

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Programmable Logic Controller (PLC)*

Programmable Logic Controller (PLC) adalah suatu peralatan elektronika yang bekerja secara digital dan memiliki memori yang dapat diprogram, menyimpan perintah-perintah untuk melakukan fungsi-fungsi khusus seperti *logic*, *sequencing*, *timing*, *counting* dan *arithmatik* untuk mengontrol berbagai jenis motor atau proses melalui modul *input output* analog atau digital (Crispin, 1997). Di dalam PLC berisi rangkaian elektronika yang dapat difungsikan seperti *contact relay* (baik NO maupun NC) pada PLC dapat digunakan berkali-kali untuk semua intruksi dasar selain intruksi *output*. Jadi bisa dikatakan bahwa dalam suatu program PLC tidak diijinkan menggunakan output dengan nomor kontak yang sama.

1. Prinsip Kerja PLC

Data berupa sinyal dari peralatan input luar diterima oleh sebuah PLC dari sistem yang dikontrol. Peralatan input luar misalnya: saklar, sensor, tombol dan lain-lain. Data sinyal masukan yang masih berupa sinyal analog akan diubah oleh modul input

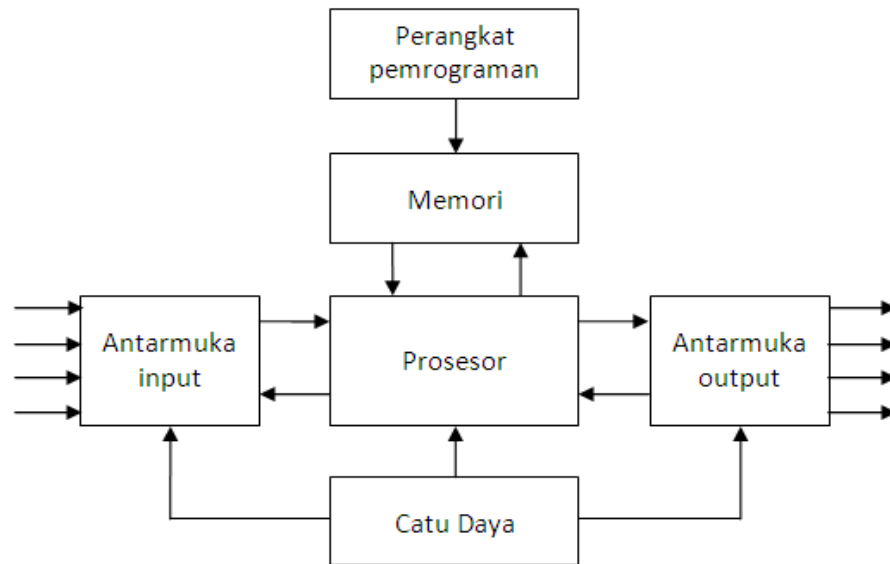
A/D (*analog to digital input module*) menjadi sinyal digital. Selanjutnya oleh unit prosesor sentral atau CPU yang ada di dalam PLC sinyal digital dan disimpan di dalam *memory*. Keputusan diambil CPU dan perintah yang diperoleh diberikan melalui modul output D/A (*digital to analog output module*) sinyal digital itu bila perlu diubah kembali menjadi menggerakkan peralatan output luar (*external output device*) dari sistem yang dikontrol seperti antara lain berupa kontaktor, *relay*, *solenoid*, *valve*, *heater*, alarm dimana nantinya dapat untuk mengoperasikan secara otomatis sistem proses kerja yang dikontrol tersebut.

Programmable Logic Controller memiliki karakteristik :

1. Kokoh dan dirancang untuk tahan terhadap getaran, suhu, kelembaban, dan kebisingan.
2. Antarmuka untuk *input* dan *output* telah tersedia secara *built-in* di dalamnya.
3. Mudah diprogram dan menggunakan bahasa pemrograman yang mudah dipahami, yang sebagian besar berkaitan dengan operasi-operasi logika dan penyambungan.

