

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 *Programmable logic controller (PLC)*

PLC diperkenalkan pertama kali pada tahun 1969 oleh “Modicon” (sekarang bagian dari “Gauld Electronics”) for General Motors Hydermatic Division, PLC adalah tipe sistem kontrol yang memiliki masukan peralatan yang disebut sensor, kontroler serta peralatan keluaran [4].

PLC (*Programable Logic Controller*) adalah sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan didesain untuk pemakaian di lingkungan industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal. Instruksi yang ada, mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog [5]. Bentuk fisik PLC ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1. *Programmable logic controller* [6]

Pada umumnya PLC memiliki banyak *input* dan *output* yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem yang akan dikontrol. Dalam pemrograman *input* dan *output* pada PLC ini dapat digunakan berbagai bahasa pemrograman. Salah satu bahasa pemrograman yang umum digunakan adalah bahasa diagram tangga (*ladder logic*). *Ladder logic* (diagram tangga) adalah sebuah bahasa pemrograman yang menampilkan sebuah program dengan diagram gambar berdasarkan diagram rangkaian dari perangkat logika relay. Bahasa ini adalah bahasa utama yang

digunakan dalam mengoperasikan PLC yang digunakan pada pengaplikasian kontrol industri [7]. Bahasa diagram tangga merupakan bahasa yang mudah untuk digunakan dan operator dapat memahaminya dengan mudah [8].

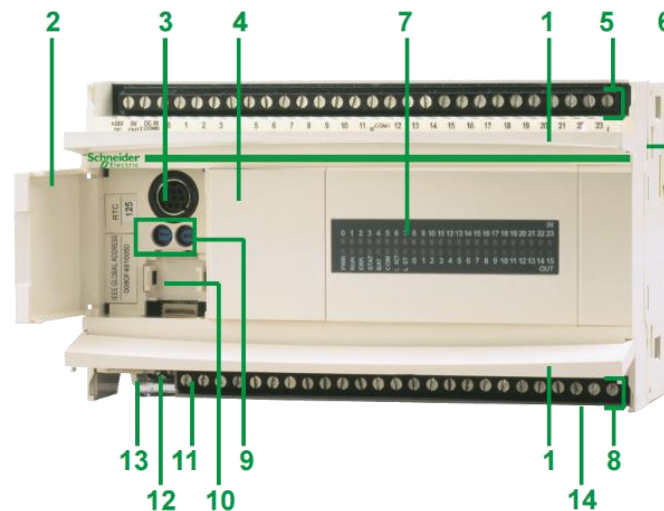
2.1.1 Fungsi *Programmable logic controller* (PLC)

Alat ini bekerja berdasarkan *input-input* yang ada dan tergantung dari keadaan pada suatu waktu tertentu yang kemudian akan meng-*on* atau meng-*off* kan *output-output*. PLC juga dapat diterapkan untuk pengendalian sistem yang memiliki *output* banyak. Fungsi dan kegunaan PLC sangat luas. Dalam prakteknya PLC dapat dibagi secara umum dan secara khusus. Secara umum fungsi PLC adalah sebagai berikut[9][10]:

1. Sekuensial Control 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 pada operator. Sedangkan secara terus-menerus memonitor status suatu sistem (misalnya tekanan, tingkat ketinggian) dan mengambil tindakan yang diperlukan sehubungan dengan proses yang dikontrol (misalnya nilai sudah melebihi batas) atau menampilkan temperatur, pesan tersebut, fungsi PLC secara khusus adalah dapat memberikan *input* ke CNC (*Computerized Numerical Control*). Beberapa PLC dapat memberikan *input* ke CNC untuk kepentingan pemrosesan lebih lanjut. CNC bila dibandingkan dengan PLC mempunyai ketelitian yang lebih tinggi dan lebih mahal harganya. CNC biasanya dipakai untuk proses finishing, membentuk benda kerja, moulding dan sebagainya.

2.1.2 PLC TWDLCE40DRF

Gambar 2.2 merupakan bentuk fisik dari PLC TLCDE 40DRF.



Gambar 2. 2. PLC TWDLCE40DRF

Basis pengontrol twido compact programmable dengan port Modbus / TCP Ethernet terintegrasi TWD LCDE 40DRF meliputi:

- (1) Dua penutup putar untuk akses ke terminal koneksi 5.
- (2) Pintu akses yang berputar.
- (3) Konektor tautan serial RS 485 tipe mini-DIN (memungkinkan koneksi terminal pemrograman)
- (4) Slot (dilindungi oleh penutup yang dapat dilepas) untuk tampilan diagnostik dan pemeliharaan digital TWD XCP ODC.
- (5) Blok terminal sekrup untuk menyalakan sensor 24 Vc.
- (6) Konektor untuk TM2 D .., TM2 A .. modul ekstensi *input / output* dan modul komunikasi TWD NCO1M (maksimum 7 modul).
- (7) Blok tampilan:
 - Status controller menggunakan 7 LED (PWR, RUN, ERR, BAT, COM, LAKT dan LST).
 - Keadaan *input* dan *output* (IN. Dan *OUT*).
 - Indikator pengguna (STAT), untuk dikendalikan oleh program aplikasi sesuai dengan yang dibutuhkan

- (8) Blok terminal sekrup untuk menghubungkan preaktuator *output*.
- (9) Dua titik penyesuaian analog.
- (10) Konektor untuk perpanjangan port link serial RS 232C / RS 485 ke-2 melalui adaptor TWD NAC.
- (11) Blok terminal sekrup untuk menghubungkan catu daya listrik listrik 24 V DC atau 30 V DC.
- (12) Konektor untuk kartrid memori TWD XCP MFK32 / MFK64 32/64 KB.
- (13) Konektor tipe RJ45 (akses dari bawah pengontrol) untuk koneksi ke jaringan *Ethernet*.
- (14) Slot yang menerima baterai cadangan opsional untuk memori RAM internal pangkalan.

Rangkaian pengontrol modular yang dapat diprogram menawarkan lima basis modular, berbeda dalam kapasitas pemrosesannya dan jumlah dan jenis *input / outputnya* (20 atau 40 *input / output* dengan koneksi dengan blok terminal sekrup atau konektor tipe HE 10, dengan *output* relai atau transistor wastafel / sumber). Mereka dapat menerima dalam ekstensi semua modul *input / output* (27 modul diskrit dan analog). Semua basis modular menggunakan catu daya 24 V DC.

