

## BAB II

### LANDASAN TEORI

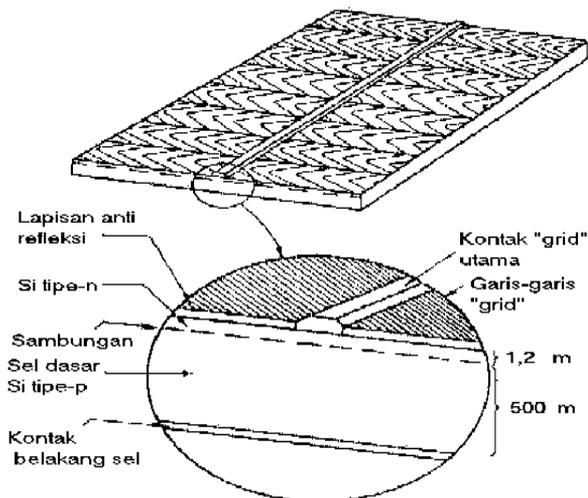
#### 2.1 Energi Solar Surya

Solar Cell yang sering di sebut fotovoltaik adalah perangkat yang mampu mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Pada umumnya, Solar Cell merupakan semi konduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik.

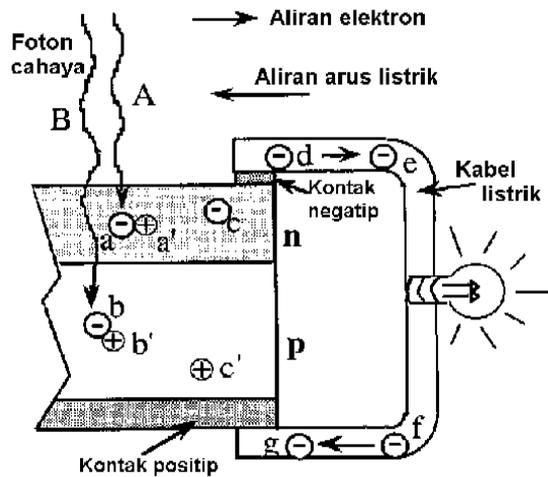
##### 2.1.1 Jenis Sel Surya

Ada 2 jenis sel surya yang beredar di pasaran saat ini, yaitu sel surya jenis kristal dan non-kristal (*amorf*). Untuk sel surya jenis kristal yang paling populer terbuat dari bahan semikonduktor silikon (Si). Sel surya Si kristal terdiri atas kristal tunggal (*monocrystal*), dan kristal jamak (*polycrystal*). Sel surya jenis kristal yang lainnya adalah Galium Arsenide (GaAs). Sel ini sangat langka di pasaran dan tidak populer, karena selain harganya yang mahal, juga penerapannya yang sangat khusus. Pada awal perkembangannya sel ini dibuat untuk keperluan satelit ruang angkasa. Sedangkan sel surya jenis amorf yang terkenal dan tersedia di pasaran adalah silikon amorf (a Si). Sel ini berbentuk lapisan tipis (*thin film*) sehingga mudah dibuat dengan luas permukaan yang lebih lebar. Karena sifatnya sebagai lapisan tipis, maka sel inipun dapat “ditumbuhkan” pada substrat yang rigid ataupun lentur. Jenis sel surya amorf yang lain adalah germanium amorf (a-Ge), Cadmium-Teleride (CdTe), paduan a-SiGe, a-SiC, dll.

Bila ditinjau dari konversi efisiensi energinya, maka sel surya jenis kristal lebih unggul. Sebagai contoh efisiensi sel Si kristal tunggal berkisar antara 18% dan 20%, Si kristal jamak antara 14%-16%. Sedangkan sel surya jenis Si amorf sekitar 6% untuk tipe sambungan tunggal (*singlejunction*), dan sekitar 9%-11% untuk *double* dan *triple-junction*. Dari segi harga, sel Si kristal jamak lebih murah dibandingkan sel Si kristal tunggal, sedangkan sel Si amorf relatif sama harganya dengan Si kristal jamak. Saat ini masyarakat dunia pengguna sel surya lebih memilih sel Si kristal jamak, karena selain faktor harga yang relatif murah, juga umur pakainya (*life time*) yang telah teruji, yakni sekitar 20-25 tahun tanpa mengalami laju degradasi efisiensi yang signifikan.



**Gambar 2.1** Diagram sel surya Si kristal



**Gambar 2.2** Pembangkitan arus listrik (Hans S.Raushenbach, 1980).

Pada Gambar 1. ditunjukkan contoh diagram sel surya Si kristal. Pada permukaan sel terdapat garis-garis *grid* (dari bahan aluminium) yang berfungsi untuk “menangkap” elektron yang dihasilkan oleh sel surya. Selanjutnya elektronelektron dialirkan kekontak *grid* utama yang berfungsi pula sebagai kontak negatif sel. Di bagian bawah garis-garis *grid* terdapat lapisan anti refleksi yang transparan dan konduktif, yang berfungsi untuk menahan sinar matahari yang jatuh pada permukaan sel agar tidak dipantulkan kembali oleh permukaan sel. Lapisan berikutnya adalah Si tipe n, yang “ditumbuhkan” di atas Si tipe-p melalui proses difusi dengan bahan fosfor (P) pada temperatur tinggi. Lapisan Si tipe-n ini sangat tipis sekitar 1,2 m, yang berfungsi menghasilkan elektron-elektron pada saat terkena cahaya matahari. Di bawah lapisan Si tipe-n adalah Si tipe-p yang berfungsi sebagai sel dasar, yakni tempat tumbuhnya lapisan-lapisan di atasnya. Si tipe-p menghasilkan *hole* (istilah muatan positif dalam sel surya) dengan ketebalan sekitar 500 m. Lapisan paling bawah adalah lapisan aluminium

