



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 PLC (Programmable Logic Control)

Programmable Logic Controller atau PLC pada awalnya dikenal sebagai Programmable Controller (PC) yang lahir sebagai produk yang kompak, dapat diprogram dan di reprogram seperti komputer, tidak memakan tempat dan energi yang besar, berbasiskan teknologi digital, yang dapat menggantikan rangkaian relay dan *hardwire*.

Pada saat itu rangkaian relay merupakan tulang punggung system kontrol di industri proses maupun di industri manufaktur. Dengan kata lain produk PLC dewasa ini adalah benar-benar berangkat dari kebutuhan untuk menjalankan industri, agar lebih murah dan efisien. PLC pertama kali dirancang dari General Motor (USA) Divisi Hydromatic pada tahun 1968. Kemudian pada tahun 1977, Allan Bradley Co. Meluncurkan produksi PLC berbasiskan mikroprocessor (intel 8080) yang pertama. Saat ini puluhan pabrik PLC seperti Siemens, Omron, Facon, Mitsubishi dll. Dengan aplikasi mulai dari keperluan alat rumah tangga sampai untuk mengendalikan industri proses atau industry.

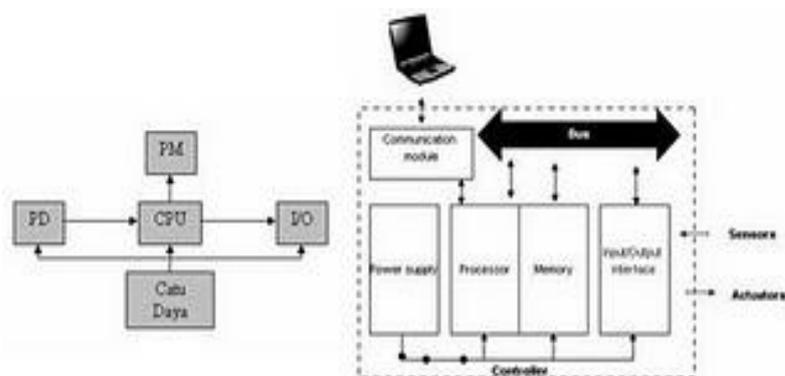
PLC (Programable Logic Controller) merupakan perangkat pengontrol yang berbasiskan fungsi rangkaian logika, namun dalam perkembangannya sejalan dengan kebutuhan industri PLC memiliki fungsi dan aplikasi yang lebih banyak dari rangkaian logika.

PLC adalah peralatan elektronika yang beroperasi secara *digital*, yang menggunakan programable memori untuk menyimpan internal bagi intruksi-intruksi fungsi spesifik seperti logika, sekuensial, timing, counting dan aritmatika untuk mengendalikan secara digital atau analog input atau output sebagai tipe mesin.

PLC merupakan peralatan berbasis microprocessor yang dirancang khusus untuk menggantikan kerja rangkaian logika dan aplikasi lain, juga didesain untuk berbagai aplikasi yang berhubungan dengan sensor-sensor industri. Sistem koordinasi PLC adalah sebagai berikut :

---

---



Gambar 2.1 Sistem Koordinasi PLC

CPU mengeksekusi pengkodean intruksi dari memori, menghasilkan sinyal/data kendali yang diteransfer ke I/O (input-output) atau ke memori. Programing Device (PD) adalah perangkat untuk membuat, mengedit, atau debuing program PLC, merupakan PC dengan adapter communication PLC. Programing Memory (PM) berfungsi menyimpan intruksi, program dan data program PLC, berupa RAM , EPROM ataupun EEPROM. Modul input/output (I/O) adalah parameter input dan output dari peralatan yang dikontrol. Modul ini berupa I/O discrete dan special I/O.