PLC yang diproduksi oleh berbagai industri sistem kendali terkemuka saat ini biasanya mempunyai ciri-ciri sendiri yang menawarkan keunggulan sistemnya, baik dari segi aplikasi (perangkat tambahan) maupun modul utama sistemnya. Meskipun demikian, pada umumnya setiap PLC mengandung empat bagian, yaitu:

1. Modul catu daya.
2. Modul *Central Processing Unit* (CPU).
3. Modul program perangkat lunak.
4. Modul I/O.



Gambar 2.1. Sistem PLC.

1.1 Modul Catu Daya

Sistem PLC memiliki dua macam catu daya dibedakan berdasarkan fungsi dan operasinya yaitu catu daya dalam dan catu daya luar. Catu daya dalam merupakan bagian dari unit PLC itu sendiri sedangkan catu daya luar yang memberikan catu daya pada keseluruhan bagian dari sistem termasuk di dalamnya untuk memberikan catu daya dalam dari PLC. Catu daya dalam akan mengaktifkan proses kerja pada PLC. Besarnya tegangan catu daya yang dipakai disesuaikan dengan karakteristik PLC. Bagian catu daya dalam pada PLC sama dengan bagian-bagian yang lain dimana terdapat langsung pada satu unit PLC atau terpisah dengan bagian yang lain.

1.2 Modul *Central Processing Unit* (CPU)

CPU terdiri dari:

1. Mikroprosesor

Merupakan otak dari PLC, yang diifungsikan untuk operasi matematika, operasi logika, mengeksekusikan instruksi program, memproses sinyal I/O, dan berkomunikasi dengan perangkat *external*. Sistem operasi dasar disimpan dalam *Read Only Memory* (ROM). ROM adalah jenis memori yang semi permanen dan tidak dapat diubah dengan pengubah program. Memori tersebut hanya digunakan untuk membaca saja dan jenis memori tersebut tidak memerlukan catu daya cadangan karena isi memori tidak hilang meski catu daya terputus.

2. Memori

Merupakan daerah dari CPU yang digunakan untuk melakukan proses penyimpanan dan pengiriman data pada PLC. Menyimpan informasi digital yang bisa diubah dan berbentuk tabel data, register citra, atau *Relay Ladder Logic* (RLL) yang merupakan program pengendali proses. Untuk pemakaian, pembuatan program perlu disimpan dalam memori yang dapat diubah-ubah dan dihapus yang disebut *Random Access Memory* (RAM) dan disimpan tidak permanen. Jika sumber masukannya hilang maka programnya akan hilang. Selain ROM dan RAM, ada beberapa memori yang sering digunakan oleh PLC antara lain:

- a. *Programmable Read-Only Memory* (PROM) pada dasarnya sama seperti ROM, kecuali pada PROM dapat deprogram oleh *programmer* hanya untuk satu kali.
- b. *Erasable Programmable Read-Only Memory* (EPROM) adalah PROM yang dapat dihapus dengan memberi sinar *ultraviolet* (UV) untuk beberapa menit dan sering disebut UVPROM.
- c. *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory* (EEPROM) mempunyai kelebihan dibandingkan dengan EPROM karena dapat dengan cepat direset dan mudah dihapus.
- d. *Nonvolatile Random Access Memory* (NOVRAM) merupakan jenis memori yang sering digunakan pada CPU PLC. NOVRAM merupakan kombinasi dari EEPROM dengan RAM. Bila catu daya berkurang, maka isi memori RAM disimpan pada EEPROM, sebelum hilang memori dibaca kembali oleh RAM saat catu daya kembali normal.

1.3 Modul Program Perangkat Lunak

Terdapat beberapa bahasa pemrograman standar untuk menuliskan bahasa pemrograman PLC. Menurut *International Electrotechnical Commission* (IEC)—dikenal dengan **IEC 1131-3**—terdapat 5 bahasa pemrograman PLC (Crispin, 1997), yaitu:

1. *Structured text* (ST): sebuah bahasa berbasis teks tingkat tinggi yang serupa Pascal dalam membangun struktur kendali perangkat lunaknya.