Basis modular ini dapat diperluas dengan menambahkan modul ekspansi I / O. Mereka menawarkan:

- Modularitas yang beradaptasi dengan kebutuhan aplikasi dari base up, dan dapat mengakomodasi hingga 4 atau 7 diskrit, dan / atau modul ekstensi *input / output* analog (tergantung pada model).
- Pilihan opsi yang menawarkan pengguna tingkat fleksibilitas umumnya disediakan untuk platform otomatisasi yang lebih besar. Basis modular TWD LMDA dapat secara bersamaan menerima kartrid memori opsional, kartrid jam real-time, dan modul tampilan digital atau modul antarmuka serial, masing-masing dari kedua modul yang memungkinkan akomodasi port komunikasi RS 485 atau RS 232C kedua.
- Solusi pengontrol modular juga memungkinkan fleksibilitas besar dalam kabel. Beberapa kemungkinan koneksi tersedia, seperti blok terminal

sekrup yang dapat dilepas, jenis pegas atau konektor tipe HE 10 untuk kabel yang sederhana, cepat, dan aman. Sistem Modicon Telefast ABE 7 memungkinkan pra-kabel dengan mengaitkan modul dengan konektor tipe HE 10: - Untuk kabel yang sudah dipasang sebelumnya dengan salah satu ujung kabel gratis untuk koneksi langsung ke sensor / preaktuator.

- Perangkat lunak TwidoSuite menawarkan pemrograman mudah dari instruksi bahasa "daftar" instruksional atau grafik bahasa tangga.

2.1.3 Spesifikasi utama pada PLC TWDLCDE40DRF

Berikut ini spesifikasi dari PLC TWDLCDE40DRF :

1. Range produk : :Twido
2. Jenis produk atau komponen : *Compact base controller*
3. Konsep : Transparan Siap
4. Jumlah : 40 I / O diskrit
5. Jumlah : 24 *input* diskrit
6. Tegangan *input* diskrit : 24 V
7. Jenis tegangan *input* diskrit : DC
8. Jumlah *output* : 14 (2 transistor)
9. Tegangan suplai : 24 V DC
10. Jumlah modul ekspansi : 7 I / O
11. *Slot Memory* yang digunakan : cartridge
12. Data pendukung : RAM Internal (baterai eksternal TSXPLP01) 3 tahun
13. Jenis koneksi :
14. *Non isolate serial link mini* DIN,
15. Modbus / mode karakter master / *slave* RTU / ASCII (RS485) *half duplex*,
38,4 kbit / s
16. *Ethernet* TCP / IP RJ45,, 10/100 Mbit / s, 1 *twisted* pair kelas A10
transparan
17. Sumber Daya listrik
18. Serial Link Interface Adapter (RS232C / RS485)
19. Fungsi Komplementer : Pemrosesan *Event*, PID

2.1.4 *Ladder Diagram*

Ladder Diagram adalah bahasa pemrograman yang dipakai untuk menggambarkan secara grafis diagram rangkaian elektronika dan perangkat keras komputer berdasarkan logika berbasis-relay yang banyak dijumpai pada aplikasi PLC dan kendali industri. Sesuai dengan namanya, program ini menggunakan gambar anak tangga yang terdiri dari garis-garis tegak dan garis mendatar untuk menyajikan fungsi logika rangkaiannya.

Berikut adalah fungsi simbol dari *Ladder Diagram* yang digunakan pada pemrograman PLC *TwidoSuite* yang terbagi atas.

1. *Normally Open*

Normally Open (NO) adalah *inputan* dengan kondisi suatu kontak dalam kondisi terbuka atau tidak terhubung, sehingga arus listrik tidak mengalir. Gambar 2.3 merupakan simbol *Normally Open*.



Gambar 2. 3. Simbol *Normally Open*

2. *Normally close*

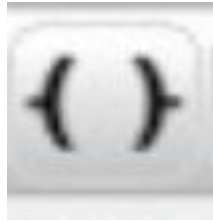
Normally close (NC) adalah *inputan* dengan kondisi suatu kontak dalam kondisi terhubung, sehingga arus listrik mengalir. Gambar 2.4 merupakan simbol *Normally closed*.



Gambar 2. 4. Simbol *Normally close*

3. *Coil*

Coil Merupakan *outputan* PLC dengan prinsip kerja ketika kondisi *input* ON atau aktif maka *output* ON atau AKTIF. Gambar 2.5 merupakan simbol *coil*.



Gambar 2. 5. Simbol *Coil*

4. *Compare Block*

Compare Block adalah Instuksi ini digunakan untuk membandingkan dua buah data jika perbandingan benar maka fungsinya akan menjadi aktif. Gambar 2.3 merupakan simbol *Compare Block*.



Gambar 2. 6. Simbol *Compare Block*

2.2 **Motor DC (*Direct current*)**

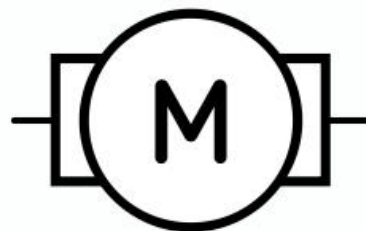
Motor DC (*Direct current*) adalah peralatan elektromagnetik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik yang desain awalnya diperkenalkan oleh Michael Faraday lebih dari seabad yang lalu. Motor DC (*Direct current*) adalah peralatan elektromagnetik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik yang desain awalnya diperkenalkan oleh Michael Faraday lebih seabad yang lalu. Motor DC dikendalikan dengan menentukan arah dan kecepatan putarannya. Arah putaran motor DC adalah searah dengan arah putaran jarum jam (*Clock Wise/CW*) atau berlawanan arah dengan arah putaran jarum jam (*Counter Clock Wise/CCW*) yang

bergantung dari hubungan kutub yang diberikan pada motor DC. Kecepatan putar motor DC diatur dengan besarnya arus yang diberikan [11].

Motor arus searah (motor DC) adalah mesin yang merubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanis yang berupa putaran. Berdasarkan fisiknya motor arus searah secara umum terdiri atas bagian yang diam dan bagian yang berputar. Pada bagian yang diam (stator) merupakan tempat diletakkannya kumparan medan yang berfungsi untuk menghasilkan fluksi magnet sedangkan pada bagian yang berputar (rotor) ditempati oleh rangkaian jangkar seperti kumparan jangkar, komutator dan sikat. Motor arus searah bekerja berdasarkan prinsip interaksi antara dua fluksi magnetik. Dimana kumparan medan akan menghasilkan fluksi magnet yang arahnya dari kutub utara menuju kutub selatan dan kumparan jangkar akan menghasilkan fluksi magnet yang melingkar. Interaksi antara kedua fluksi magnet ini akan menimbulkan suatu gaya. Gambar 2.7 merupakan bentuk fisik dari Motor DC dan simbol Motor DC.