berfungsi sebagai kontak positif sel. Pada Gambar 2. diperlihatkan proses yang disederhanakan dari pembangkitan arus listrik di dalam sel surya. Sebuah lampu disambungkan dengan rangkaian luar yang menghubungkan kontak positif dan negatif sel. Foton-foton dari cahaya yang mempunyai energi berbeda-beda masuk melalui lapisan atas (bahan tipe-n) menuju bahan tipe-p yang lebih tebal pada kedalaman yang berbeda-beda dari permukaan sel. Sebagai contoh, dua buah foton cahaya (yang diberi label A dan B), tepat mengenai elektron-elektron dari atom-atom semikonduktor yang bersangkutan. Foton A mempunyai energi yang lebih besar (panjang gelombang pendek) dari pada foton B. Elektron-elektron tersebut (tanda  $e^-$ , label a dan b) yang terlepas dari atom meninggalkan dua buah kekosongan (*vacancies*) yang dikenal sebagai *hole* (lubang) (tanda  $h^+$ , label a' dan b') pada tempat tumbukan. Kondisi ini dikatakan bahwa foton-foton menghasilkan pasangan-pasangan elektron-*hole*. Elektron-elektron dan *holes* selanjutnya bergerak di dalam semikonduktor oleh pengaruh medan listrik yang terbentuk pada sambungan semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Elektron-elektron bergerak ke arah lapisan tipe-n dan *holes* ke arah lapisan tipe-p. Dengan demikian, struktur lapisan sel surya berkelakuan seperti "pompa" yang memompa elektron-elektron ke dalam kontak-n (elektroda negatif) dan kembali melalui sel surya kontak-p (elektroda positif), sehingga terjadi aliran arus listrik melalui rangkaian luar. Secara konvensional, arus listrik mengalir dengan arah yang berlawanan dengan aliran elektron. Selanjutnya pada antar-muka (*interface*) antara kontak-p dan semikonduktor tipe-p, elektron-elektron bertemu (berekombinasi) dengan *holes* yang mengakibatkan elektron bersatu kembali dengan *hole*. Proses tersebut menjadikannya muatan listrik yang netral, sampai pada suatu saat

mereka dipisahkan kembali menjadi elektron dan *hole* oleh energi cahaya (*foton*) yang berikutnya.

## 2.2 Motor Arus Bolak Balik (AC)

Motor arus bolak-balik (motor AC) ialah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus bolak-balik (listrik AC) menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik berupa putaran daripada rotor. Motor listrik arus bolak-balik dapat dibedakan atas beberapa jenis.

Seperti pada motor DC pada motor AC, arus dilewatkan melalui kumparan, menghasilkan torsi pada kumparan. Sejak saat itu, motor akan berjalan lancar hanya pada frekuensi gelombang sinus. Hal ini disebut motor sinkron. Lebih umum adalah motor induksi, di mana arus listrik induksi dalam kumparan berputar daripada yang diberikan kepada mereka secara langsung.

Prinsip dasar motor dan generator itu sama saja, perubahan fluks medan magnet menimbulkan tegangan.

$$V = -\frac{d\phi}{dt}$$

Prinsip dasar kerja motor listrik adalah :

$$F = B \times i \times l$$

$F$  = gaya,  $l$  = panjang kawat,  $i$  = arus yang mengalir di kawat  $l$ ,  $B$  = fluks medan magnet,  $\times$  operasi cros vector.

Pada motor AC 3-fasa superposisi medan magnet masing-masing fasa menyebabkan terjadi medan putar sebesar

$$n = \frac{120f}{p}$$

( $n$  = putaran rpm,  $f$  = frekwensi,  $p$  = jumlah pole)

Medan putar di stator inilah yang menggerakkan rotor, rotor berusaha mengejar stator, perbedaan putaran di stator dan putaran di rotor ini dinamakan slip.

Pada motor AC 1-fasa (seperti kipas angin) tidak ada medan putar seperti motor 3-fasa. Untuk menimbulkan *slip* (menggerakkan rotor) perlu torsi awal, fungsi kapasitor adalah untuk menimbulkan perbedaan fluks sebagai torsi awal memutar motor. Jadi, kapasitor itu perlunya hanya untuk meng-inisiasi putaran saja, selanjutnya kapasitor tidak berfungsi. (Radita Arindya, 2013: 49)

Torsi ( $T$ ) merupakan nilai momen yang didapat dari hasil perkalian antara gaya  $F$  (newton) dengan panjang lengan  $L$  (meter). Sehingga diturunkan persamaan torsi ( $T$ ) menjadi sbb:

$$T = F \cdot L \text{ (Nm)}$$

Perhitungan torsi bila diketahui daya dan putaran motor:

$$T = \frac{5250 \cdot P}{n}$$

T = Torsi

P = Daya (HP)

N = Kecepatan putar motor (rpm)

$$1 \text{ Lb ft} = 0,1383 \text{ kgm} = 1,305 \text{ Nm}$$

$$1 \text{ kgm} = 7,233 \text{ Lb ft} = 9,807 \text{ Nm}$$

### 2.3 SLIP Pada Motor

Berubah – ubahnya kecepatan motor induksi ( $n_r$ ) mengakibatkan berubahnya harga *slip* dari 100% pada saat start sampai 0% pada saat motor diam ( $n_r = n_s$ ). Hubungan frekuensi dengan slip dapat dilihat sebagai berikut: bila  $f_1 =$  frekuensi arus rotor

$$f_2 = \frac{n_s - n_r}{120}$$

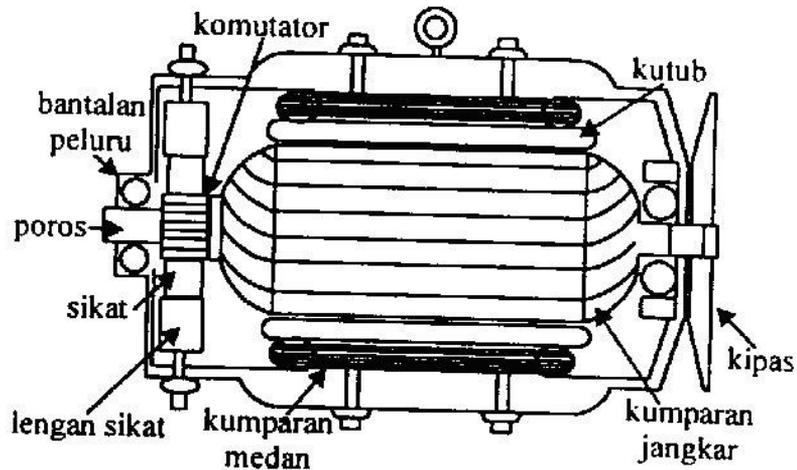
Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor, yang oleh karenanya akan memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi, bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun. dikenal dua tipe motor induksi, yaitu motor induksi dengan rotor belitan dan motor induksi dengan rotor sangkar. ( dasar teknik tenaga listrik dan elektronika daya/oleh zuhal. – Jakarta : Gramedia, 1988. )

### 2.4 Motor Listrik DC

Motor arus searah adalah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah ( Listrik DC ) menjadi tenaga gerak atau mekanik, dimana tenaga gerak tersebut berupa putaran dari pada motor.