2. *Instruction List* (IL): rangkaian instruksi bahasa tingkat rendah berdasarkan *mnemonics* yang sering digunakan untuk perintah utama PLC.
3. *Ladder Diagram* (LD): sebuah bahasa pemrograman tipe grafik yang berkembang dari metode rangkaian logika *relay* listrik dan digunakan di seluruh PLC.
4. *Function Block Diagram* (FBD): sebuah bahasa pemrograman tipe grafik berdasarkan blok-blok fungsi yang dapat digunakan kembali di dalam bagian yang berbeda dalam sebuah aplikasi.
5. *Sequential Function Chart* (SFC): sebuah bahasa tipe grafik untuk membangun sebuah kendali program sekuensial untuk mengendalikan waktu dan keadaan berdasarkan grafik.

Semua bahasa pemrograman tersebut dibuat berdasarkan proses sekuensial yang terjadi di dalam *plant* (sistem yang dikendalikan). Semua instruksi dalam program akan dieksekusi oleh modul CPU, dan penulisan program itu bisa dilakukan pada keadaan *on line* maupun *off line*. Jadi PLC dapat dituliskan program kendali pada saat ia melakukan proses pengendalian sebuah *plant* tanpa mengganggu pengendalian yang sedang berjalan. Eksekusi perangkat lunak tidak akan mempengaruhi operasi I/O yang tengah berlangsung. Dari kelima bahasa pemrograman standar tersebut, yang dapat digunakan pada bahasan ini adalah *Ladder Diagram* (LD) dan *Instruction list* (IL).

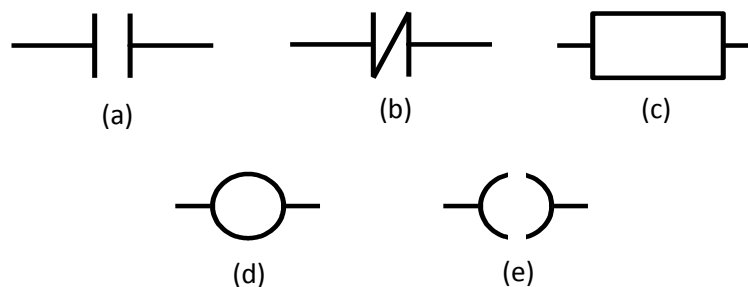
1.3.1 *Ladder Diagram*

Salah satu metode pemrograman PLC yang sangat umum digunakan adalah yang didasarkan pada penggunaan diagram tangga (*Ladder Diagram*). Menuliskan sebuah program, dengan demikian, menjadi sama halnya dengan menggambarkan sebuah rangkaian pensaklaran. Diagram-diagram tangga terdiri dari dua garis vertikal yang merepresentasikan rel-rel daya. Komponen-komponen rangkaian disambungkan sebagai garis-garis horizontal, yaitu anak-anak tangga, di antara kedua garis vertikal ini.

Dalam menggambarkan sebuah diagram tangga, diterapkan konvensi-konvensi tertentu:

1. Garis-garis vertikal diagram merepresentasikan rel-rel daya, dimana di antara keduanya komponen-komponen rangkaian tersambung.
2. Tiap-tiap anak tangga mendefinisikan sebuah operasi dalam proses kendali.
3. Sebuah diagram tangga dibaca dari kiri ke kanan. Anak tangga teratas dibaca dari kiri ke kanan dan demikian seterusnya. Prosedur membaca semua anak tangga program ini disebut sebagai sebuah siklus.
4. Tiap-tiap anak tangga harus dimulai dengan sebuah *input* atau sejumlah *input* dan harus berakhir dengan setidaknya sebuah *output*.
5. Perangkat-perangkat listrik ditampilkan dalam kondisi normalnya. Dengan demikian, sebuah sakelar yang dalam keadaan normalnya terbuka hingga suatu objek menutupnya, diperlihatkan sebagai terbuka pada diagram tangga, demikian pula sebaliknya.