(a)



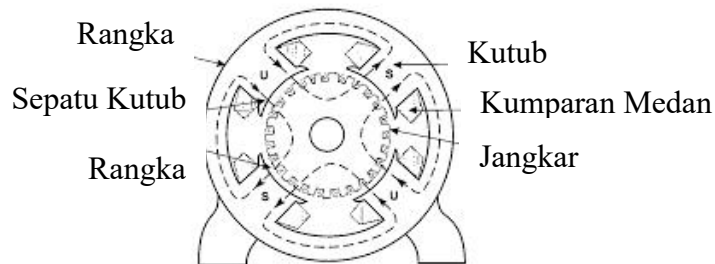
(b)

Gambar 2. 7. (a) Bentuk fisik Motor DC

(b) Simbol Motor DC [12]

Motor arus searah digunakan secara luas pada berbagai motor penggerak dan pengangkut dengan kecepatan yang bervariasi yang membutuhkan respon dinamis dan keadaan *steady - state* . Motor arus searah mempunyai pengaturan yang sangat mudah dilakukan dalam berbagai kecepatan dan beban yang bervariasi. Itu sebabnya motor arus searah digunakan pada berbagai aplikasi tersebut. Pengaturan kecepatan pada motor arus searah dapat dilakukan dengan memperbesar atau memperkecil arus yang mengalir pada jangkar menggunakan sebuah tahanan.

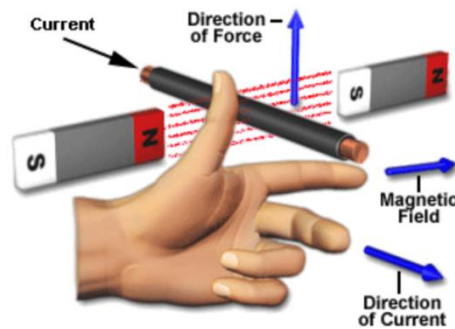
Konstruksi dari motor arus searah dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut.



Gambar 2. 8. Konstruksi Motor DC [13]

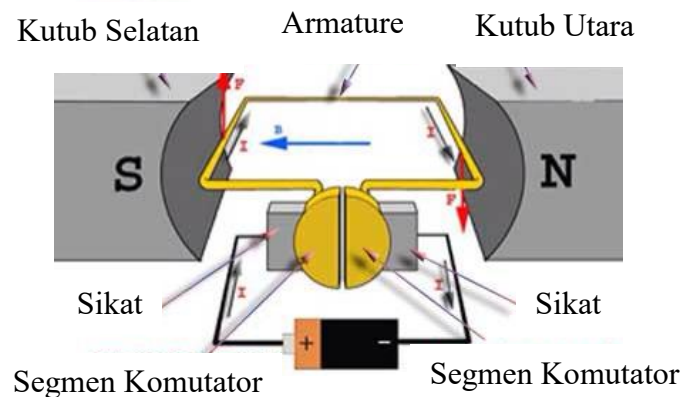
2.2.1 Prinsip Kerja Motor DC

Gambar 2.9 merupakan kaidah tangan kiri yang diperkenalkan Oleh fleming.



Gambar 2. 9. Kaidah Tangan Kiri [14]

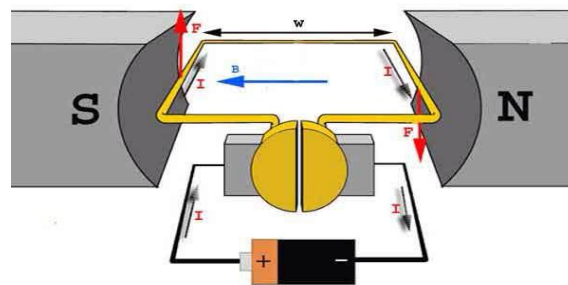
Gambar di atas adalah kaidah tangan kiri yang diperkenalkan oleh Fleming. Konfigurasi jari tangan kiri seperti ini maka jari tengah menunjukkan arah arus listrik, jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet, sedangkan ibu jari menunjukkan gaya dorong yang terjadi akibat fenomena induksi elektromagnetik. Arah dari ketiga parameter pada kaidah tangan kiri ini berlaku untuk semua motor listrik dan bekerja secara alami selayaknya mengenal gaya gravitasi bumi maupun gaya tarik menarik antara dua kutub magnet yang berbeda. Gambar 2.10 merupakan skema dasar dari prinsip kerja motor DC.



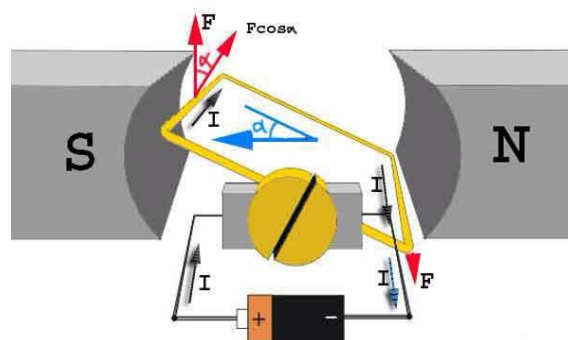
Gambar 2. 10. Skema Dasar Motor Listrik DC [14]

Pada skema di atas, rotor motor diskemakan dengan sebuah kawat penghantar listrik (*armature*) yang membentuk persegi panjang. Pada kedua ujung *armature* terpasang komutator berbentuk lingkaran yang terbelah di tengahnya, komponen ini sering kita dengar dengan sebutan cincin belah. Cincin belah termasuk bagian dari rotor, sehingga ia ikut berputar dengan rotor. Sedangkan stator motor tersusun atas dua magnet dengan kutub berbeda yang saling berhadapan. Pada bagian yang kontak langsung dengan cincin belah, stator dilengkapi dengan sikat karbon yang berfungsi untuk menghubungkan arus listrik dari sumber tegangan ke kumparan rotor[15].