Dalam kehidupan kita sehari – hari motor DC dapat kita lihat pada motor starter mobil, pada tape recorder, pada mainan anak–anak dan pada pabrik–pabrik motor DC digunakan untuk traksi, elevator, conveyor, dan sebagainya. dimana tidak ada perbedaan konstruksi antara motor DC dan generator DC .

### 2.4.1 Komponen Utama Motor DC



**Gambar 2.3** Bagian motor DC

#### 1) Kutub medan magnet

Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC mempunyai kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi akan membesar melintasi bukan berada diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari luar sistem sebagai penyedia struktur medan.

## 2) Kumparan motor DC

Bila arus masuk menuju dinamo, maka arus tersebut akan menjadi elektromagnet. Dinamo yang berbentuk sebuah silinder dihubungkan ke penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub - kutub, hingga kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub - kutub utara dan selatan dinamo.

## 3) Commutator Motor DC

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Commutator memiliki fungsi untuk membalikan arah arus listrik dalam dinamo. Commutator juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.

### **2.4.2 Kelebihan Motor DC**

Keuntungan utama motor DC adalah sebagai pengendali kecepatan motor DC tersebut, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur:

1. Tegangan kumparan motor DC berfungsi meningkatkan tegangan kumparan motor DC akan meningkatkan kecepatan.
2. Arus medan berfungsi menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

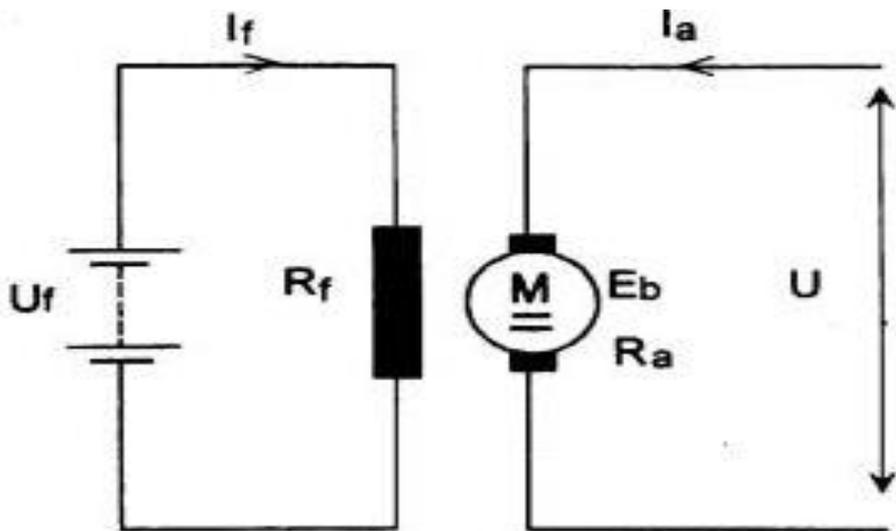
Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang seperti peralatan mesin dan rolling

mills, sebab sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya sebab resiko percikan api pada sikatnya.

### 2.4.3 Jenis – jenis Motor DC

#### 1) Motor DC sumber daya terpisah/ *separately excited*

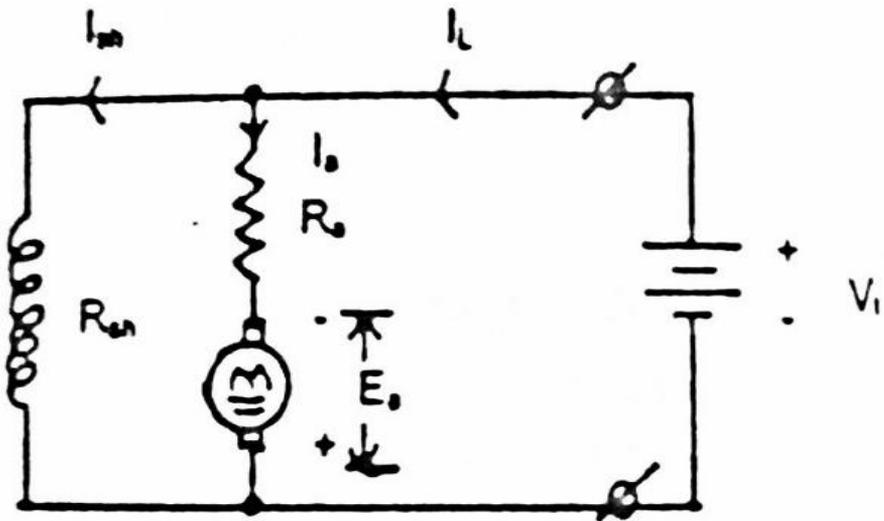
Jika arus medan dipasok dari sumber terpisah maka disebut motor DC sumber daya terpisah / *separately excited*.



**Gambar 2.4** Motor DC sumber daya terpisah

2) Motor DC sumber daya sendiri/ *self excited*: motor shunt

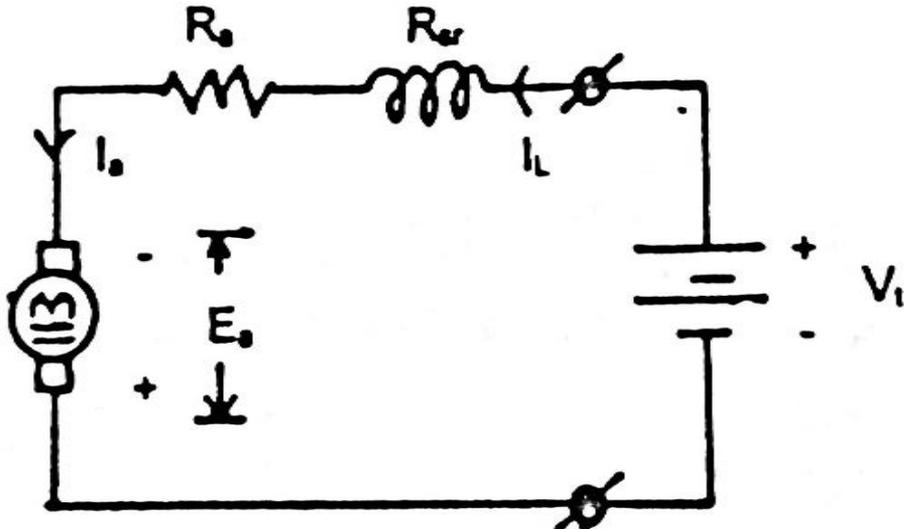
Pada motor shunt, gulungan medan (medan shunt) disambungkan secara parallel dengan gulungan kumparan motor DC.



