering disebut mikrokontroler. Perbedaan lain antara mikrokontroler dengan komputer adalah perbandingan ROM (*Read Only Memory*) dan RAM (*Random Access Memory*) yang sangat besar antara mikrokontroler dengan komputer. Dalam mikrokontroler ROM (*Read Only Memory*) jauh lebih besar dibandingkan dengan RAM (*Random Access Memory*), sedangkan dalam komputer atau PC, RAM jauh lebih besar dibanding ROM. Mikrokontroler memiliki kemampuan untuk mengolah serta memproses data sekaligus juga dapat digunakan sebagai unit kendali, maka dengan sekeping chip yaitu mikrokontroler, *user* dapat mengendalikan suatu alat.

Pada dasarnya terdapat perbedaan sangat mencolok antara mikrokontroler dan mikroprosesor yaitu pada aplikasinya, karena mikrokontroler hanya dapat digunakan pada aplikasi tertentu saja. Kelebihan lainnya yang terletak pada perbandingan RAM (*Random Access Memory*) dan ROM (*Read Only Memory*). Sehingga ukuran board mikrokontroler menjadi sangat ringkas atau kecil, dari kelebihan yang ada juga terdapat pada pemakaian mikrokontroler dengan mikroprosesor yaitu pada mikrokontroler sudah terdapat RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga tidak perlu menambahnya lagi. Pada dasarnya struktur dari mikroprosesor memiliki kemiripan dengan mikrokontroler.

Dalam perancangan *prototype*, mikrokontroler yang akan digunakan tidak harus seandal mikrokontroler dari keluarga PIC, melainkan mikrokontroler yang sekiranya dapat memenuhi kebutuhan yang rata-rata dapat menangani sistem yang tidak terlalu kompleks. Mikrokontroler yang penggunaannya sudah sangat

umum dan mudah untuk digunakan dalam skala pembuatan prototype adalah Arduino dan Raspberry Pi. Arduino merupakan sebuah board compact yang menggunakan Atmel AVR yang menggunakan bahasa pemrograman C yang sudah dimodifikasi dengan bahasa wiring dan dipermudah dengan *library*. Raspberry Pi adalah *single board computer* seukuran kartu kredit yang dikembangkan di Inggris awalnya ditujukan untuk mengenalkan dasar ilmu komputer di sekolah, Raspberry dapat dikoneksikan dengan berbagai perangkat I/O komputer dan dapat diinstal sistem Operasi Linux layaknya PC.

### **2.3.10. Mikrokontroler yang digunakan dalam Perancangan *Prototype***

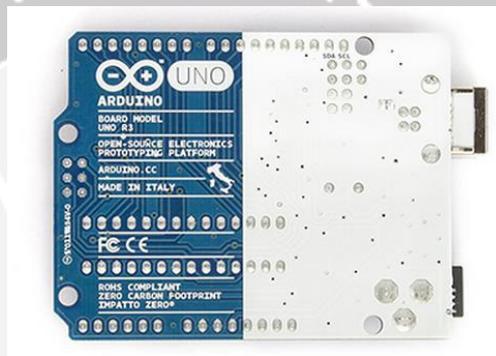
#### **a. Arduino UNO R3**

Arduino adalah platform pembuatan prototipe elektronik yang bersifat *open-source hardware* yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino dikembangkan di Ivrea, Italia. Nama Arduino adalah sebuah nama maskulin yang berarti teman yang kuat. Platform arduino terdiri dari arduino board, *shield*, bahasa pemrograman arduino, dan *integrated development environment*.

Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya. Uno berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI driver USB-to-serial. Adapun bentuk dari *board* Arduino dapat dilihat pada gambar 2.16.