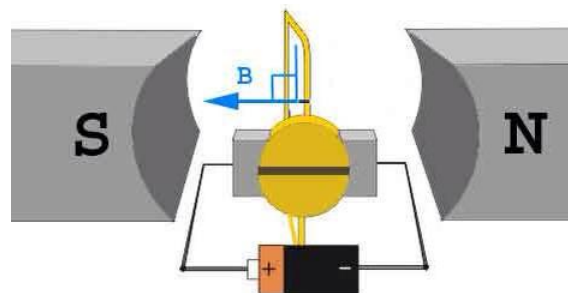
Sumber tegangan DC diilustrasikan dengan gambar baterai pada skema motor DC di atas. Masing-masing kutub baterai terhubung dengan sikat karbon, sehingga tercipta arus listrik DC dengan arah arus dari kutub positif ke negatif melewati sikat karbon, satu bagian cincin belah, *armature* kembali ke cincin belah, sikat karbon dan ke kutub negatif baterai. Gambar 2.11 merupakan proses berputarnya rotor[15].



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. 11. (a). Berputarnya Rotor Motor Listrik DC Ketika Posisi Awal

(b). Berputarnya Rotor Motor Listrik DC Ketika Bergerak Kekananan

(c). Berputarnya Rotor Motor Listrik DC ketika Torsi = 0

Setelah memahami konsep kaidah tangan kiri Fleming serta juga komponen-komponen dasar dari motor listrik, maka akan dengan mudah memahami bagaimana motor listrik dapat bekerja. Di mulai dengan gambar (a) di

atas, garis medan magnet mengarah ke kiri yang disimbolkan dengan garis biru dan huruf (B). Untuk arah arus listrik ditunjukkan dengan garis berwarna hitam dan huruf (I). Jika kita mencoba menggunakan kaidah tangan kiri kita pada sisi kiri kawat, maka akan kita dapatkan bahwa gaya dorong (F) akan mengarah ke atas. Sedangkan untuk sisi kanan *armature*, kaidah tangan kiri akan menunjukkan bahwa gaya dorong akan mengarah ke bawah. Gaya dorong yang tegak lurus langsung terhadap kawat kanan dan kiri ini menghasilkan torsi yang paling besar pada rotor motor. Gaya torsi inilah yang akan memutar rotor motor.

Pada posisi rotor seperti gambar (b), masing-masing cincin belah masih terhubung dengan sikat karbon sehingga arah arus listrik tidak berubah. Dengan cara yang sama menggunakan kaidah tangan kiri, arah gaya dorong juga mengarah ke atas untuk *armature* kiri dan ke bawah untuk *armature* kanan. Namun besar gaya torsi yang terjadi adalah lebih kecil sebesar $\cos \alpha$ daripada gaya F . Gaya torsi ini masih akan membuat rotor motor berputar searah jarum jam.

Torsi rotor akan menjadi nol pada saat *armature* berposisi seperti pada gambar (c). Sesuai dengan kaidah tangan kiri, jika pada *armature* terdapat arus listrik, maka arah gaya dorong *armature* juga ke atas atau pun ke bawah. Namun karena gaya tersebut segaris dengan titik poros rotor, atau dapat pula dikatakan tegak lurus dengan arah putaran rotor, maka tidak akan timbul gaya torsi pada kawat angker. Sudut α yang sebesar 90° menjelaskan pula tidak akan timbul gaya torsi pada saat posisi kawat angker demikian, karena nilai dari $\cos 90^\circ$ adalah nol. Nilai torsi nol ini tidak akan membuat rotor motor berhenti berputar, karena sifat kelembaman rotor maka rotor akan terus berputar selama masih ada arus listrik yang mengalir pada *armature*.

Setelah *armature* melewati fase tegak lurus dan membentuk sudut $-\alpha$, arah arus listrik akan mengalir dengan arah yang sama seperti pada saat *armature* bersudut $+\alpha$ (gambar b). Komponen komutator yang selalu ikut berputar dengan rotor dan sikat karbon yang selalu diam, menjadi komponen yang akan menjaga arah arus listrik untuk selalu tetap yakni mengalir dari sisi kiri *armature* ke kanan. Arah arus listrik yang selalu tetap di setiap setengah putaran rotor inilah yang

akan membuat rotor motor listrik selalu berputar selama masih ada arus listrik yang mengalir ke *armature*.

2.2.2 Pengaturan Motor DC Menggunakan *Pulse width modulation*

Pulse width modulation adalah suatu teknik manipulasi dalam pengemudi motor (atau perangkat elektronik berarus besar lainnya) yang menggunakan prinsip *cut-off* dan saturasi. *Pulse-Width Modulation* dapat juga diartikan sebagai sebuah teknik untuk membangkitkan sinyal keluaran yang periodenya berulang-ulang berupa *high* dan *low* yang dapat mengontrol durasi sinyal *high* dan *low* sesuai dengan yang diinginkan.

PWM secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Atau PWM merupakan cara untuk menyalurkan energi melalui penggantian pulsa dari sebuah sinyal kontinyu (analog). PWM dapat diatur dengan cara memperbesar dan memperkecil lebar pulsa. Beberapa contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, audio effect dan penguatan, serta aplikasiaplikasi lainnya.

Metode PWM (*Pulse width modulation*) adalah metode yang cukup efektif untuk mengendalikan kecepatan motor DC (direct curent). PWM (*Pulse width modulation*) ini bekerja dengan cara membuat perbandingan pulsa *high* terhadap pulsa *low* . Perbandingan pulsa *high* terhadap *low* ini akan menentukan besarnya tegangan yang diberikan ke motor DC (direct curent), sehingga kecepatan dapat di atur [16].

Sinyal PWM (*Pulse width modulation*) pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar Pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *Duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%). Berikut ini rumus untuk menghitung Frekuensi[17].

$$F = \frac{1}{T} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan

- F = Frekuensi
- T = Periode

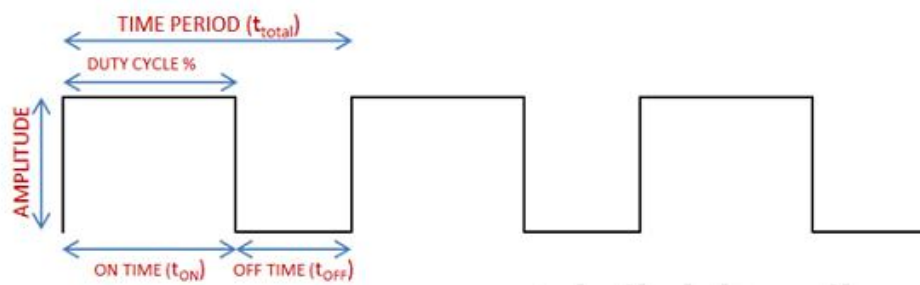
Rumus untuk menghitung siklus kerja atau *Duty cycle* dapat ditunjukkan seperti persamaan di bawah ini [18].

$$Duty\ cycle = \frac{t_{on}}{(t_{on} + t_{off})} \quad \text{Atau} \quad Duty\ cycle = \frac{t_{on}}{t_{total}} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

- t_{ON} = Waktu *ON* atau Waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi tinggi (*high* atau 1)
- t_{OFF} = Waktu *OFF* atau Waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi rendah (*low* atau 0)
- t_{total} = Waktu satu siklus atau penjumlahan antara t_{ON} dengan t_{OFF} atau disebut juga dengan “periode satu gelombang
- Siklus Kerja = Waktu *ON* / (Waktu *ON* + Waktu *OFF*)

Gambar 2.12 merupakan contoh sinyal PWM dengan siklus kerja 60%.