Gambar 2.5 Motor DC sumber daya sendiri

### 3) Motor DC daya sendiri: motor seri

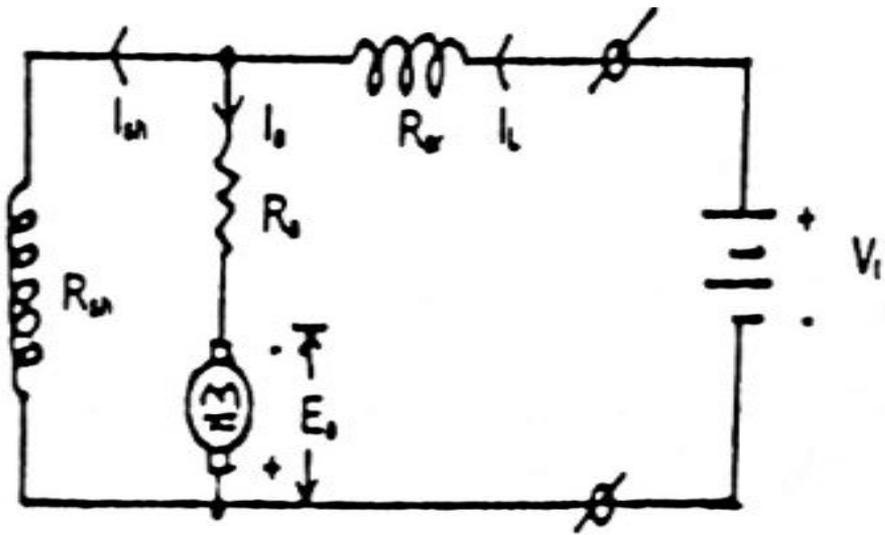
Dalam motor seri, gulungan medan atau medan shunt dihubungkan secara seri dengan gulungan kumparan motor DC.



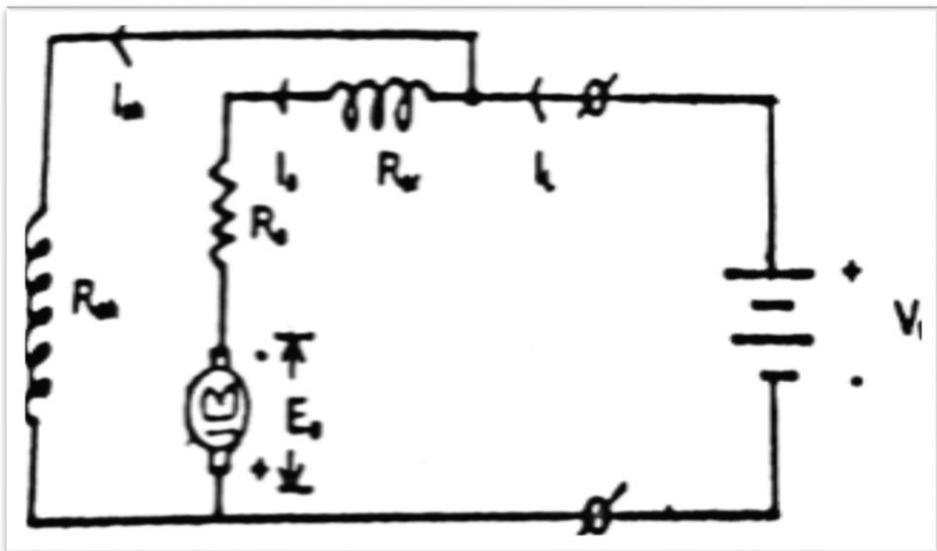
**Gambar 2.6** Motor DC daya sendiri: motor seri

### 4) Motor DC kompon/ Gabungan

Motor Kompon DC adalah gabungan dari motor seri dan motor shunt. Pada motor kompon, gulungan medan atau medan shunt dihubungkan secara paralel dan juga seri dengan gulungan kumparan motor DC.



Gambar 2.7 Motor DC kompon pendek



Gambar 2.8 Motor DC kompon panjang

## 2.5 Motor Listrik 3 Fasa

Motor listrik 3 fasa adalah motor yang bekerja dengan memanfaatkan perbedaan fasa pada sumber untuk menimbulkan gaya putar pada bagian rotornya. Perbedaan fasa pada motor 3 phase didapat langsung dari sumber. Hal tersebut yang menjadi pembeda antara motor 1 fasa dengan motor 3 fasa.

Secara umum, motor 3 fasa memiliki dua bagian pokok, yakni stator dan rotor. Bagian tersebut dipisahkan oleh celah udara yang sempit atau yang biasa disebut dengan air gap. Jarak antara stator dan rotor yang terpisah oleh air gap sekitar 0,4 milimeter sampai 4 milimeter.

Terdapat dua tipe motor 3 fasa jika dilihat dari lilitan pada rotornya, yakni rotor belitan (wound rotor) dan rotor sangkar tupai (squirrel-cage rotor). Motor 3 fasa rotor belitan (wound rotor) adalah tipe motor induksi yang lilitan rotor dan statornya terbuat dari bahan yang sama.

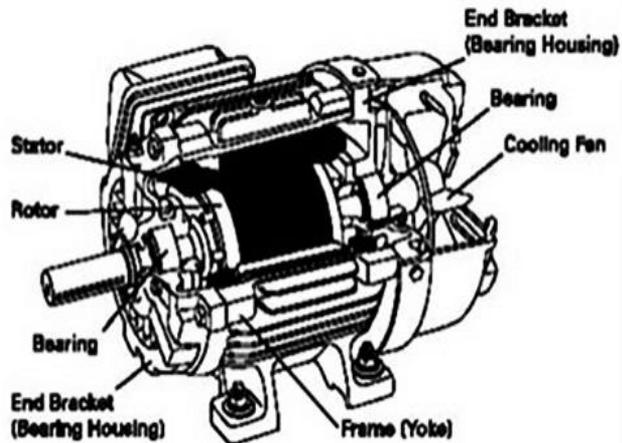
Sedangkan motor 3 fasa rotor sangkar tupai (squirrel-cage rotor) adalah tipe motor induksi yang konstruksi rotornya tersusun dari beberapa batangan logam yang dimasukkan melewati slot-slot yang ada pada rotor motor, kemudian pada setiap bagiannya disatukan oleh cincin. Akibat dari penyatuan tersebut, terjadi hubungan singkat antara batangan logam dengan batangan logam yang lainnya.