6. Sebuah perangkat tertentu dapat digambarkan pada lebih dari satu anak tangga. Huruf-huruf atau nomor-nomor dipergunakan untuk memberi label bagi perangkat tersebut pada tiap-tiap situasi kendali yang dihadapinya.
7. *Input* dan *output* seluruhnya diidentifikasi melalui alamat-alamatnya, notasi yang dipergunakan bergantung pada pabrikan PLC yang bersangkutan.
8. Pada Gambar 2.2 diperlihatkan simbol-simbol baku yang digunakan untuk perangkat *input* dan *output*. Perhatikan bahwa *input* direpresentasikan oleh hanya dua simbol, yaitu kotak yang secara normal terbuka dan kotak yang secara normal tertutup. Hal ini berlaku untuk perangkat apapun yang tersambung ke PLC. Proses yang dilaksanakan oleh perangkat *input* sama halnya dengan membuka atau menutup sebuah sakelar. *Output* direpresentasikan oleh hanya satu simbol, terlepas dari apapun perangkat *output* yang disambungkan ke PLC.



Keterangan Gambar :

(a) kontak *input* normal-terbuka

(b) kontak *input* normal-tertutup

(c) sebuah instruksi khusus

(d) dan (e) perangkat *output*

Gambar 2.2. Simbol *input* dan *output* Ladder Diagram.

1.4 Modul I/O.

Modul I/O merupakan modul masukan dan modul keluaran yang bertugas mengatur hubungan PLC dengan piranti *external* atau peripheral yang dapat berupa suatu komputer *host*, sakelar-sakelar, unit penggerak motor, dan berbagai macam sumber sinyal yang terdapat dalam *plant*.

1. Modul masukan

Modul masukan berfungsi menerima sinyal dari unit pengindra periperal dan memberikan pengaturan sinyal, terminasi, isolasi, atau indikator sinyal masukan. Sinyal-sinyal piranti periperal itu di-*scan* dan dikomunikasikan melalui modul antarmuka (*interface*) dalam PLC.

Terminal masukan mengirimkan sinyal dari kabel yang dihubungkan dengan masukan sensor dan transduser, pada modul *input* sinyal masukannya dapat berupa sinyal digital maupun analog, sinyal tersebut sangat tergantung dengan perangkat *input* yang digunakan.

2. Modul keluaran

Modul keluaran berfungsi mengaktifasi berbagai macam piranti seperti lampu, motor, tampilan status titik periperal yang terhubung dengan sistem, *conditioning*, terminasi, dan pengisolasian. Pada modul keluaran menyediakan tegangan keluaran untuk aktuator atau indikator alat modul *output*-nya, keluaran PLC dapat berupa sinyal analog atau digital tergantung perangkat *output* yang digunakan.

Dalam penelitian ini penulis akan menggunakan PLC OMRON tipe ZEN-20C1AR-A-V1 yang mempunyai 20 I/O yaitu 12 *inputs* dan 8 *outputs* dengan sumber tegangan 220 VAC dan sumber tegangan *output* 12 VDC. Bahasa pemrograman yang digunakan yaitu *ladder diagram* (diagram tangga).

Pada PLC OMRON tipe ZEN-20C1AR-A-V1 terdapat dua macam pewaktu, yaitu Pewaktu atau *Timer* dan Pewaktu Tahan atau *Holding Timer* dengan perbedaan sebagai berikut:

- a. Pewaktu: Nilai pewaktu saat ini akan di-*reset* saat pewaktu diubah dari *mode RUN* ke *mode STOP* atau catu daya ZEN dimatikan. Terdapat empat macam operasional pewaktu jenis ini, yaitu tundaan *ON*, tundaan *OFF*, pulsa tunggal dan pulsa kedip.
 1. Tundaan *ON* (*ON Delay*): Bit pewaktu terkait akan *ON* setelah sekian waktu yang ditentukan dari saat masukan pemicuan *ON* dan akan *ON* terus selama masukan pemicuan *ON*.
 2. Tundaan *OFF* (*OFF Delay*): Bit pewaktu yang terkait akan *ON* pada saat masukan pemicu *ON*. Saat masukan pemicuan *OFF*, maka bit pewaktu akan *OFF* setelah sekian waktu yang ditentukan.
 3. Pulsa tunggal (*One-shot pulse*): Bit pewaktu akan *ON* hanya selama waktu yang ditentukan mulai dari saat masukan pemicuan *ON* (tidak peduli *ON* hanya sesaat atau lama).