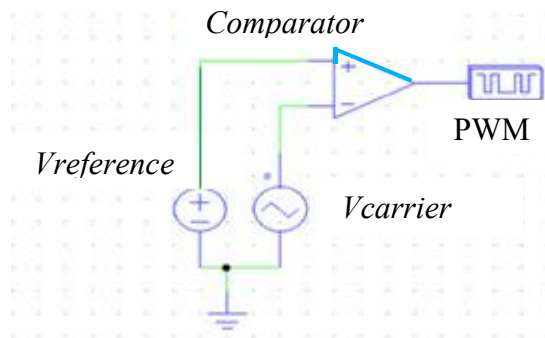
Gambar 2. 12. sinyal PWM dengan siklus kerja 60% [18]

Pengendalian kecepatan putar motor DC (*direct curent*) dengan metode pengaturan lebar pulsa atau PWM (*Pulse width modulation*) juga dapat dibangkitkan melalui perubahan nilai temperatur sebagai referensi terhadap perubahan *Duty cycle* yang harus dibangkitkan untuk mempercepat putaran motor ataupun memperlambat putaran motor tergantung dari besarnya temperatur [19].

2.2.3 Jenis – jenis PWM

1. Analog

Pembangkitan sinyal *Pulse-Width Modulation* yang paling sederhana adalah dengan cara membandingkan sinyal $V_{carrier}$ sebagai tegangan *carrier* dengan tegangan referensi menggunakan rangkaian *op-amp comparator*. Gambar 2.13 merupakan rangkaian *pulse width modulation* analog.



Gambar 2. 13. Rangkaian PWM analog [20]

Saat nilai tegangan *referensi* lebih besar dari tegangan *carrier* maka *output comparator* akan bernilai *high*. Namun saat tegangan *referensi* bernilai lebih kecil dari tegangan *carrier*, maka *output comparator* akan bernilai *low*. Dengan memanfaatkan prinsip kerja dari *comparator* inilah, untuk mengubah *Duty cycle* dari sinyal *output* cukup dengan mengubah-ubah besar tegangan *referensi*. Besarnya *duty-cycle* rangkaian *Pulse width modulation* ini.

$$\text{Duty Cycle} = \frac{V_{reference}}{V_{carrier}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana,

$Duty\ cycle$ = Lebar pulsa PWM

$V_{reference}$ = Tegangan referensi (V)

$V_{carrier}$ = Tegangan gelombang (V)

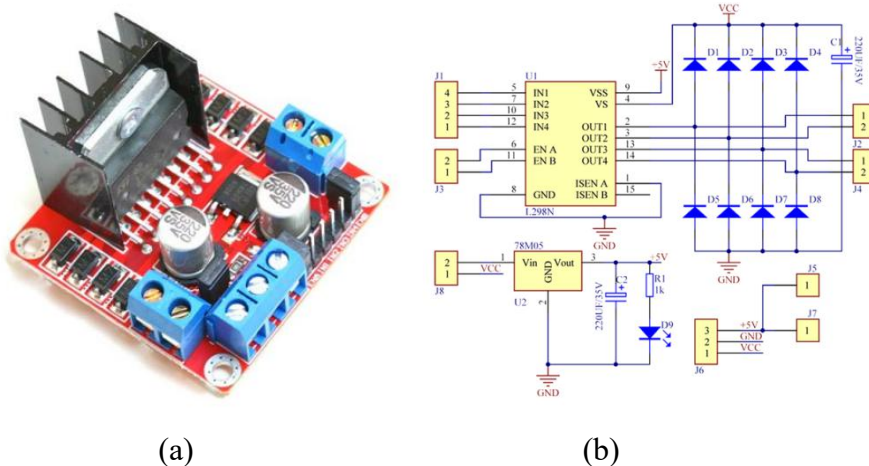
2. Digital

Pada metode *digital* setiap perubahan PWM (*Pulse width modulation*) dipengaruhi oleh *resolusi* dari PWM itu sendiri. Misalkan PWM *digital* 8 bit berarti PWM tersebut memiliki *resolusi* $2^8 = 256$, maksudnya nilai keluaran PWM

ini memiliki 256 variasi, variasinya mulai dari 0 – 255 yang mewakili *Duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut. Gambar 2.8 merupakan *Duty cycle* dan resolusi PWM.

2.3 Motor Driver L298N

Motor Driver L298N merupakan sebuah *motor driver* berbasis IC L298 dual H-bridge. *Motor driver* ini berfungsi untuk mengatur arah ataupun kecepatan motor DC. Diperlukannya rangkaian motor *driver* ini karena pada umumnya motor DC akan bekerja dengan membutuhkan arus lebih dari 250 mA. *Motor Driver* L298N berfungsi untuk mengendalikan motor DC. *Driver* ini juga akan membantu menyuplai power untuk kebutuhan gerak motor DC. Berikut ini merupakan gambar 2.14 yang merupakan bentuk fisik dan skematik dari *Motor Driver* L928N.



Gambar 2. 14. (a) bentuk fisik *motor driver* L938N
(b) skematik *motor driver* L938N

Spesifikasi dari *motor driver* L938N adalah sebagai berikut.

- *Input Voltage*: 3.2V~40Vdc.
- *Driver*: L298N Dual H Bridge DC Motor Driver
- *Power Supply*: DC 5 V - 35 V
- *Peak current*: 2 Amp
- *Operating current range*: 0 ~ 36mA

- *Control signal input voltage range :*
- *Low:* $-0.3V \leq V_{in} \leq 1.5V$.
- *High:* $2.3V \leq V_{in} \leq V_{ss}$.
- *Enable signal input voltage range :*
- o *Low:* $-0.3 \leq V_{in} \leq 1.5V$ (*control signal is invalid*).
- o *High:* $2.3V \leq V_{in} \leq V_{ss}$ (*control signal active*).
- *Maximum power consumption:* 20W (*when the temperature $T = 75\text{ }^{\circ}\text{C}$*).
- *Storage temperature:* $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +130\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- *On-board +5V regulated Output supply (supply to controller board i.e. Arduino).*
- *Size:* 3.4cm x 4.3cm x 2.7cm

Tabel 2.1 merupakan tabel arah putaran *output* Motor *Driver* L298N.

