

## BAB II

### DASAR TEORI

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

PLC adalah alat yang digunakan untuk menggantikan rangkaian relai yang dijumpai pada sistem kontrol proses konvensional. PLC bekerja dengan cara menerima masukan, melakukan proses dan melakukan tindakan sesuai yang dibutuhkan sebagai saklar. PLC dirancang untuk dapat beroperasi secara digital dengan menggunakan memori sebagai media penyimpanan instruksi internal untuk menjalankan fungsi logika. Fungsi logika yang dijalankan PLC seperti fungsi pencacah, fungsi urutan poses, fungsi pewaktu dan fungsi lainnya dengan cara memprogramnya.

Karakter proses yang dikendalikan oleh PLC sendiri merupakan proses yang sifatnya bertahap, yaitu proses yang berjalan secara urut untuk mencapai kondisi akhir yang diharapkan. Dengan kata lain proses tersebut terdiri beberapa sub-proses, sehingga sub-proses tertentu akan berjalan sesudah sub-proses sebelumnya. Proses ini disebut proses sekuensial (*Sequence Process*).

Selanjutnya PLC dikembangkan kemampuannya dalam mengubah data dengan menambahkan beberapa macam modul tambahan seperti pengubah sinyal analog ke digital (ADC) dan pengubah sinyal digital ke analog (DAC). Dengan ditambahkan modul ADC dan DAC, PLC mampu mengambil dan mengeluarkan sinyal analog untuk pengendalian.

PLC dirancang untuk beroperasi dilingkungan industri yang keras dan berat.

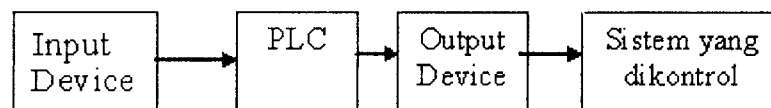
Beberapa syarat yang harus dipenuhi PLC, adalah sebagai berikut :

1. Mampu bekerja pada daerah suhu yang lebar ( $0^{\circ} - 60^{\circ}$ ).
2. Kemasannya kuat dan tertutup.
3. Kebal terhadap gangguan efek kemagnetan dan kelistrikan.
4. Tahan debu dan kotor.
5. Tahan terhadap getaran.
6. Tahan terhadap turun naiknya tegangan dan memorinya diback-up baterai.
7. Dapat diprogram dengan gerbang-gerbang logika, diagram *ladder*, atau kode mnemonik.

PLC dapat digunakan untuk mengendalikan peralatan-peralatan ataupun mesin-mesin pada proses produksi diberbagai industri yang memerlukan kendali otomatis.

### 2.1.1. Prinsip Kerja PLC

Pada dasarnya PLC bekerja dengan cara menerima masukan data-data dari luar PLC yang nantinya akan diolah oleh CPU dan akan menghasilkan suatu keluaran. Prinsip kerja PLC ditunjukkan pada Gambar 2.1.



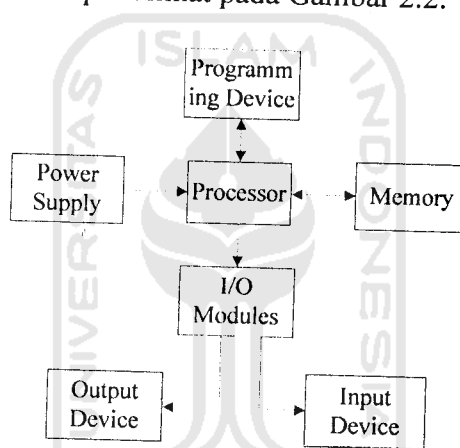
Gambar 2.1 Diagram blok proses kerja PLC.

Peralatan masukan dapat berupa saklar, sensor dan peralatan lainnya. Data-data yang masuk dari peralatan masukan yang berupa sinyal-sinyal digital. Sinyal-sinyal digital yang masuk akan diolah oleh *Central Processing Unit* (CPU) yang

ada didalam PLC, sinyal-sinyal digital tersebut akan diolah sesuai dengan program-program yang telah dibuat didalam memorinya. CPU akan mengambil keputusan-keputusan sesuai dengan program yang telah dibuat dan mengeluarkan keputusan melalui keluaran masih dalam bentuk sinyal digital. Sinyal-sinyal keluaran inilah yang akan menggerakkan peralatan keluaran yang akan mengoperasikan sistem atau proses yang dikontrol.