## Kelebihan

- Konstruksi motor terbilang sangat kuat dan sederhana
- Harga motor relatif murah dengan ketahanan tinggi
- Effisiensi relatif tinggi pada saat keadaan normal
- Biaya pemeliharaan relatif rendah

## Kekurangan

- Kecepatan sulit dikontrol
- Arus start besar, yakni 5 sampai 7 kali dari arus nominal
- Power faktor yang rendah pada beban ringan



**Gambar 2.9** Bagian motor 3 fasa

## 2.6 Relay

### 2.6.1 Pengertian Relay



**Gambar 2.10** Relay

Relay adalah komponen elektronika yang berupa saklar atau switch elektrik yang dioperasikan menggunakan listrik. Relay juga biasa disebut sebagai komponen electromechanical atau elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama yaitu coil atau elektromagnet dan kontak saklar atau mekanikal.

Komponen relay menggunakan prinsip elektromagnetik sebagai penggerak kontak saklar, sehingga dengan menggunakan arus listrik yang kecil atau low power, dapat menghantarkan arus listrik yang memiliki tegangan lebih tinggi.

## **2.6.2 Fungsi Relay**

Seperti yang telah di jelaskan tadi bahwa relay memiliki fungsi sebagai saklar elektrik, namun jika di aplikasikan ke dalam rangkaian elektronika, relay memiliki beberapa fungsi yang cukup unik. Berikut beberapa fungsi saat di aplikasikan ke dalam sebuah rangkaian elektronika.

- 1) Mengendalikan sirkuit tegangan tinggi dengan menggunakan bantuan signal tegangan rendah.
- 2) Menjalankan logic function atau fungsi logika.
- 3) Memberikan time delay function atau fungsi penundaan waktu.
- 4) Melindungi motor atau komponen lainnya dari korsleting atau kelebihan tegangan

## **2.7 Teori Sensor Cahaya, Sensor Hujan, Sensor Suhu**

### **2.7.1 Sensor Cahaya (Light Dependent Resistor)**

Sensor Light Dependent Resistor adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi dan mengetahui magnitude tertentu. Sensor merupakan jenis transduser yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor memegang peranan penting dalam mengendalikan proses pabrikan modern.

Sensor yang sering digunakan dalam berbagai rangkaian elektronik salah satunya adalah sensor cahaya (LDR). Sensor cahaya adalah alat yang digunakan dalam bidang elektronika yang berfungsi untuk mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Sensor cahaya LDR (Light

Dependent Resistor) merupakan suatu jenis resistor yang peka terhadap cahaya. Nilai resistansi LDR akan berubah-ubah sesuai dengan intensitas cahaya yang diterima. Jika LDR tidak terkena cahaya maka nilai tahanan akan menjadi besar (sekitar  $10\text{M}\Omega$ ) dan jika terkena cahaya nilai tahanan akan menjadi kecil (sekitar  $1\text{k}\Omega$ ).

Cara kerja dari sensor ini adalah mengubah energi dari foton menjadi elektron, umumnya satu foton dapat membangkitkan satu elektron. Sensor ini mempunyai kegunaan yang sangat luas salah satu yaitu sebagai pendeteksi cahaya pada tirai otomatis. Beberapa komponen yang biasanya digunakan dalam rangkaian sensor cahaya adalah LDR (Light Dependent Resistor), Photodiode, dan Photo Transistor.



**Gambar 2.11** Sensor cahaya (LDR)

Salah satu komponen yang menggunakan sensor adalah LDR (Light Dependent Resistor), adalah suatu komponen elektronika yang memiliki hambatan yang dapat berubah sesuai perubahan intensitas cahaya, resistensi dari LDR akan menurun jika ada penambahan intensitas cahaya yang mengenainya.

Pada dasarnya komponen ini merupakan suatu resistor yang memiliki nilai hambatan bergantung pada jumlah cahaya yang jatuh pada permukaan

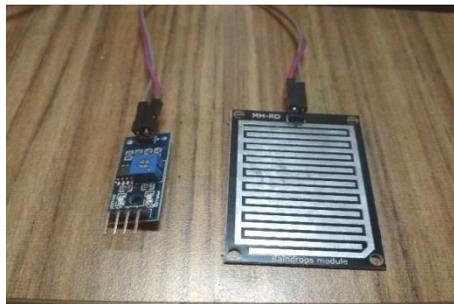
sensor tersebut. LDR dapat dibuat dari semikonduktor beresistensi tinggi yang tidak dilindungi dari cahaya. Jika cahaya yang mengenainya memiliki frekuensi yang cukup tinggi, foton yang diserap oleh semikonduktor akan menyebabkan elektron memiliki energi yang cukup untuk meloncat ke pita konduksi. Elektron bebas yang dihasilkan dan pasangan lubangnya akan mengalirkan listrik, sehingga menurunkan resistansinya. Komponen yang menggunakan sensor cahaya berikutnya adalah Photo Transistor, secara sederhana adalah sebuah transistor bipolar yang memakai kontak (junction) base-collector yang menjadi permukaan agar dapat menerima cahaya sehingga dapat digunakan menjadi konduktivitas transistor.

Secara lebih detail Photo Transistor merupakan sebuah benda padat pendeteksi cahaya yang memiliki gain internal. Hal ini yang membuat foto transistor memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan photodiode / foto diode, dalam ukuran yang sama. Alat ini dapat menghasilkan sinyal analog maupun sinyal digital. Photo Transistor sejenis dengan transistor pada umumnya, bedanya pada Photo Transistor dipasang sebuah lensa pemfokus sinar pada kaki basis untuk memfokuskan sinar jatuh pada pertemuan PN.

### 2.7.2 Sensor Hujan (Rain Drop)

Sama halnya seperti sensor cahaya, sensor air hujan juga digunakan untuk mendeteksi dan mengetahui magnitudo tertentu. Sensor air hujan dibuat dengan memanfaatkan konduktivitas air hujan sehingga apabila bagian tersebut terkena air hujan, maka rangkaian akan tersambung (sensor aktif). Pada saat air hujan mengenai panel sensor, maka akan terjadi proses elektrolisis oleh air tersebut karena air termasuk kedalam cairan elektrolit yaitu cairan yang dapat menghantarkan arus listrik. Sensor air ini dibuat menggunakan papan PCB yang jalurnya berkeluk-luk, agar air yang mengenai jalur tersebut dapat menyatu dan menghantarkan arus listrik. Sensor air hujan berfungsi untuk memberikan nilai masukan pada tingkat elektrolisis air, dimana air akan menyentuh ke panel sensor air.