Tabel 2. 1. Arah Putaran Motor *Driver* L298N

Input M1		Input M2		Enable		M1	M2	Ket.
In 1	In 2	In 3	In 4	ENA	ENB			
0	0	0	0	1	1	<i>off</i>	<i>Off</i>	
1	0	1	0	1	1	On(CW)	On(CW)	
0	1	0	1	1	1	On(CCW)	On(CCW)	
1	0	1	0	0	0	<i>Off</i>	<i>Off</i>	
0	1	0	1	0	0	<i>Off</i>	<i>Off</i>	
1	1	1	1	1	1			Hindari

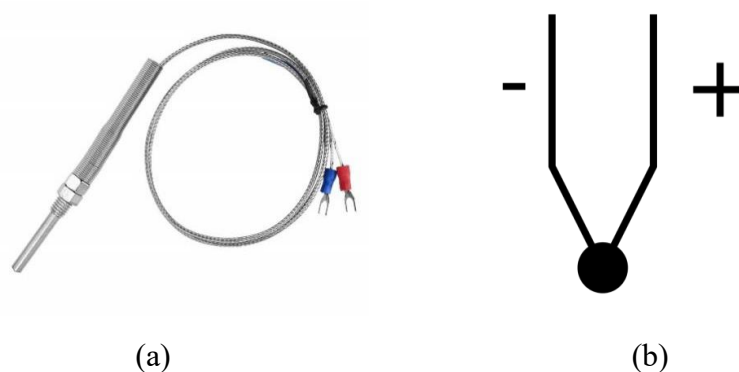
2.4 Sensor

Sensor adalah detektor yang memiliki kemampuan untuk mengukur beberapa jenis kualitas fisik yang terjadi, seperti tekanan atau cahaya. Sensor kemudian akan dapat mengkonversi pengukuran menjadi sinyal bahwa seseorang akan dapat membaca. Sebagian besar sensor yang digunakan saat ini benar-benar akan dapat berkomunikasi dengan perangkat elektronik yang akan melakukan pengukuran dan perekaman. Contoh; *Camera* sebagai sensor penglihatan, telinga sebagai sensor pendengaran, kulit sebagai sensor peraba, LDR (*light dependent resistance*) sebagai sensor cahaya, dan lainnya [24].

Untuk sistem kontrol seorang pembuat harus memastikan parameter apa yang dibutuhkan untuk dimonitor sebagai contoh : posisi, temperatur, dan tekanan. Kemudian tentukan sensor dan rangkaian data *interface* atau tampilan untuk melakukan pekerjaan ini. Sebagai contoh ketika kita ingin mendeteksi suatu letak api berdasarkan prinsip pengukuran suhu radiasi inframerah. Kebanyakan sensor bekerja dengan mengubah beberapa parameter fisik seperti suhu temperatur ke dalam sinyal listrik. Ini sebabnya mengapa sensor juga dikenal sebagai transduser yaitu suatu peralatan yang mengubah energi dari suatu bentuk ke bentuk yang lain.

Sensor *Thermocouple*

Termokopel (*Thermocouple*) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek "*Thermo-electric*". Efek *Thermo-electric* pada Termokopel ini ditemukan oleh seorang fisikawan Estonia bernama Thomas Johann Seebeck pada Tahun 1821, dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan Tegangan listrik diantara dua persimpangan (*junction*) ini dinamakan dengan Efek "*Seeback*" [25]. Gambar 2.15 merupakan bentuk fisik *Thermocouple* K dan Simbol *Thermocouple*.



Gambar 2. 15. (a) Bentuk Fisik *Thermocouple* K
(b) Simbol *Thermocouple*[26]

Tipe K adalah *thermocouple* yang berbiaya murah dan umum digunakan, karena popularitasnya itu *thermocouple* jenis ini tersedia dalam berbagai macam

probe. *Thermocouple* tipe K ini tersedia untuk rentang suhu di -200°C sampai $+1200^{\circ}\text{C}$. Sensitivitasnya adalah kira-kira $41\text{v}/^{\circ}\text{C}$.

Thermocouple merupakan sensor suhu yang terdiri atas sepasang penghantar yang berbeda disambung las atau dileburkan bersama pada satu sisi membentuk penghantar "*hot junction*" atau sambungan pengukuran yang ada ujung-ujung bebasnya untuk menghubungkan dengan penghantar "*cold junction*" atau sambungan referensi.

Perbedaan suhu antara sambungan pengukuran dan sambungan referensi alat ini berfungsi sebagai *thermocouple* dan bisa membangkitkan tegangan dc yang kecil. Tegangan *output thermocouple* hampir berbanding lurus dengan perbedaan suhu antara sambungan pengukuran (*hot*) dan sambungan referensi (*cold*). Perbandingan yang konstan dinamakan Koefisien *Seebeck* dan berkisar antara 5 sampai 50 V per derajat celsius.

Nilai pembacaan suhu suatu zat dengan *thermocouple* seharusnya cenderung stabil dan tidak terjadi guncangan yang sangat cepat atau disebut *hunting*. Misalnya nilai temperature air naik-turun antara 30°C hingga 40°C dalam waktu yang singkat contohnya satu detik sehingga menyebabkan ketika nilai pembacaan temperature menjadi terganggu atau *hunting* terjadi masalah pada sensornya seperti:

- Terminal *thermocouple* dan ekstension yang mulai kotor dan berkarat
- Terjadi perubahan kimia pada sensor. Biasanya terjadi pada sensor suhu tinggi.
- Terminal *thermocouple* yang tergenang air
- Terjadi *short* di luar *junction tip*

Masalah di atas menyebabkan kesalahan (*error*) saat pengukuran menggunakan *thermocouple*. Untuk mengukur perbandingan antara suhu pengukuran dan suhu sebenarnya atau *error* dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$\text{error} (\%) = \left| \frac{X_{\text{pengamatan}} - X_{\text{asli}}}{X_{\text{asli}}} \right| \times 100 \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- $X_{\text{pengamatan}}$ adalah nilai suhu *thermocouple type K*

- Xasli adalah nilai suhu *thermometer digital*

2.5 *Analog To Digital Converter (ADC)*

ADC (*Analog To Digital Converter*) adalah perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog (sinyal kontinu) menjadi sinyal digital. Perangkat ADC (*Analog To Digital Converter*) dapat berbentuk suatu modul atau rangkaian elektronika maupun suatu chip IC. ADC (*Analog To Digital Converter*) berfungsi untuk menjembatani pemrosesan sinyal analog oleh sistem digital [27]. ADC ditunjukkan pada gambar 2.16.