### 2.1.2. Bagian-bagian PLC

Bagian-bagian PLC dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Bagian-bagian PLC.

Bagian PLC pada prinsipnya terdiri atas *Central Processing Unit (CPU)*, *Programming Devaice*, modul masukan dan keluaran dan unit power suplai.

#### a. *Central Processing Unit (CPU)*

CPU merupakan otak dari PLC yang berfungsi untuk menangani komunikasi dengan piranti eksternal, interkoneksi antar bagian-bagian PLC, eksekusi program, manajemen memori, dan memberikan sinyal keluaran.

### b. Memori

Memori merupakan daerah CPU yang digunakan untuk tempat penyimpanan data pada PLC. Kapasitas memori pada PLC sangat bervariasi tergantung model dari PLC tersebut. Sebagai contoh *Siemens S7-200*, PLC tipe ini memiliki kapasitas memori 8192 byte untuk menyimpan program, 5120 byte untuk memori data.

### c. Struktur Daerah Memori

Struktur daerah memori *Siemens S7-200* ditunjukkan pada Tabel 2.1.

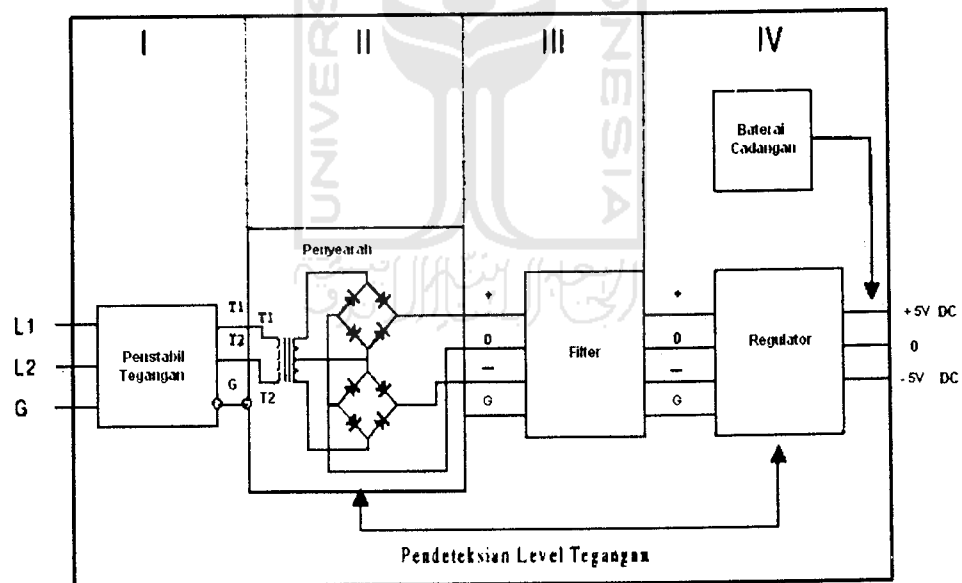
Tabel 2.1 Tabel fungsi dan alamat memori.

Fungsi	Alamat
Register input	100 sampai 115.7
Register output	Q 0.0 sampai Q 15.7
Input analog	A1W0 sampai ATW62
Output analog	AQW0 sampai AQW62
Variable memori	VB0 sampai VB5119
Local memori	LB0 sampai LB63
Bit memori	M 0.0 sampai M 31.7
<i>Timer</i>	TO, T64
Reventive on-delay	1ms 10ms 100ms T1 sampai T4 dan T65 sampai T68 T5 sampai T31 dan T65 sampai T95 T32, T96
ON/OFFdelay	1ms 10ms 100ms T33 sampai T36 dan T97 sampai T100 T37 sampai T63 dan T101 sampai T255
Counters	C0 sampai C255
High Speed Counter	HC0 sampai HC5
Sequential Control Relay	HC0 sampai HC5
Special memory	SM 0.0 sampai SM 549.7
Accumulator Register	AC0 sampai AC3
Jump/Label	0 sampai 255
Call Subroutine	0 sampai 233
Interrupe Routine	0 sampai 127
Positive/Negative Transition	256
PID Loop	0 sampai 7
Port	0