Untuk menghindari karat atau tertutup kotoran yang menyebabkan sensor tidak bekerja, jalur tersebut harus dilapisi timah atau apa saja yang dapat menyatu



**Gambar 2.12** PCB Rangkaian Sensor Air

### 2.7.3 Sensor Suhu (Thermostat)

Thermostat adalah suatu alat yang dapat memutuskan dan menyambungkan arus listrik pada saat mendeteksi perubahan suhu di lingkungan sekitarnya sesuai dengan pengaturan suhu yang ditentukan. Thermostat Elektronik menggunakan komponen-komponen elektronika untuk mendeteksi perubahan suhunya.

Prinsip Kerja Thermostat Elektronik ini sedikit berbeda dengan Prinsip Kerja Thermostat Bi-Metal yang menggunakan konsep Elektro-Mekanikal . Thermostat Elektronik pada dasarnya berbentuk rangkaian elektronika yang terdiri dari berbagai komponen-komponen elektronika. Komponen utama untuk mendeteksi perubahan suhu adalah Thermistor yaitu resistor yang nilai hambatannya dapat dipengaruhi oleh suhu (Temperature) sekitarnya.

Pada saat Thermistor mendeteksi adanya suhu tinggi, resistansi atau hambatan Thermistor juga akan berubah sehingga rangkaian elektronikanya akan memutuskan hubungan listrik ke system pemanas ataupun pendingin yang terhubung tersebut. Pada saat Thermistor menjadi dingin kembali, resistansi pada thermistor tersebut juga akan berubah menjadi normal kembali sehingga rangkaian elektronika yang berfungsi sebagai pengendali tersebut akan kembali menyambung aliran arus listrik ke sistem pemanas dan pendingin sehingga menjadi ON kembali. Kelebihan dari Thermostat Elektronik ini adalah lebih hemat energi dan mencegah pemborosan pada penggunaan listrik. Thermostat jenis ini dapat diprogram sehingga kita dapat melakukan pengaturan suhu sesuai dengan periode yang kita inginkan.



**Gambar 2.13** PCB Rangkaian Sensor Suhu (thermostat)

## **2.8 Programmable Logic Controller (PLC)**

### **2.8.1 Pengertian PLC ( Programmable Logic Controller )**

*Programmable Logic Controller* (PLC) adalah alat elektronik yang mudah digunakan dan memiliki fungsi kendali untuk berbagai tipe yang beraneka ragam tingkat kesulitannya.

Definisi *Programmable Logic Controller* Menurut Setiawan (2006) *Programmable Logic Controller* (PLC) adalah suatu alat yang digunakan untuk menggantikan rangkaian sederetan relay yang dijumpai pada sistem kontrol konvensional. PLC bekerja secara digital memiliki memory yang dapat diprogram untuk melakukan fungsi – fungsi khusus seperti logika, kerja berurutan (*sequencing*), perwaktuan (*timing*), dan operasi aritmatik untuk mengontrol motor atau proses melalui modul-modul I/O digital. PLC dapat beroperasi pada sistem yang memiliki input atau output dimana menghasilkan on atau off. Input PLC yang digunakan oleh penulis adalah sensor, saklar atau tombol yang menghasilkan input digital, sedangkan outputnya berupa motor yang berdasarkan hasil on atau off saja.

Untuk aplikasi PLC yang digunakan oleh penulis sebagai berikut :

1. Sistem kontrol untuk atap otomatis
2. Sistem kontrol untuk alas krupuk otomatis

### **2.8.2 Konsep PLC ( Programmable Logic Controller )**

Konsep dari PLC sesuai dengan namanya adalah sebagai berikut :

*Programmable* : menunjukkan kemampuan yang dapat dengan mudah diubah-ubah sesuai program yang dibutuhkan dan kemampuannya dalam hal memori program yang telah dibuat.

*Logic* : menunjukkan kemampuannya dalam proses input secara aritmetik, yaitu melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalihkan, membagi, mengurangi dan negasi.

*Contoller* : menunjukkan kemampuannya dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan output yang diinginkan.

### **2.8.3 Fungsi PLC ( Programmable Logic Controller )**

Fungsi dan kegunaan dari PLC dapat dikatakan hampir tidak terbatas. Secara umum fungsi dari PLC adalah sebagai berikut :

#### **1. Kontrol Sekuensial**

PLC memproses input sinyal biner menjadi output yang digunakan untuk keperluan pemrosesan teknik secara berurutan (*sekuensial*), disini PLC menjaga agar semua step atau langkah dalam proses sekuensial berlangsung dalam urutan yang tepat.

#### **2. Monitoring Plant**

PLC secara terus menerus memonitor suatu sistem (temperature suhu) dan mengambil tindakan yang diperlukan sehubungan dengan proses yang dikontrol (nilai sudah memenuhi batasan yang ditentukan) atau menampilkan pesan tersebut ke operator.

#### **2.8.4 Kelebihan PLC dibanding dengan Kendali Konvensional**

Menurut Suhendar (2005), sebagai salah satu alat kontrol yang dapat diprogram, PLC memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan alat kontrol konvensional. Perbedaan dan kelebihan PLC dibandingkan dengan sistem konvensional, terletak pada hal berikut ini :

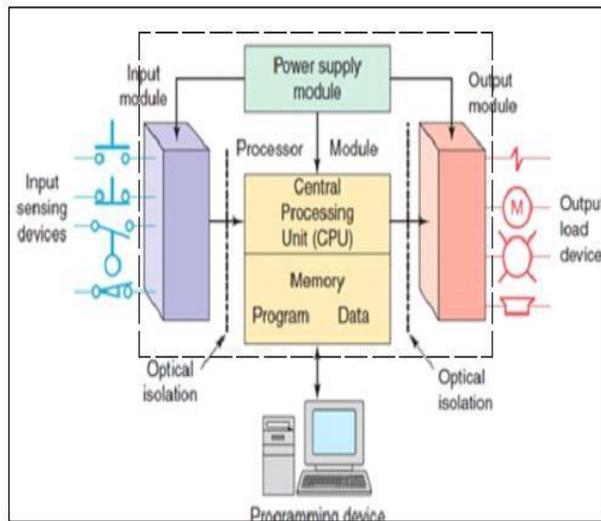
##### **A. Sistem PLC Mempunyai Sifat :**

1. Sistem wiringnya relatif sedikit.
2. Sparepartnya mudah didapat.
3. Sistem maintenance lebih mudah dan sederhana.
4. Pelacakan sistem, kesalahan sistem lebih sederhana.
5. Hanya memerlukan daya yang rendah.
6. Dokumentasi gambar sistem lebih sederhana dan mudah dimengerti.