(a)



(b)

**Gambar 2.16. Tampak Depan (a) dan Belakang (b) Board Andruino Uno**

Sumber : (datasheet- Arduino Uno R3)

Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian yaitu:

*i. Hardware*

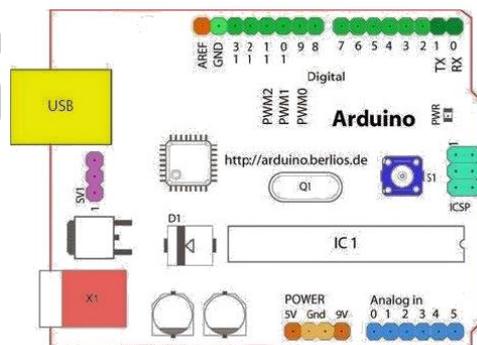
Komponen utama di dalam papan Arduino adalah sebuah microcontroller 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan *Atmel Corporation*. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan ATmega328 sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan ATmega2560. Adapun data teknis board Arduino Uno dapat dilihat pada tabel 2.4..

**Tabel 2.4. Spesifikasi Arduino Uno R3**

Sumber : (datasheet- Arduino Uno R3)

	Keterangan
Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan Operasi	5 V
Tegangan Input (recommended)	7 – 12 V
Tegangan Input (limit)	6 – 20 V
Pin digital I/O	14 (6 diantaranya pin PWM)
Pin analog input	6
Arus DC per pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3 V	150 mA
Flash Memory	32 KB (Atmega 328) dengan 0.5 kB digunakan untuk <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB (Atmega 328)
EEPROM	1 KB (Atmega 328)
Kecepatan Pewaktuan	16 MHz

Berikut adalah bagian-bagian utama Arduino yang tersaji pada gambar 2.17.



**Gambar 2.17. Bagian-bagian Utama Arduino**

Sumber : (datasheet- Arduino Uno R3)

Setiap 14 pin digital pada Arduino Uno dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 Volt. Setiap pin dapat memberikan atau

menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor pull-up (terputus secara default) 20-50 kOhm. Berikut adalah fungsi dari bagian-bagian arduino, antara lain:

1. 14 pin input/output digital (0-13)

Berfungsi sebagai input atau output, dapat diatur oleh program. Khusus untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog output dimana tegangan output-nya dapat diatur. Nilai sebuah pin output analog dapat diprogram antara 0 – 255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

2. USB

Berfungsi untuk memuat program dari komputer ke dalam *board*, komunikasi serial antara papan dan komputer, serta memberi daya listrik kepada *board*.

3. Sambungan SV1

Sambungan atau jumper untuk memilih sumber daya papan, apakah dari sumber eksternal atau menggunakan USB. Sambungan ini tidak diperlukan lagi pada papan Arduino versi terakhir karena pemilihan sumber daya eksternal atau USB dilakukan secara otomatis.

4. Q1 – Kristal (quartz crystal oscillator)

Jika mikrokontroler dianggap sebagai sebuah otak, maka kristal adalah jantungnya karena komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada mikrokontroler agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detaknya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).

5. Tombol Reset S1

Untuk me-reset papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Tombol reset ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan microcontroller.

6. In-Circuit Serial Programming (ICSP)

Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram microcontroller secara langsung, tanpa melalui bootloader. Umumnya pengguna Arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan.

7. IC 1 – Microcontroller Atmega

Komponen utama dari papan Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.

8. X1 – sumber daya eksternal

Jika hendak disuplai dengan sumber daya eksternal, papan Arduino dapat diberikan tegangan DC antara 9-12V.

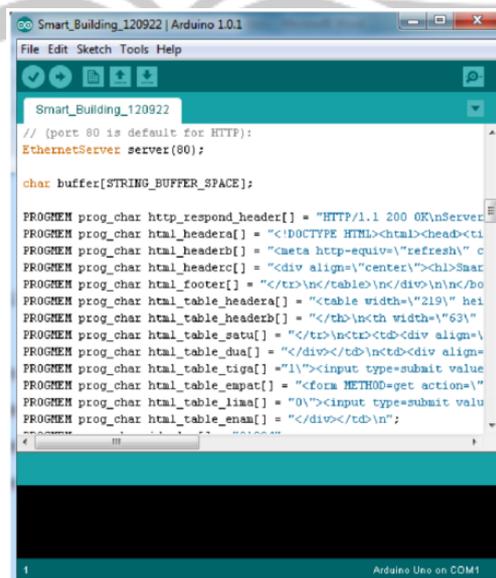
#### 9. 6 pin input analog (0-5)

Pin ini sangat berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin input antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

#### ii. Software

*Integrated Development Environment* (IDE) terdiri dari editor teks untuk menulis kode, sebuah area pesan, sebuah konsol, sebuah *toolbar* dengan tombol-tombol untuk fungsi yang umum dan beberapa menu. *Integrated Development Environment* terhubung ke arduino board untuk meng-*upload* program dan juga untuk berkomunikasi dengan arduino board.