#### d. Catu Daya

Catu daya berfungsi untuk mengubah sumber masukan tegangan bolak-balik menjadi tegangan searah. Sumber tegangan pada industri kebanyakan sebesar 220 VAC dengan frekuensi 50 Hz. Sedangkan pada umumnya rangkaian-rangkaian elektronik di dalam PLC bekerja atau beroperasi pada tegangan searah +5 dan -5 Volt. Oleh sebab itu di dalam PLC terdapat catu daya yang bertugas untuk merubah tegangan 220 VAC menjadi tegangan +5 VDC dan -5VDC.

Pada blok pertama yang dapat dilihat pada Gambar 2.3 adalah masukan tegangan sinus (AC) L1 dan L2 akan distabilkan oleh bagian penyetabil tegangan sehingga tegangan keluaran mempunyai bentuk gelombang sinus murni.



Gambar 2.3 Catu Daya PLC.

Blok kedua pada Gambar 2.3 merupakan penyearah gelombang penuh yang mengubah tegangan bolak-balik menjadi bentuk gelombang searah, yang sebelumnya level tegangannya diturunkan oleh trafo dengan *center tap*, keluaran dari penyearah ini mempunyai level tegangan +5 volt dan -5 volt.

Bentuk keluaran penyearah berupa sinyal DC, sehingga dibutuhkan blok ketiga yaitu bagian *filter*, difungsikan untuk memperkecil riak tegangan searah hasil penyearahan, peralatan utamanya berupa kapasitor.

Blok keempat pada Gambar 2.3 merupakan regulator, difungsikan untuk menjaga tegangan keluaran tetap mendekati level 5 volt sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan oleh CPU. Baterai cadangan membantu sumber utama bila terjadi gangguan.

#### **e. Modul masukan dan keluaran**

Modul masukan dan keluaran merupakan peralatan perangkat elektronik yang berfungsi sebagai perantara atau penghubung (*interface*) antara CPU dengan peralatan dari luar.

Unit masukan merupakan bagian yang diperlukan agar PLC dapat terhubung dengan bagian kontrol proses. Unit masukan menerima sinyal dari kabel yang dihubungkan dengan peralatan masukan seperti sensor, saklar atau transduser.

Modul keluaran merupakan peralatan-peralatan yang digunakan untuk mengeluarkan data-data yang telah diproses oleh CPU ke alamat keluaran yang ditentukan pengguna. Modul keluaran menyediakan tegangan keluaran untuk aktuator atau indikator alat.

### **2.1.3. Pemrograman PLC**

Secara umum sistem pemrograman PLC dapat dilakukan dengan pembuatan diagram ladder. PLC *Siemens S7-200* memiliki perangkat lunak khusus untuk memprogramnya, yakni *step 7 – micro* atau *win*.

**a. Bahasa *ladder***

Bahasa *ladder* merupakan penerjemah diagram relai ke dalam program. Ladder diagram terdiri dari garis menurun ke bawah pada sisi kiri dengan garis-garis bercabang kekanan. Garis yang ada di sebelah kiri disebut dengan bus bar, sedangkan garis-garis cabang adalah baris instruksi atau anak tangga. Instruksi dasar yang digunakan untuk membuat rangkaian dalam bentuk diagram ladder adalah sebagai berikut:

**1) *Normally Open* (NO)**

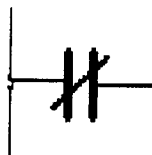
*Normally Open* menandakan kondisi yang terbuka dalam keadaan normal dan akan terhubung apabila ada masukan. Simbol *Normally Open* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Simbol NO.

**2) *Normally Close* (NC)**

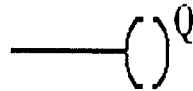
*Normally Close* merupakan kondisi yang tertutup dalam keadaan normal dan akan terbuka apabila ada masukan. Simbol *Normally Close* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Simbol NC.