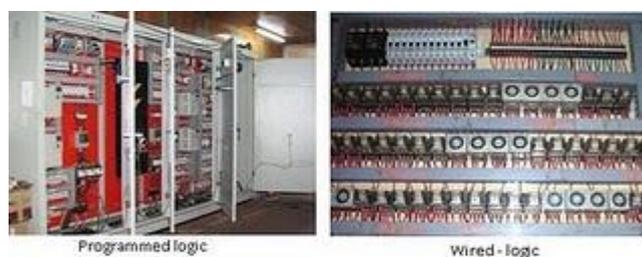
Dikenal 2 tipe memori pada programmable controller, yaitu:

- RAM (Random Access Memory)
- ROM (Read Only Memory)

Pada memory RAM, berisi nilai-nilai variabel yang dapat berubah menurut waktu. Sebagai contoh adalah present value dari timer atau counter, maupun nilai-nilai variabel internal lainnya dari programmable controller. Sedangkan pada ROM, karena sifatnya yang permanen, maka hanya akan berisi data atau program yang sudah fixed (tidak berubah-ubah), seperti security data dari programmable controller, set value dari timer atau counter. Diantara jenis-jenis memori yang termasuk dalam kategori ROM, dikenal EEPROM yang digunakan pada programmable controller pada masa kini.

Pada awal perkembangannya, PLC hanya digunakan untuk operasi logika biasa (on/off suatu output berdasarkan sequence yang sudah ditetapkan). Hal ini sesuai dengan namanya sebagai Programmable Logic Controller, yaitu sebuah computer yang diprogram untuk melakukan operasi-operasi logika.

Dalam perkembangan selanjutnya, istilah ini bergeser menjadi Programmable Controller saja, dimana istilah Logic sudah tidak ada. Hal ini dikarenakan PLC sudah digunakan untuk melakukan operasi-operasi aritmatika, string, dan operasi lain yang tidak sekedar operasi logika biasa.



Gambar 2.2 (a) Programmed logic dan (b) Wired Logic

Sistem kontrol dilihat dari sejarah perkembangannya dapat dibagi menjadi 2 masa, yaitu:

- a. Masa programmed-logic
- b. Masa wired-logic

Pada masa wired-logic, suatu panel akan terdiri dari banyak komponen (seperti relay, timer dan counter) yang mana pengkabelannya secara fisik. Akibatnya untuk rangkaian control skala besar, maka pengkabelannya akan banyak dan rumit. Sebagai konsekuensinya, untuk melakukan modifikasi ataupun troubleshooting jika terjadi masalah akan cukup sulit.

Hal ini berbeda saat teknologi sistem kontrol mengalami banyak perkembangan dan berada pada masa programmed-logic. Di mana pengkabelan secara fisik sudah jauh berkurang dan digantikan oleh pengkabelan secara program (software). Dengan cara ini modifikasi dan troubleshooting system dapat dilakukan dengan jauh lebih mudah dan cepat. Jumlah komponen pada suatu



---

---

panel juga jauh berkurang dengan adanya PLC, dimana relay-relay, timer dan counter sudah terintegrasi didalam sebuah PLC.

### 2.1.1 Jenis Input/Output (I/O)

Jenis I/O pada PLC antara lain :

1. Discrete I/O yaitu digital input dan output berbentuk logic dengan taraf high 24VDC atau low 0V atau berupa output kontak relay yang dapat dialiri sampai 240VAC
2. Special I/O yaitu I/O yang memiliki fungsi – fungsi khusus
  - a. Analog Input Modul
  - b. Temperatur Modul yaitu PT100 atau thermocouple(low level analog input)
  - c. High Speed Counter Modul yaitu frekuensi logic dengan taraf high umumnya 5V, 12V atau 24V.
  - d. Fuzzy Logic Modul
  - e. PID Modul
  - f. Servo Modul
  - g. Communication modul berupa protocol yang dibuat oleh masing-masing pabrikan misalnya Fieldbus, Modbus, Profibus, Ethernet, Sysmac way, Device Net, Control Net

### 2.1.2 Data PLC

Karena dibangun oleh microprocessor maka format data yang diolah dari I/O adalah:

1. Boolean merupakan 1 bit informasi data. Boolean digunakan pada perintah - perintah logic Bit adalah lokasi di memori yang hanya dapat bernilai benar atau salah (logika 1 atau 0). Ada beberapa jenis bit yang dikenal pada programmable controller, seperti input bit, output bit dan internal bit. Gambar di bawah ini dapat memberikan gambaran mengenai pengertian bit. Byte adalah format integer 8 bit data ( 128 ). Dibagi menjadi 2 jenis dengan
- 
-

memakai tanda dan tidak bertanda. Bit yang paling kiri merupakan tanda negative.