Perangkat lunak yang ditulis menggunakan *Integrated Development Environment* disebut *sketch*. *Sketch* ditulis pada editor teks. *Sketch* disimpan dengan file berekstensi .ino. Area pesan memberikan informasi dan pesan error ketika kita menyimpan atau membuka *sketch*. Konsol menampilkan output teks dari *Integrated Development Environment* dan juga menampilkan pesan error ketika kita mengkompilasi *sketch*. Pada sudut kanan bawah dari jendela *Integrated Development Environment* menunjukkan jenis board dan port serial yang sedang digunakan. Tombol *toolbar* digunakan untuk mengecek dan mengupload *Sketch*, membuat, membuka atau menyimpan *sketch*, dan menampilkan *serial monitor*. Contoh program dibuat dengan IDE dapat dilihat pada gamabr 2.18.



```
Smart_Building_120922
File Edit Sketch Tools Help

Smart_Building_120922
// (port 80 is default for HTTP):
EthernetServer server(80);

char buffer[STRING_BUFFER_SPACE];

PROGRAM prog_char http_respond_header[] = "HTTP/1.1 200 OK\r\nServer:
PROGRAM prog_char html_headera[] = "<!DOCTYPE HTML><html><head><tit
PROGRAM prog_char html_headerb[] = "<meta http-equiv='refresh' c
PROGRAM prog_char html_headerc[] = "<div align='center'><h1>Smar
PROGRAM prog_char html_footer[] = "</td>\n</table>\n</div>\n\n</Bo
PROGRAM prog_char html_table_headera[] = "<table width='219'\n hei
PROGRAM prog_char html_table_headerb[] = "</td>\n<th width='63'\n
PROGRAM prog_char html_table_satu[] = "</td>\n<td><td><div align='
PROGRAM prog_char html_table_dua[] = "</div></td>\n<td><div align=
PROGRAM prog_char html_table_tiga[] = "1"><input type=submit value
PROGRAM prog_char html_table_empat[] = "<form METHOD=GET action='
PROGRAM prog_char html_table_lima[] = "0"><input type=submit valu
PROGRAM prog_char html_table_enam[] = "</div></td>\n";
PROGRAM prog_char html_table_satu[] = "1";
PROGRAM prog_char http_respond_body[] = "1";

1
Arduino Uno on COM1
```

## Gambar 2.18. Contoh Program pada *Integrated Development Environment*

Sumber : (datasheet- Arduino Uno R3)

### b. Raspberry Pi

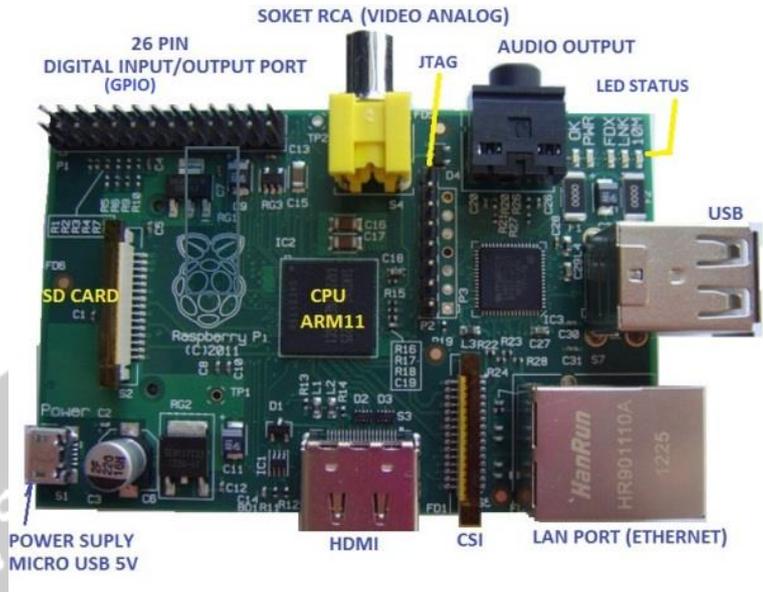
Raspberry Pi adalah modul mikrokomputer yang juga mempunyai input output digital port seperti pada board mikrokontroler. Raspberry Pi memiliki kelebihan dibanding board mikrokontroler yang lain yaitu mempunyai Port/ koneksi untuk display berupa TV atau monitor PC dan koneksi USB untuk *keyboard* serta *mouse*. Raspberry Pi dibuat di Inggris oleh Raspberry Pi Foundation. Pada awalnya Raspberry Pi ditunjukkan untuk modul pembelajaran ilmu komputer di sekolah.