##### **B. Panel Kontrol Sistem Konvensional**

1. Sistem wiringnya lebih kompleks
2. Sparepartnya sulit didapat.
3. Sistem maintenance membutuhkan waktu lebih lama.
4. Pelacakan kesalahan sistem yang terjadi sangat kompleks.
5. Daya yang dibutuhkan relatif besar.
6. Dokumentasi gambar relatif lebih banyak.

### 2.8.5 Bagian-bagian dari PLC ( Programmable Logic Controller )



**Gambar 2.14** Bentuk bagian-bagian dari PLC

Didalam gambar 2.14 PLC mempunyai bagian-bagian agar menjadi alat pengontrol suatu sistem.

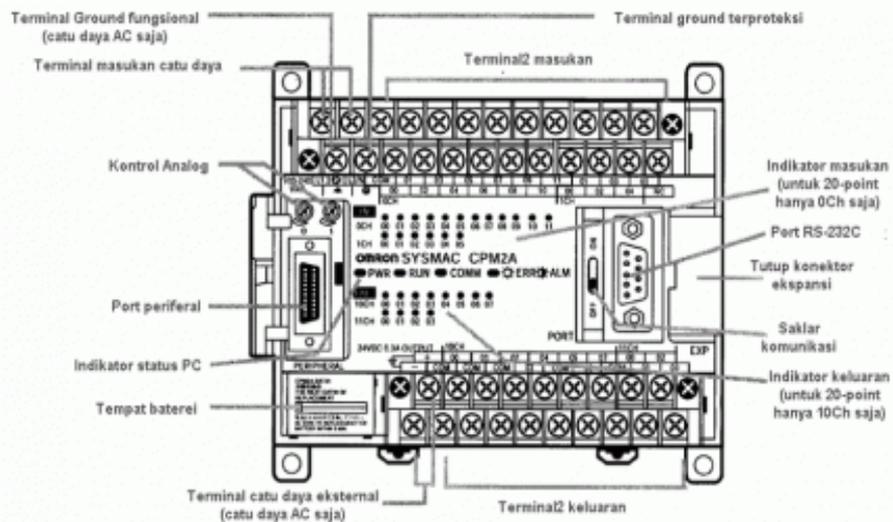
Bagian-bagian PLC dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Modul Input
2. Modul Proses
3. Modul Output

### 2.8.6 Sistem PLC terdiri dari lima bagian pokok, yaitu:

Central processing unit (CPU). Bagian ini merupakan otak atau jantung PLC, karena bagian ini merupakan bagian yang melakukan operasi / pemrosesan program yang tersimpan dalam PLC. Disamping itu CPU juga melakukan pengawasan atas semua operasional kerja PLC, transfer informasi melalui internal bus antara PLC, memory dan unit I/O.

### 2.8.7 Bagian PLC ini antara lain adalah :



**Gambar 2,15** Bagian PLC

- Power Supply, power supply mengubah suplai masukan listrik menjadi suplai listrik yang sesuai dengan CPU dan seluruh komputer.
- Alterable Memory, terdiri dari banyak bagian, intinya bagian ini berupa chip yang isinya di letakkan pada chip RAM (Random Access Memory), tetapi isinya dapat diubah dan dihapus oleh pengguna / pemrogram. Bila tidak ada suplai listrik ke CPU maka isinya akan hilang, oleh sebab itu bagian ini disebut bersifat volatile, tetapi ada juga bagian yang tidak bersifat volatile.
- Fixed Memory, berisi program yang sudah diset oleh pembuat PLC, dibuat dalam bentuk chip khusus yang dinamakan ROM (Read Only Memory), dan tidak dapat diubah atau dihapus selama operasi CPU, karena itu bagian ini sering dinamakan memori non-volatile yang tidak akan terhapus isinya walaupun tidak ada listrik yang masuk ke dalam CPU. Selain itu dapat juga

ditambahkan modul EEPROM atau Electrically Erasable Programmable Read Only Memory yang ditujukan untuk back up program utama RAM prosesor sehingga prosesor dapat diprogram untuk meload program EEPROM ke RAM jika program di RAM hilang atau rusak.

- Processor, adalah bagian yang mengontrol supaya informasi tetap jalan dari bagian yang satu ke bagian yang lain, bagian ini berisi rangkaian clock, sehingga masing-masing transfer informasi ke tempat lain tepat sampai pada waktunya.
- Battery Backup, umumnya CPU memiliki bagian ini. Bagian ini berfungsi menjaga agar tidak ada kehilangan program yang telah dimasukkan ke dalam RAM PLC jika catu daya ke PLC tiba-tiba terputus.
- Modul input / output (I/O). Input merupakan bagian yang menerima sinyal elektrik dari sensor atau komponen lain dan sinyal itu dialirkan ke PLC untuk diproses. Ada banyak jenis modul input yang dapat dipilih dan jenisnya tergantung dari input yang akan digunakan. Jika input adalah limit switches dan pushbutton dapat dipilih kartu input DC. Modul input analog adalah kartu input khusus yang menggunakan ADC (Analog to Digital Conversion) dimana kartu ini digunakan untuk input yang berupa variable seperti temperatur, kecepatan, tekanan dan posisi. Pada umumnya ada 8-32 input point setiap modul inputnya. Setiap point akan ditandai sebagai alamat yang unik oleh prosesor. Output adalah bagian PLC yang menyalurkan sinyal elektrik hasil pemrosesan PLC ke peralatan output. Besaran informasi / sinyal elektrik itu dinyatakan dengan tegangan listrik antara 5 – 15 volt DC dengan informasi diluar sistem tegangan yang bervariasi antara 24 – 240 volt DC maupun AC. Kartu output biasanya mempunyai 6-32 output point dalam sebuah single module. Kartu output analog adalah tipe khusus dari

modul output yang menggunakan DAC (Digital to Analog Conversion). Modul output analog dapat mengambil nilai dalam 12 bit dan mengubahnya ke dalam signal analog. Biasanya signal ini 0-10 volts DC atau 4-20 mA. Signal Analog biasanya digunakan pada peralatan seperti motor yang mengoperasikan katup dan pneumatic position control devices. Bila dibutuhkan, suatu sistem elektronik dapat ditambahkan untuk menghubungkan modul ini ke tempat yang jauh. Proses operasi sebenarnya di bawah kendali PLC mungkin saja jaraknya jauh, dapat saja ribuan meter.