2. Word adalah format integer 16 bit data ( 32768 ) yang tersusun dari 2 data byte. Dibagi menjadi 2 jenis dengan memakai tanda dan tidak bertanda. Bit yang paling kiri merupakan tanda negative.
3. Double word adalah format integer 32 bit yang tersusun dari 4 data byte atau 2 data word. Dibagi menjadi 2 jenis dengan memakai tanda dan tidak bertanda. Bit yang paling kiri merupakan tanda negative.
4. Long (64 bit) adalah format integer 64 bit yang tersusun dari 8 data byte atau 4 data word atau 2 data double word. Dibagi menjadi 2 jenis dengan memakai tanda dan tidak bertanda. Bit yang paling kiri merupakan tanda negative.
5. Real atau floating point berupa 32 bit data yang terdiri dari mantisa dan eksponen dengan rumus umum = (tanda) x (1, mantissa) x (2 eksponen – 127). Tanda adalah nilai bit terakhir bila high maka bilangan negative.
6. BCD adalah bilangan biner yang mengkodekan desimal yang paling sedikit adalah 4 bit data dalam suatu bilangan integer yaitu 0000 (0) ~ 1001 (9).
7. ASCII (7 bit dengan parity) digunakan untuk menampilkan alphanumeric dengan kode 7 bit, signifikan paling tinggi sebagai penyimpan parity

### 2.1.3 Power Supply PLC

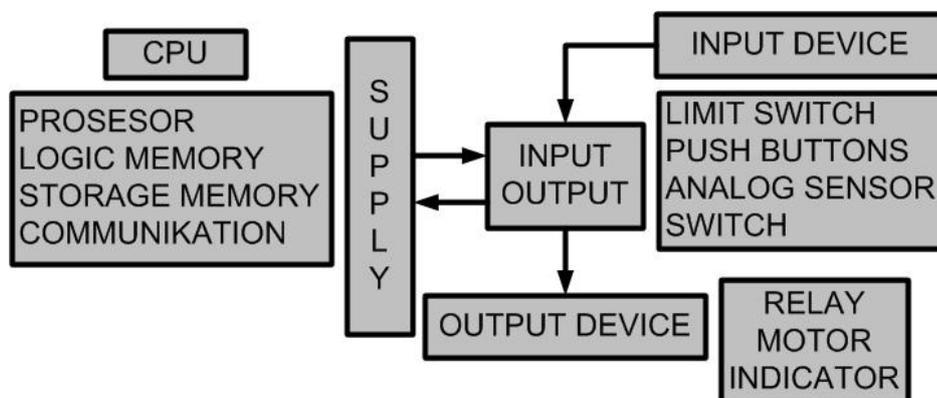
Power Supply PLC memiliki beberapa jenis tipe tagangan dan ukuran arus pensuplai, umumnya inputnya 100VAC ~ 220VAC dan diubah ke standar power supply PLC yaitu 24VDC. Selain mensuplai CPU dan I/O modul dapat juga mensuplay I/O device bergantung dengan type I/O.



Gambar 2.3 Power Supply PLC

PLC (*Programmable Logic Controller*) memiliki *input device* yang disebut sensor, output device serta controller. Peralatan yang dihubungkan pada PLC yang berfungsi mengirim sebuah sinyal ke PLC disebut input device. Sinyal input masuk pada PLC disebut input poin. Input poin ini ditempatkan dalam lokasi memori sesuai dengan statusnya on atau off. Lokasi memori ini disebut lokasi bit. CPU dalam suatu siklus proses yang normal memantau keadaan dari input poin dan menjalankan *on* dan *off* sesuai dengan input bitnya.

Pada dasarnya PLC terdiri dari tiga bagian utama yaitu bagian input/output, bagian prosesor dan perangkat pemrograman (*programming device*).



Gambar 2.4 Blok Diagram Programable Controller.

Ilustrasi dari organisasi memori adalah sebagai peta memori (memori map), yang spacenya terdiri dari kategori *User Programable* dan *Data Table*. *User Program* adalah dimana program *Logic Ladder* dimasukkan dan disimpan yang berupa instruksi – instruksi dalam format *Logic Ladder*. Setiap instruksi memerlukan satu word didalam memori.