4. Pulsa kedip (*Flashing*): Meng-*ON*-kan dan meng-*OFF*-kan berulang-ulang bit pewaktu selama masukan pemicuan *ON*.
- b. Pewaktu tahan (*Holding Timer*): Nilai pewaktu saat ini akan disimpan walaupun terjadi perubahan *mode RUN* menjadi *STOP* atau catu daya dimatikan. Pewaktuan akan dilanjutkan kembali jika masukan pemicu *ON*, selain itu status *ON* pada bit pewaktu tahan ini akan disimpan jika waktu yang dikehendaki sudah selesai. Bit pewaktu tahan ini hanya bisa beroperasi dengan fungsi tundaan *ON* saja.
- c. Pencacah (*Counter*): terdapat 16 pencacah yang dapat digunakan dalam mode naik (*increment*) maupun turun (*decrement*). Nilai saat ini dari pencacah akan disimpan jika mode operasi *ZEN* diubah atau catu daya dimatikan. Bit pencacah akan *ON* jika nilai cacah sudah melampaui nilai yang ditentukan. Nilai pencacah kembali ke 0 (nol) jika di-*reset*.

Jenis-jenis *counter* antara lain:

1. *Counter up*: yaitu *counter* yang melakukan pencacahan naik (*incremental*).
2. *Counter down*: melakukan pencacahan secara menurun (*decremental*).
3. *Counter set*: *counter* yang setelah aktif maka akan memerintahkan set operasi.
4. *Counter reset*: *counter* yang melakukan operasi *reset*.

PLC OMRON sudah pernah digunakan dalam penelitian yaitu:

Tabel 1. Penelitian Yang Menggunakan PLC Omron Sebagai Pengendali.

No	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Hasil Penelitian
1	Afri Yudamson	2011	Rancang bangun model lift cerdas 3 lantai dengan menggunakan PLC Omron ZEN 20C1AR-A-V2
2	Dedi Rustiawan	2011	Rancang bangun sistem cerdas pintu ruangan berbasis PLC Omron ZEN 10C1AR-A-V1
3	K. Ramdhani	2010	Rancang Bangun Prototipe Sistem Pengendalian Konveyor Penyortiran Dan Pengisian Barang Berbasis PLC. Penelitian ini menggunakan PLC Omron ZEN 10C1AR-A-V1

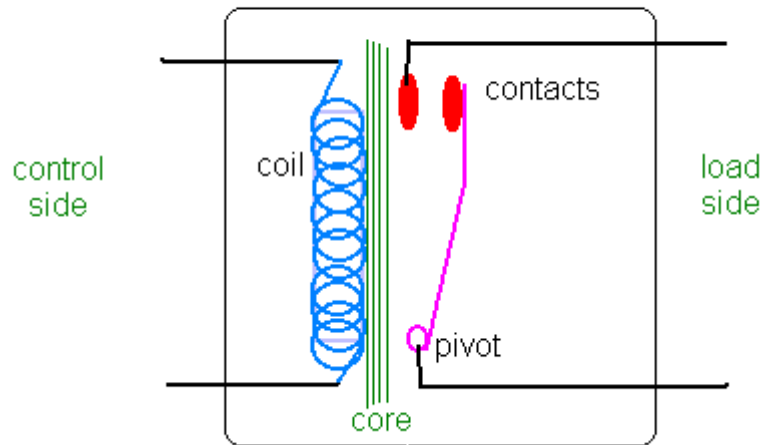
Pada penelitian ini digunakan PLC OMRON tipe ZEN-20C1AR-A-V1 sebagai pengendali utama sistem jendela otomatis dengan menggunakan timer untuk mengatur buka/tutup jendela, sensor cahaya untuk buka/tutup tirai dan hidup/padam lampu dan sensor suhu untuk menyalakan/memadamkan kipas angin.

B. Rele

Rele adalah sakelar elektronik yang dapat membuka atau menutup rangkaian dengan menggunakan kontrol dari rangkaian elektronik lain. Rele dikendalikan oleh arus. Rele memiliki sebuah kumparan tegangan rendah yang dililitkan pada sebuah inti. Ada sebuah armatur besi yang akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir melewati kumparan (Bishop, 2004). Sebuah rele tersusun atas kumparan, pegas, sakelar (terhubung pada pegas) dan 2 kontak elektronik (*normally close* dan *normally open*).