### 3) Instruksi keluaran

Instruksi keluaran digunakan untuk mengirim hasil proses keluaran PLC sesuai dengan alamat yang dituju. Simbol Instruksi keluaran dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Simbol keluaran.

### 4) AND

Instruksi AND digunakan untuk menghubungkan dua atau lebih kontak-kontak masukan secara seri. Simbol Instruksi keluaran dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Hubungan seri AND.

Bentuk keluaran dengan masukan A dan B dapat dituliskan seperti pada Tabel 2.2.

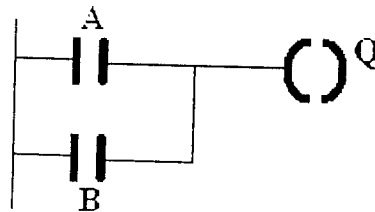
Tabel 2.2 Tabel kebenaran instruksi AND.

Masukan		Keluaran
A	B	Q
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1



### 5) OR

Instruksi OR digunakan untuk menghubungkan dan atau lebih kontak-kontak masukan secara paralel. Simbol Instruksi keluaran dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Hubungan paralel OR.

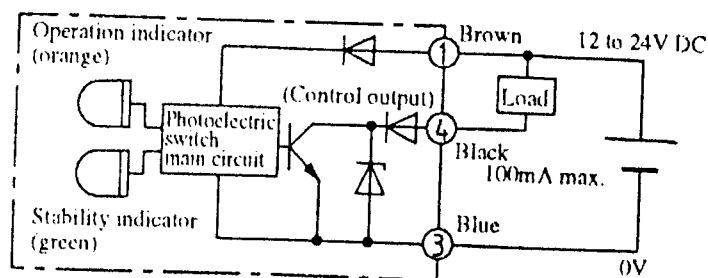
Tabel kebenaran instruksi OR dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Tabel kebenaran instruksi OR.

Masukan		Keluaran
A	B	Q
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

### 2.2 Photoelectric Switch

*Photoelectric Switch* ini digunakan dalam sebuah sensor (*Sensor Pack*), sensor ini dalam perancangan sistem kendali pemotongan kertas digunakan untuk mendeteksi benda. Sensor dapat diatur sesuai kebutuhan jarak untuk mendeteksi benda. Sensor yang digunakan dengan seri E3Z-D62 mempunyai batas deteksi jarak benda maksimal 1meter. Gambar *Photoelectric Switch* dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Photoelectric Switch*.

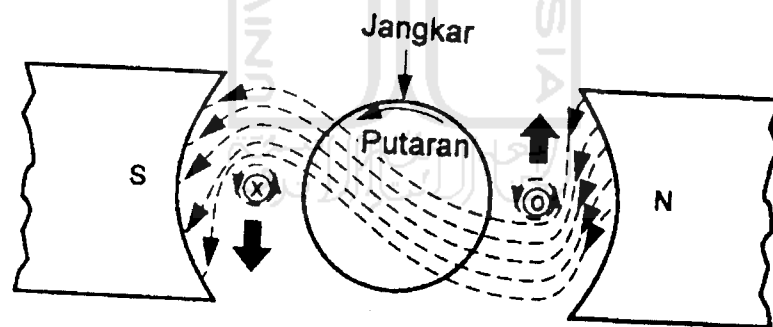
*Photoelectric Switch* merupakan sensor yang kompak dan berukuran cukup kecil, memiliki LED yang akan mengirimkan sinar dan sebuah penerima yang akan menerima sinar yang dikirimkan apabila di depannya terdapat benda. Sensor ini mempunyai sensitifitas tinggi serta dapat diatur melalui potensio.