Gambar 2. 16. Midicom ADC TM2AMI2LT

Spesifikasi dari Midicom ADC TM2AMI2LT adalah sebagai berikut.

1. *Type* : 2 *inputs*
2. *Nature* : *thermocouple inputs*
3. *Connection* : *Removable screw terminal block*
4. *Inputs Range* : *Thermocouple type J, K and T (differential)*
(1)
5. *Inputs Resolution* : 12 bits (4096 points)
6. *Inputs Acquisition period* : 200 ms per channel + 1 controller cycle
time
7. *External Supply Nominal voltage* : 24 VDC

Converter adalah alat bantu digital yang paling penting untuk teknologi kontrol proses adalah yang menerjemahkan informasi digital ke bentuk analog dan

juga sebaliknya. Sebagian besar pengukuran variabel-variabel dinamik dilakukan oleh piranti ini yang menerjemahkan informasi mengenai variabel ke bentuk sinyal listrik analog. Untuk menghubungkan sinyal ini dengan sebuah komputer atau rangkaian logika digital, sangat perlu untuk terlebih dahulu melakukan konversi analog ke digital (A/D). Hal-hal mengenai konversi ini harus diketahui sehingga ada keunikan, hubungan khusus antara sinyal analog dan digital.

ADC memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi.

1. Kecepatan Sampling ADC

Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan “seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu”. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam *sample per second* (SPS).

2. Resolusi ADC

Resolusi ADC menentukan “ketelitian nilai hasil konversi ADC”. Sebagai contoh: ADC 12 bit akan memiliki *output* 12 bit data digital, ini berarti sinyal *input* dapat dinyatakan dalam 4095 ($2^n - 1$) nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit *output* data digital, ini berarti sinyal *input* dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit. Dari contoh diatas ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 12 bit.

ADC PT100 akan mengeluarkan data celcius dengan unit 0.1°C maka dapat diartikan dari gambar diatas bahwa ADC PT100 diatur dapat mengeluarkan data suhu mulai dari range paling kecil adalah -50°C sampai dengan 400°C .

Untuk mendapatkan nilai suhu dari nilai ADC sesuai dengan *datasheet* dari ADC yang digunakan maka dapat digunakan rumus sebagai berikut

$$\text{Suhu} = \frac{\%IW1}{10} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

Suhu = Suhu PT100 ($^\circ\text{C}$)

$\%IW1$ = nilai *input* ADC PT100 PLC Twido

2.6 Hub

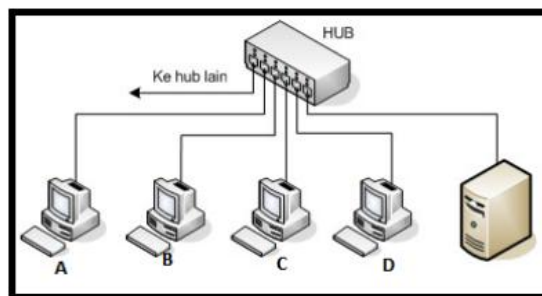
Untuk menghubungkan PLC dan HMI maka di perlukan Hub. Hub adalah istilah umum yang digunakan untuk menerangkan sebuah *central connection point* untuk komputer pada *network*. Hub ditunjukkan pada gambar 2.17.



Gambar 2. 17. Hub

Fungsi dasar yang dilakukan oleh hub adalah menerima sinyal dari satu komputer dan mentransmisikannya ke komputer yang lain. Sebuah hub bisa *active* atau *passive*. *Active* hub bertindak sebagai repeater; ia meregenerasi dan mengirimkan sinyal yang diperkuat. *Passive* hub hanya bertindak sebagai kotak sambungan; ia membagi/memisahkan sinyal yang masuk untuk ditransmisikan ke seluruh *network*. Hub adalah central untuk topologi star dan memungkinkan komputer untuk ditambahkan atau dipindahkan pada *network* dengan relatif mudah. Kapabilitas yang disediakan hub central untuk topologi star dan memungkinkan computer untuk ditambahkan atau dipindahkan pada *network* dengan relatif mudah.

Fungsi utama dari Hub yaitu sebagai perangkat keras penerima sinyal dari suatu komputer, dan sebagai titik pusat yang menghubungkan semua komputer ke dalam jaringan. Fungsi dari HUB dapat dilihat pada gambar 2.18.



Gambar 2. 18. Fungsi HUB

Fungsi lainnya dari HUB, antara lain:

1. Sebagai penyambung dan konsentrator.
2. Sebagai media penguat sinyal kabel UTP.
3. Sebagai media yang memfasilitasi penambahan penghilangan ataupun penambahan *workstation*.
4. Sebagai penambah jarak *network*.
5. Menyediakan dan memfasilitasi fleksibilitas dengan memberi *support interface* yang berbeda.
6. Menawarkan *feature-feature* yang *fault tolerance*.

2.7 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

MCB merupakan singkatan dari *Miniature Circuit Breaker* yang berfungsi sebagai alat pengaman saat terjadi hubung singkat (konsleting) maupun beban lebih (*over load*). MCB akan memutuskan arus apa bila arus yang melewatinya melebihi dari arus nominal MCB.

MCB biasanya digunakan oleh PLN sebagai pembatas daya dalam rumah dan sekaligus sebagai pengaman dan sakelar utama, biasanya MCB terletak dibawah KWH meter. MCB merupakan pengaman listrik yang bekerja dengan prinsip bimetal dan memiliki dua cara pemutusan yakni secara *thermal* (panas) dan elektromagnetik. Saat terjadi hubung singkat maka MCB akan memutuskan arus dengan sangat cepat karena menggunakan cara kerja elektromagnetik, namun saat memutuskan arus karena beban lebih maka akan sedikit lambat karena MCB menggunakan cara kerja berdasarkan panas atau *thermal*. Gambar 2.19 merupakan bentuk fisik dari MCB dan Simbol MCB.