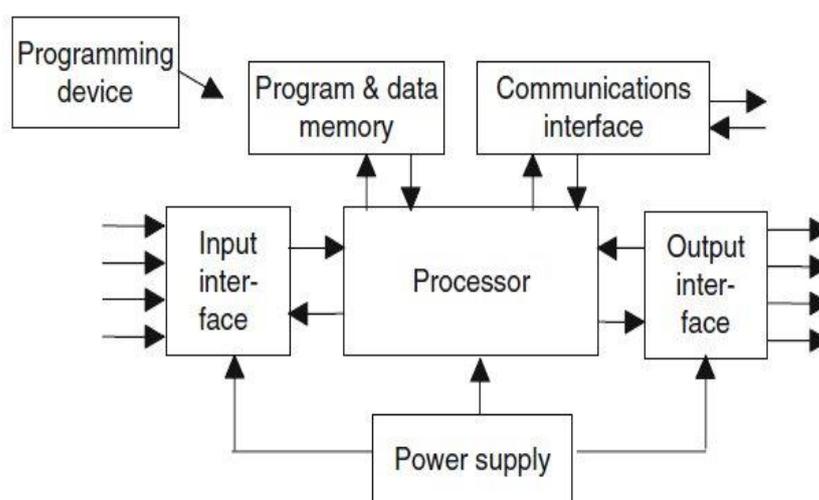
PLC memiliki keunggulan yang signifikan, karena sebuah perangkat pengontrol yang sama dapat dipergunakan di dalam beraneka ragam sistem kontrol. Untuk memodifikasi sebuah sistem kontrol atau aturan-aturan pengontrolan yang dijalankannya, yang harus dilakukan oleh seorang operator hanyalah memasukkan seperangkat instruksinya yang berbeda dari yang digunakan sebelumnya. Penggantian rangkaian kontrol tidak perlu dilakukan. Hasilnya adalah sebuah perangkat yang fleksibel dan hemat-biaya yang dapat

dipergunakan di dalam sistem-sistem kontrol yang sifat dan kompleksitasnya sangat beragam.

PLC serupa dengan komputer namun, bedanya: komputer dioptimalkan untuk tugas-tugas penghitungan dan penyajian data, sedangkan PLC dioptimalkan untuk tugas-tugas pengontrolan dan pengoperasian di dalam lingkungan industri. Dengan demikian PLC memiliki karakteristik :

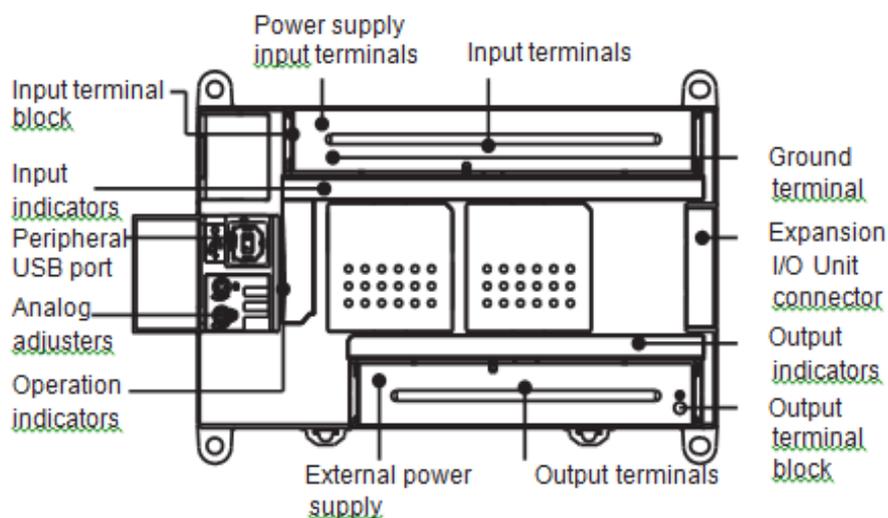
1. Kokoh dan dirancang untuk tahan terhadap getaran, suhu, kelembahan, dan kebisingan.
2. Antarmuka untuk input dan output telah tersedia secara *built-in* di dalamnya.
3. Mudah diprogram dan menggunakan sebuah bahasa pemrograman yang mudah dipahami, yang sebagian besar berkaitan dengan operasi-operasi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

Perangkat PLC pertama dikembangkan pada tahun 1969. PLC secara luas digunakan dan telah dikembangkan dari unit-unit kecil yang berdiri sendiri (*self-contained*) yang hanya mampu menangani sekitar 20 input/output menjadi sistem-sistem modular yang dapat menangani input/output dalam jumlah besar, menangani input/output analog maupun digital dan melaksanakan mode-mode kontrol *proporsional-integral-derivatif*.