### 2.3 Motor Arus Searah

Sesuai dengan namanya, motor arus searah diberi sumber dengan tegangan DC (*Direct Current*). Motor arus searah akan berbalik arah jika polaritas tegangan yang diberikan juga berubah. Motor arus searah dengan tegangan kerja yang bervariasi. Motor arus searah memiliki prinsip kerja berdasarkan pada penghantar yang membawa arus ditempatkan dalam suatu medan magnet, maka penghantar tersebut akan mengalami gaya. Gaya menimbulkan torsi yang akan menghasilkan rotasi mekanis sehingga motor akan berputar. Pada perancangan sistem kendali pemotongan kertas menggunakan motor DC seri. Motor akan bekerja memutar jika diberi masukan berupa tegangan positif dan negatif, dengan cara menghubungkan langsung ke motor tanpa melalui rangkaian. Motor DC adalah suatu sistem mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah menjadi gerak atau energi mekanis.

## 2.4 Prinsip Kerja Motor DC

Penghantar yang mengalirkan arus ditempatkan tegak lurus pada medan magnet, cenderung bergerak tegak lurus terhadap medan. Gambar 2.5 menggambarkan torsi motor dihasilkan oleh kumparan yang membawa arus pada kawat yang ditempatkan pada medan magnet. Interaksi antara kawat berarus dan medan magnet menghasilkan gaya. Gaya menimbulkan torsi yang akan menghasilkan rotasi mekanik, sehingga motor akan berputar. Interaksi pada medan magnet akan menyebabkan pembengkokan garis gaya. Apabila garis gaya cenderung lurus keluar, pembengkokan tersebut menyebabkan loop mengalami gerak putaran. Penghantar sebelah kiri berputar kebawah dan penghantar sebelah kanan berputar keatas, menyebabkan putaran jangkar berlawanan dengan arah putaran jarum jam.



Gambar 2.10 Prinsip kerja motor menghasilkan torsi.

Besarnya gaya yang diberikan untuk menggerakkan motor adalah berubah sebanding dengan kekuatan medan magnet, besarnya arus yang mengalir pada penghantar dan panjang penghantar. Secara matematis putaran motor dapat dirumuskan seperti persamaan 2.1.

$$n = \frac{V - I_a R_a}{C \Phi} \quad (2.1)$$

Keterangan :

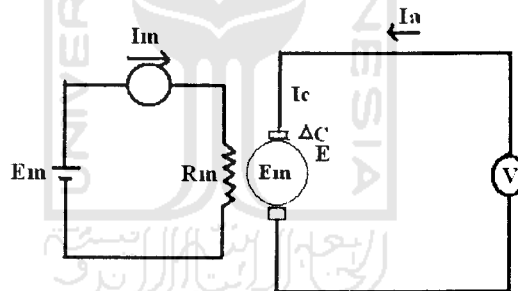
V = Tegangan sumber (V).                      n = Kecepatan motor (rpm).

I<sub>a</sub> = Arus jangkar (A).                      Φ = Fluk magnet (Weber).

R<sub>a</sub> = Tahanan jangkar (Ohm).              C = Konstanta.

### 2.5 Karakteristik motor DC Shunt

Dibawah ini adalah rangkaian ekuivalen motor DC Shunt dengan eksitasi terpisah beserta persamaan yang berlaku :



Gambar 2.11 Rangkaian ekivalen motor DC.

Perumusan rangkaian untuk motor

$$I_m = E_m / R_m \quad (2.2)$$

$$V = E + I_a R_a + 2 \Delta E \quad (2.3)$$

Motor Shunt mempunyai pengaturan kecepatan yang baik dan digolongkan sebagai motor dengan kecepatan konstan walaupun kecepatannya agak berkurang sedikit dengan bertambahnya beban. Adapun persamaan kecepatannya adalah :

$$E_a = V - I_a R_a \quad (2.4)$$

$$E_a = K n \dot{\theta}. \quad (2.5)$$

$$n = V - I_a R_a / K \dot{\theta} \quad (2.6)$$

Jika beban ditambah pada motor *Shunt*, kecepatan motor langsung cenderung lambat. GGL lawan langsung berkurang karena  $I_a$  bergantung pada kecepatan, dan praktis fluks medan adalah konstan. Berkurangnya GGL lawan memungkinkan arus jangkar bertambah. Adapun persamaannya :

$$T = K \dot{\theta} I_a \quad (2.7)$$

Keterangan :

$T$  = Torsi (N.m).

$K$  = Konstanta.