- a. *Normally close* (NC) : saklar terhubung dengan kontak ini saat *relay* tidak aktif atau dapat dikatakan saklar dalam kondisi terbuka.
- b. *Normally open* (NO) : saklar terhubung dengan kontak ini saat *relay* aktif atau dapat dikatakan saklar dalam kondisi tertutup.

Berdasarkan pada prinsip dasar cara kerjanya, rele dapat bekerja karena adanya medan magnet yang digunakan untuk menggerakkan sakelar. Saat kumparan diberikan tegangan sebesar tegangan kerja rele maka akan timbul medan magnet pada kumparan karena adanya arus yang mengalir pada lilitan kawat. Kumparan yang bersifat sebagai elektromagnet ini kemudian akan menarik sakelar dari kontak NC ke kontak NO. Jika tegangan pada kumparan dimatikan maka medan magnet pada kumparan akan hilang sehingga pegas akan menarik saklar ke kontak NC.



Gambar 2.3. Susunan Rele.
Sumber: Bishop, 2004

C. Motor DC

Motor DC (arus searah) adalah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah (DC) menjadi tenaga gerak atau putaran dimana tenaga gerak tersebut berupa putaran rotor. Motor DC umumnya bekerja dengan tegangan rendah. Motor ini biasanya membutuhkan arus beberapa milliampere untuk mengaktifkannya (Bishop, 2004). Motor DC magnet permanen adalah motor yang menggunakan magnet permanen sebagai fluk magnet utama. Sedangkan elektromagnetik digunakan untuk medan sekunder atau fluks jangkar. Motor DC memerlukan suplai tegangan searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor DC disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar).



Gambar 2.4. Motor DC.

Catu tegangan DC menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Spesifikasi dari motor DC 3 V antara lain :

- Range tegangan 1.5 - 6VDC
- 8700+/-12% RPM saat tanpa beban, 5800+/-12% RPM saat efisiensi kecepatan maksimum
- Arus sampai dengan 1,5 A

1.1 Prinsip Dasar Motor DC

Prinsip dasar dari motor arus searah adalah bila sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet (U – S), maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat itu. Arah gerak kawat itu dapat ditentukan dengan Kaidah tangan kiri, yaitu apabila tangan kiri terbuka diletakkan diantara kutub U dan S, sehingga garis-garis gaya yang keluar dari kutub utara menembus telapak tangan kiri

dan arus di dalam kawat mengalir searah dengan arah keempat jari, maka kawat itu akan mendapat gaya yang arahnya sesuai dengan arah ibu jari (Sumanto, 1995).

Kerja motor DC terjadi jika suatu lilitan jangkar dialiri arus listrik searah dengan arah i didalam medan magnet B , maka akan terbangkit gaya F sebesar :

$$F = B.i.l$$

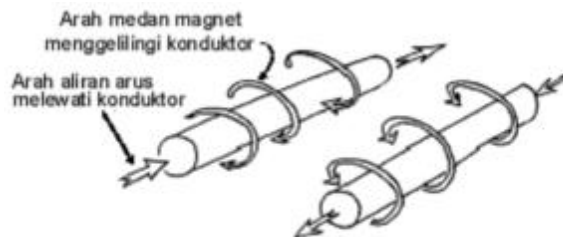
Keterangan:

F = gaya yang dihasilkan motor (N)

B = kuat medan magnet sekitar (T)

i = arus yang mengalir pada kumparan jangkar (A)

l = panjang kumparan (m)



Gambar 2.5. Arah arus dan arah medan magnet.