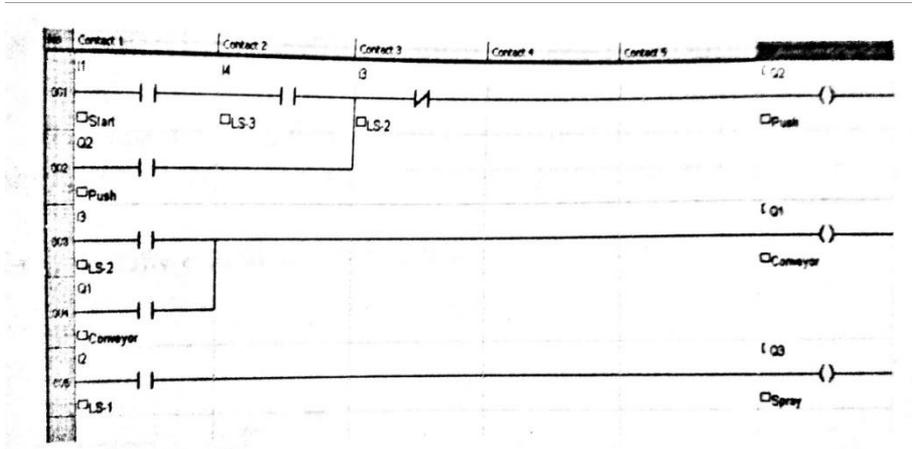
- **Printer.** Alat ini memungkinkan program pada CPU dapat di printout atau dicetak. Informasi yang mungkin dicetak adalah diagram ladder, status register, status dan daftar dari kondisi-kondisi yang sedang dijalankan, timing diagram dari kontak, timing diagram dari register, dan lain-lain. Programmer / monitor (PM). Pemrograman dilakukan melalui keyboard sehingga alat ini dinamakan Programmer. Dengan adanya Monitor maka dapat dilihat apa yang diketik atau proses yang sedang dijalankan oleh PLC. Bentuk PM ini ada yang besar seperti PC, ada juga yang berukuran kecil yaitu hand-eld programmer dengan jendela tampilan yang kecil, dan ada juga yang berbentuk laptop. PM dihubungkan dengan CPU melalui kabel. Setelah CPU selesai diprogram maka PM tidak dipergunakan lagi untuk operasi proses PLC, sehingga bagian ini hanya dibutuhkan satu buah untuk banyak CPU.

- **The Program Recorder / Player.**Alat ini digunakan untuk menyimpan program dalam CPU. Pada PLC yang lama digunakan tape, sistem floppy disk. Sekarang ini PLC semakin berkembang dengan adanya hard disk yang digunakan untuk pemrograman dan perekaman. Program yang telah direkam

ini nantinya akan direkam kembali ke dalam CPU apabila program aslinya hilang atau mengalami kesalahan.

Untuk operasi yang besar, kemungkinan lain adalah menghubungkan CPU dengan komputer utama (master computer) yang biasanya digunakan pada pabrik besar atau proses yang mengkoordinasi banyak Sistem PLC

### 2.8.8 Ladder Diagram PLC



Gambar 2.16 Ladder Diagram PLC

### 2.8.9 Jenis-jenis Modul Input

#### a. Modul Input

Modul input adalah komponen yang dihubungkan dengan PLC berguna memberi perintah ke PLC. Berikut ini jenis-jenis input PLC :

#### 1. Switch dan pushbutton

Saklar tombol sering dinamakan tombol tekan (pushbutton), ada 2 macam yaitu tombol tekan normally open (NO) dan tombol tekan normally close (NC). Kontruksi tombol tekan ada beberapa jenis. Yaitu jenis tunggal ON

dan OFF dibuat secara terpisah dan ada juga yang dibuat satu tempat. Jenis ini merupakan satu tombol yang dapat on dan off tergantung keinginan penggunaannya. Tombol tekan tunggal terdiri dari dua terminal, sedang tombol tekan ganda terdiri dari empat terminal. Pada dasarnya saklar mempunyai fungsi hidup / mati (on/off) dalam berbagai cara berbeda, tapi tiap saklar mempunyai tugas sama, yakni membuka dan menutup sirkuit listrik

Beberapa saklar yang melakukan kontak berbeda dan dinamakan sesuai dengan bentuk, fungsi dan atau cara beroperasinya misalnya tombol atau kancing-tekan (push button) adalah saklar yang beroperasi dengan cara ditekan, dan bisa melakukan dua fungsi berbeda, yakni menutup sirkuit bila ditekan atau justru membuka sirkuit bila ditekan. Jika tekanan dilepaskan atau terjadi tekanan berikutnya, maka menormalkan kembali tombol ke posisi semula dan sirkuit kembali status semula. Komponen tersebut harus mempunyai tanda/warna yang sesuai, misalnya tombol warna merah untuk mematikan (off), tombol warna hijau untuk menghidupkan (on), sehingga mempermudah petugas pelayanan.



**Gambar 2.17** Push Button



**Gambar 2.18** Limit Switch

## 2. Modul Proses

Modul proses dari PLC dinamakan juga CPU PLC, CPU ini dapat digambarkan seperti kumpulan ribuan relay, tetapi bukan berarti didalamnya terdapat banyak relay dalam ukuran yang sangat kecil melainkan didalam PLC berisi rangkaian elektronika digital yang dapat difungsikan seperti *contact* NO dan *contact* NC relay. Bedanya dengan relay bahwa satu nomor *contact* relay (NO/NC) dapat digunakan berkali-kali untuk semua instruksi dasar selain instruksi OUTPUT. Jadi dapat dikatakan bahwa dalam satu pemograman PLC tidak diizinkan menggunakan output dengan *contact* yang sama.

## 3. Modul Output

Berfungsi untuk mengubah besaran elektris yaitu data elektris hasil proses CCU menjadi besaran fisis. Modul output ini dapat berupa :

- a. Lampu, mengubah besaran elektris menjadi optis/cahaya
- b. Buzzer atau speaker, mengubah besaran elektris menjadi gelombang suara
- c. Motor DC, mengubah besaran elektris menjadi energy gerak

Tidak seperti speaker yang menggunakan tegangan AC, Buzzer hanya menerima tegangan DC, buzzer dikendalikan logika 1 (*high*) atau 0 (*low*), jika 1 atau diberi tegangan maka bunyi dan 0 atau tegangan tidak diberi tegangan maka tidak bunyi.