Bertambahnya arus jangkar menyebabkan penurunan  $I_a R_a$  lebih besar yang berarti GGL lawan yang tidak kembali pada harga semula tetapi tetap pada harga yang lebih rendah. Hal ini dapat dibuktikan dengan persamaan motor fundamental.

$$V = E + I_a R_a \quad (2.8)$$

Keterangan :

$E$  = GGL induksi (V)

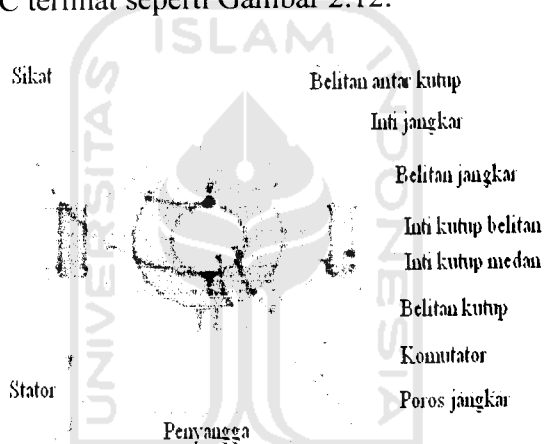
Karena  $V$  (tegangan sumber) konstan, jumlah dari GGL lawan dan penurunan  $I_a R_a$  harus tetap konstan. Jika  $I_a R_a$  menjadi besar akibat bertambahnya beban,  $E$  (GGL Induksi) harus berkurang, sehingga menyebabkan berkurangnya kecepatan.

Fluks medan motor *Shunt* hampir konstan, karena torsi motor sama dengan  $K \dot{\theta} I_a$ , torsi berbanding lurus dengan arus jangkar. Torsi bertambah dalam

hubungan yang praktis garis lurus dengan suatu kenaikan dalam arus jangkar, sedangkan kecepatan turun sedikit ketika arus jangkar naik. Kecepatan motor *Shunt* dapat mempunyai harga tetap antara harga maksimum dan minimum, maka motor *Shunt* sering digunakan untuk menggerakkan beban yang membutuhkan kecepatan konstan.

## 2.6 Konstruksi Motor DC

Konstruksi motor DC terlihat seperti Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Konstruksi motor DC.

Rotor merupakan bagian yang berputar pada motor DC yang terdiri dari :

1. Poros jangkar, merupakan bagian yang membawa inti jangkar, kumparan jangkar, dan komutator untuk ikut berputar.
2. Inti jangkar, terbuat dari plat-plat inti baja yang masing-masing dilapisi isolator.
3. Kumparan jangkar, masing-masing kumparan terisolasi dari yang lain, terletak pada alur (*slot*) dan terhubung secara elektrik dengan komutator.

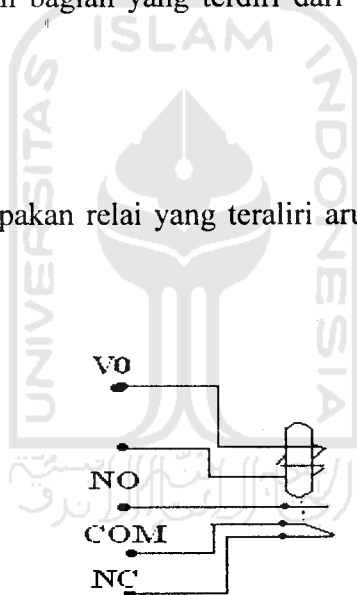
4. Komutator, merupakan terbuat dari segmen-segmen tembaga yang masing-masing diisolasi dengan bahan mika.
5. Sikat, terbuat dari karbon dan grafit. Sikat terletak pada rumah atau pemegang sikat dengan pegas yang mempunyai kekuatan tekan antara 150-250 gr/cm<sup>2</sup>.

Stator merupakan bagian yang tidak berputar di motor. Stator terdiri dari :

1. Gandar (*yoke*) kerangka motor yang biasanya terbuat dari baja.
2. Kutup, merupakan bagian yang terdiri dari inti kutup, sepatu kutup dan kumparan kutup.