Gambar 2. 19. (a) Bentuk Fisik MCB
(b) Simbol MCB

2.8 Relay

Relay merupakan suatu piranti yang menggunakan elektromagnetik untuk mengoperasikan seperangkat kontak saklar. Susunan sederhana relay terdiri dari kumparan kawat penghantar yang dililitkan pada inti besi. Bila kumparan diberi energi, medan magnet yang terbentuk menarik amatur berporos yang digunakan sebagai pengungkit mekanisme saklar [28]. Relay akan tertutup (*On*) atau terbuka (*Off*) karena efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan (induktor) ketika dialiri arus listrik. Berbeda dengan saklar dimana pergerakan Relay (*On/Off*) dilakukan manual tanpa perlu arus listrik.

Sebagai komponen elektronika, Relay mempunyai peran penting dalam sebuah sistem rangkaian elektronika dan rangkaian listrik untuk menggerakkan sebuah perangkat pengendali yang mempunyai arus kecil. Dengan demikian Relay dapat berfungsi sebagai pengaman.

Ada beberapa jenis Relay berdasarkan cara kerjanya yaitu :

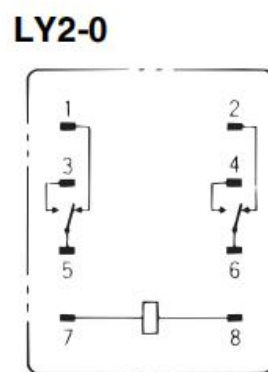
- *Normally Open* (NO), apabila kontak-kontak tertutup saat Relay dicatu
- *Normally closed* (NC), apabila kontak-kontak terbuka saat Relay dicatu
- *Change Over* (CO), Relay mempunyai kontak tengah yang normal tertutup, tetapi ketika Relay dicatu kontak tengah tersebut akan membuat hubungan dengan kontak-kontak yang lain.

Selain itu seperti saklar, Relay juga dibedakan berdasar *Pole* dan *throw* yang dimilikinya, *Pole* adalah banyaknya kontak yang dimiliki oleh Relay. Sedangkan

throw adalah kondisi (*state*) yang mungkin dimiliki kontak. Berikut ini penggolongan Relay berdasar jumlah *pole* dan *throw* atau disebut juga sebagai simbol Relay.

- *Single Pole Single Throw (SPST)* : Relay golongan ini memiliki empat Terminal, dua Terminal untuk Saklar dan dua Terminalnya lagi untuk *Coil*.
- *Single Pole Double Throw (SPDT)* : Relay golongan ini memiliki lima Terminal, tiga Terminal untuk Saklar dan dua Terminalnya lagi untuk *Coil*.
- *Double Pole Single Throw (DPST)* : Relay golongan ini memiliki enam Terminal, diantaranya empat Terminal yang terdiri dari dua Pasang Terminal Saklar sedangkan dua Terminal lainnya untuk *Coil*. Relay DPST dapat dijadikan dua Saklar yang dikendalikan oleh satu *Coil*.

Double Pole Double Throw (DPDT) : Relay golongan ini memiliki Terminal sebanyak delapan Terminal, diantaranya enam Terminal yang merupakan dua pasang. Gambar 2.20 berikut ini merupakan skema koneksi internal dari Relay.



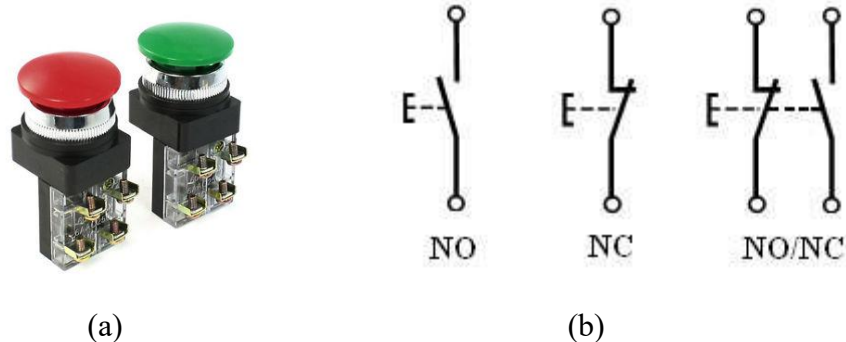
Gambar 2. 20. Skema koneksi internal Relay

2.9 *Push Button*

Pada umumnya saklar *Push Button* adalah tipe saklar yang hanya kontak sesaat saja saat ditekan dan setelah dilepas maka akan kembali lagi menjadi NO, biasanya saklar tipe NO ini memiliki rangkaian penguncinya yang dihubungkan dengan kontaktor dan tipe NO digunakan untuk tombol *on*. *Push Button* ada juga yang bertipe NC, biasanya digunakan untuk tombol *off*. Terdapat 4 konfigurasi saklar *push button*:

- a. Tanpa-pengunci (*no guard*),
- b. Pengunci-penuh (*full guard*),
- c. *Extended guard*, dan
- d. *Mushroom button*

Gambar 2.21 merupakan bentuk fisik dari *Push Button* dan simbol *Push Button*.



Gambar 2. 21. (a) *Push Button*

(b) *simbol Push Button*

Alat ini berfungsi sebagai pemberi sinyal masukan pada rangkaian listrik, ketika / selama bagian knopnya ditekan maka alat ini akan bekerja sehingga kontak-kontaknya akan terhubung untuk jenis *Normally Open* dan akan terlepas untuk jenis *Normally close*, dan sebaliknya ketika knopnya dilepas kembali maka kebalikan dari sebelumnya, untuk membuktikannya pada terminalnya bisa digunakan alat ukur tester / ohm meter. pada umumnya pemakaian terminal jenis NO digunakan untuk menghidupkan rangkaian dan terminal jenis NC digunakan untuk mematikan rangkaian, namun semuanya tergantung dari kebutuhan.

2.10 *Pilot lamp*

Pilot lamp adalah sebuah lampu indikator yang menandakan jika *pilot lamp* ini menyala, maka terdapat sebuah aliran listrik masuk pada panel listrik tersebut. *Pilot lamp* akan bekerja saat ada tegangan yang masuk (*Phase - Netral*) ditandai dengan menyala nya lampu pada *pilot lamp* tersebut. Gambar 2.22 merupakan bentuk fisik dan simbol dari *Pilot lamp*.



(a) bentuk fisik *Pilot lamp*
(b) simbol *Pilot lamp*

Dahulu *pilot lamp* masih dibekali dengan lampu bohlam biasa. Namun sekarang karena teknologi lampu sudah maju kini *pilot lamp* juga tersedia dalam bentuk LED. Karena LED mempunyai beberapa keunggulan dari lampu bohlam biasa, lebih terang dan juga hemat energi.