#### i. *Hardware*

Raspberry Pi board dibuat dengan tipe yang berbeda yaitu Raspberry Pi tipe A, A+ Raspberry Pi tipe B, B+ Raspberry pi 2, Raspberry pi 3, Raspberry Pi zero. Perbedaannya antara lain pada Ram dan Port LAN. Type A RAM = 256 Mb dan tanpa port LAN (ethernet), type B = 512 Mb dan terpasang port untuk LAN. Raspberry Pi board mempunyai input dan output antara lain:

1. HDMI, dihubungkan ke LCD TV yang mempunyai port HDMI atau dengan *cable converter* HDMI to VGA yang dapat dihubungkan ke monitor PC.
2. Video analog (RCA port) , dihubungkan ke Televisi sebagai alternatif jika anda tdk memilih monitor PC .
3. Audio output
4. 2 buah port USB digunakan untuk keyboard dan mouse
5. 26 pin I/O digital
6. CSI port (Camera Serial Interface )
7. DSI (Display Serial Interface)
8. LAN port (network)
9. *SD Card slot* untuk *SD Card* memori yg menyimpan sistem operasi berfungsi seperti *hardisk* pada PC.

Adapun bentuk dari *board* Raspberry Pi A dapat dilihat pada gambar 2.19.



**Gambar 2.19. Raspberry Pi A Board**

Sumber : (pccontrol.wordpress.com)

GPIO merupakan sederet pin yang terdiri dari 26 pin dengan berbagai fungsi diantaranya dapat dilihat pada gambar 2.20.

3.3V	1	2	5V
I2C0 SDA	3	4	DNC
I2C0 SCL	5	6	GROUND
GPIO4	7	8	UART TXD
DNC	9	10	UART RXD
GPIO 17	11	12	GPIO 18
GPIO 21	13	14	DNC
GPIO 22	15	16	GPIO 23
DNC	17	18	GPIO 24
SP10 MOSI	19	20	DNC
SP10 MISO	21	22	GPIO 25
SP10 SCLK	23	24	SP10 CE0 N
DNC	25	26	SP10 CE1 N

**Gambar 2.20. GPIO pada Raspberry Pi A Board**

Sumber : (pccontrol.wordpress.com)

ii. Software

Untuk menggunakan Raspberry pi diperlukan *operating system* (OS) yang dijalankan dari *SD card* pada *board* Raspberry, tidak seperti pada board mikrokontroler AVR yang selama ini digunakan, yaitu tanpa tanpa OS. *Operating system* yang banyak dipakai antara lain Linux distro Raspbian. OS disimpan di *SD card* dan saat proses *boot* OS hanya bisa dari *SD card* tidak dari lokasi lain.

OS yang bisa di jalankan di Raspberry board antara lain: Arch Linux ARM, Debian GNU/Linux, Gentoo, Fedora, FreeBSD, NetBSD, Plan 9, Inferno, Raspbian OS, RISC OS dan Slackware Linux. Jadi dalam menggunakan mikrokomputer Raspberry Pi ini, *user* sama seperti menggunakan PC yg berbasis linux plus yang mempunyai input/ output digital seperti yang ada pada *board* mikrokontroler.