## 2.7 Relai

Gambar 2.13 merupakan relai yang teraliri arus sehingga berubah menjadi *close*.

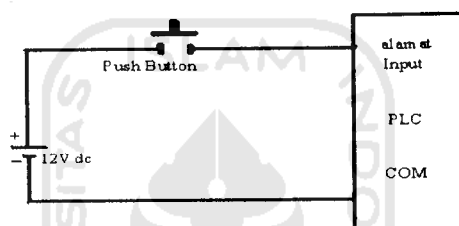


Gambar 2.13 Relai.

Relai merupakan saklar yang diaktifkan dengan arus, artinya tegangan keluaran relai dikendalikan oleh arus masukan. Ada dua macam keluaran pada relai yaitu keluaran NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). NO akan ada keluarannya jika relai aktif sedangkan NC akan ada keluarannya pada saat relai belum aktif.

## 2.8 Push Button

*Push Button* merupakan saklar yang mempunyai dua kaki yang konstruksi didalamnya terdapat per, sehingga bila ditekan kemudian dilepas lagi posisinya akan kembali semula. Mekanisme penyambungannya yaitu salah satu kaki disambung dengan catu daya dan kaki yang lain disambung dengan terminal yang akan dihubungkan ke alamat PLC. Gambar 2.14 menunjukkan cara penyambungan *Push Button* dengan modul input PLC.



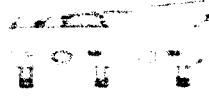
Gambar 2.14 Rangkaian *Push Button* dengan PLC.

Prinsip kerja dari penyambungan Gambar 2.14 adalah jika *Push Button* ditekan maka arus akan mengalir dari catu daya input 12 VDC melalui *Push Button* dan akan mengaktifkan relai di dalam PLC yang akan digunakan untuk mengaktifkan output tertentu, arus mengalir menuju COM dan masuk kembali menuju negatif sumber. Pada saat *Push Button* ON tersebut lampu indikator akan menyala dan indikator alamat PLC juga akan menyala.

## 2.9 Limit Switch

*Limit Switch* merupakan sensor posisi dan sangat efektif untuk mendeteksi barang-barang berat. *Limit Switch* dapat difungsikan sebagai input logika NO atau NC. *Limit Switch* dapat dilihat pada Gambar 2.15.

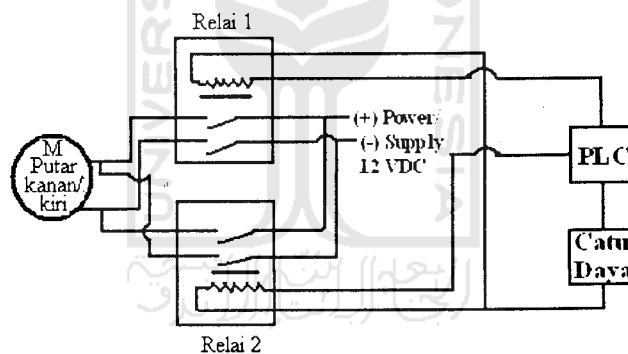




Gambar 2.15 Bentuk fisik *Limit Switch*.

## 2.10 Rangkaian pembalik putaran

Dalam perancangan sistem kendali pemotongan kertas, *conveyor* didesain dapat bergerak maju atau mundur dan untuk pisau per *pack* didesain bergerak naik dan turun. Sistem kerja rangkaian pembalik putaran pada gambar 2.16 dimulai dengan diprosesnya input analog pada PLC, selanjutnya output dari PLC akan mengaktifkan Relai 1 menjadi kondisi *Normally Close* ( NC ) yang membuat motor putar kanan aktif.



Gambar 2.16 Rangkaian DC gerak motor kekiri dan gerak motor kekanan.

Setelah motor putar kanan bekerja selama waktu yang sudah diprogram pada PLC, maka motor putar kanan akan berhenti setelah relai 1 pada kondisi *Normally Open* ( NO ). Selanjutnya PLC akan mengaktifkan relai 2 menjadi *Normally Close* ( NC ) yang membuat motor putar kiri aktif selama waktu yang telah diprogram. Proses ini akan berlangsung secara berulang-ulang sesuai program.