Sumber: Sumanto, 1995

Persamaan di atas merupakan prinsip dari sebuah motor arus searah, dimana terjadi proses perubahan energi listrik menjadi energi mekanik. Bila jari-jari rotor adalah r , maka torsi yang akan dibangkitkan adalah :

$$T = F.r = B.i.l.r$$

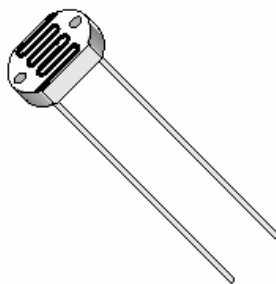
Keterangan:

T = torsi yang dibangkitkan (Nm)

r = jari-jari rotor (m)

D. Sensor Cahaya

Komponen utama dari rangkaian sensor cahaya ini adalah *Light Dependent Resistor* (LDR). LDR atau *light Dependent Resistor* adalah salah satu jenis resistor yang nilai hambatannya dipengaruhi oleh cahaya yang diterima olehnya. Sebuah LDR terdiri dari sebuah piringan semikonduktor dengan dua buah elektroda pada permukaanya. LDR ini memiliki karakteristik bahwa bila ada cahaya yang jatuh padanya maka nilai tahanannya akan berkurang dan akan naik tahanannya apabila intensitas cahayanya berkurang (Bishop, 2004).



Gambar 2.6. *Light Dependent Resistor* (LDR).

LDR akan mempunyai hambatan yang sangat besar saat tidak ada cahaya yang mengenainya (gelap). Dalam kondisi ini hambatan LDR, mampu mencapai $1\text{ M}\Omega$. Akan tetapi saat terkena sinar, hambatan LDR akan turun secara drastis hingga nilai beberapa puluh ohm saja. Dalam aplikasi, dianjurkan untuk mengukur nilai R_{\max} dan R_{\min} dari LDR. Pengukuran R_{\max} dilakukan saat LDR berada pada tempat gelap, sebaliknya pengukuran R_{\min} dilakukan pada tempat terang.

Komparator merupakan rangkaian elektronik yang akan membandingkan suatu *input* dengan referensi tertentu untuk menghasilkan *output* berupa dua nilai (*high* dan *low*). Suatu komparator mempunyai dua masukan yang terdiri dari tegangan acuan ($V_{\text{reference}}$) dan tegangan masukan (V_{input}) serta satu tegangan output (V_{output}). Nilai *low* dan *high* dari keluaran akan ditentukan oleh desain dari komparator itu sendiri. Keadaan *output* ini disebut sebagai karakteristik *output* komparator.

Prinsip kerja dari rangkaian LDR ini adalah LDR akan ditembak cahaya terus menerus, dan apabila keadaan sudah gelap maka nilai tahanan LDR tersebut akan naik dan rangkaian bekerja untuk mengaktifkan rele dan menjadi *input* PLC.

Dipilihnya komponen ini karena mudah didapat dan harganya terjangkau. Sepasang sensor yang berfungsi sebagai pembangkit atau pengendali saklar magnetik pada rele dihubungkan dengan *input* PLC.

E. Sensor Suhu

Sensor suhu bekerja untuk mendeteksi temperatur dari objek dan mengirimkan sinyal tegangan yang sesuai dengan keadaan suhu objek yang dipantau tersebut. Ada empat jenis utama sensor suhu yang biasa digunakan yaitu termocouple, detector suhu tahanan (Resistance Temperature Detector = RTD), termistor dan sensor IC.

IC (Integrated Circuit) adalah rangkaian elektronis lengkap yang dimasukkan dalam satu chip silikon. Walaupun bentuknya biasanya tidak lebih besar dari transistor, IC dapat berisi sedikitnya ratusan atau ribuan transistor, diode, tahanan.

IC LM35 merupakan rangkaian terpadu sensor suhu yang mana tegangan keluarannya berbanding lurus dengan suhu yang ditera dalam satuan derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$). Adapun spesifikasi dari IC LM35 adalah sebagai berikut:

1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam Celcius.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu $0,5^{\circ}\text{C}$ pada suhu 25°C
3. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55°C sampai $+150^{\circ}\text{C}$.
4. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
5. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari $60\ \mu\text{A}$.
6. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (low-heating) yaitu kurang dari $0,1^{\circ}\text{C}$ pada udara diam.
7. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu $0,1\ \text{W}$ untuk beban $1\ \text{mA}$.
8. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$.