Gambar 2.5 Sistem PLC

Adapun spesifikasi PLC yang digunakan dalam rancang bangun mesin stempel ini yaitu PLC-CP1E-E30DR.



Gambar 2.6 Bagian-bagian PLC CP1E-E30DR

Table 2.1 Keterangan bagian-bagian PLC

No	Nama	Fungsi
1	Input terminal block	Blok terminal untuk input seperti input catu daya dan 24 VDC input .
2	Input indicators	Status Input ditampilkan. Sebuah indikator akan ON ketika input ON .
3	Peripheral USB port	Digunakan untuk menghubungkan dari PLC ke komputer pribadi untuk pemrograman dan memantau program oleh CX - Programmer.
4	Analog adjusters	untuk menyesuaikan nilai A642 atau A643 dalam kisaran 0 sampai 255.
5	Operation Indicators	Status operasi CPU Unit dapat dikonfirmasi dengan indikator ini .
6	Power supply input terminal	daya 100 sampai 240 VAC atau 24 VDC dapat diberikan



7	Input terminals	perangkat input seperti switch dan sensor dapat dihubungkan.
8	Ground terminal	Untuk mencegah sengatan listrik , tanah untuk 100 $\Omega$ atau kurang.
9	Expansion I/O Unit Connector	CP-series Ekspansi I / O Unit atau Unit Ekspansi seperti Analog I / O Unit, dan Sensor Suhu dapat dihubungkan.
10	Output indicators	Status output ditampilkan. Sebuah indikator akan ON ketika output adalah ON.
11	Output terminals block	Terminal untuk output seperti output relay, output transistor, dan output catu daya eksternal.
12	Output terminals	Beban seperti lampu, kontaktor, dan katup solenoid dapat terhubung.
13	External Power supply	Terminal output eksternal dapat menerima arus hingga 300mA max di 24VDC. Dapat digunakan sebagai catu daya layanan untuk perangkat input (AC hanya power supply).

#### 2.1.4 Diagram Tangga (Ladder Diagram)

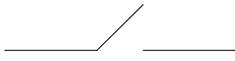
Adalah bahasa pemrograman yang yang dibuat dari persamaan fungsi logika dan fungsi-fungsi lain berupa pemrosesan data atau fungsi waktu dan pencacahan.

Diagram Ladder (Tangga) /Diagram Kontrol Pada PLC

- Normally Open (NO) ,saklar ini menandakan keadaan saklar yang normalnya pada posisi OFF/terbuka dan akan ON/ terhubung bila terenergis.
- Normally Close (NC) , saklar ini menandakan keadaan saklar yang normalnya pada posisi ON/terhubung dan OFF/terbuka akan bila terenergis.
- Keluaran / output. Keluaran dapat berupa lampu, motor dan lain-lain.

- d. Pewaktu (timer), digunakan untuk penundaan waktu ON atau waktu OFF
- e. Pencacah (counter), digunakan untuk pencacahan dimana ketika nilai pencacah itu terpenuhi maka saklar akan terenergies/on.

Elemen – elemen diagram tangga :

Rangkaian konvensional	Dalam bahasa program PLC
Kontak NO 	
Kontak NC 	
Peralatan output	

Bagian-bagian dari ladder diagram dalam pemrograman PLC.

1. Bus bar = Merupakan garis tebal di sisi kiri dan kanan dari ladder diagram, yang mana merupakan simbol dari kutub (+) dan kutub (-) yang akan mengalirkan listrik ke komponen-komponen yang akan dipasang dalam ladder diagram tersebut.
2. Input = merupakan masukan dari luar PLC, baik dari Switch, Sensor, Relay, Timer, Potentiometer ataupun peralatan listrik yang lain, yang secara fisik ada di rangkaian listrik dari mesin, yang dihubungkan ke unit Input PLC, bisa berupa digital input maupun analog input. Biasanya dilambangkan dengan kontak NO dan/atau NC yang berfungsi sebagai syarat untuk berlakunya suatu operasi yang kita inginkan. Input ini biasanya dilambangkan dengan huruf I (input=Inggris) atau E (eingang=Jerman) atau X (Jepang) atau mungkin yang lain, tergantung dari jenis PLC dan bahasa pabrik pembuatnya.
3. Output = merupakan hasil keluaran dari PLC, yang mana bisa berupa digital output maupun analog output, yang bisa langsung dihubungkan kerangkaian listrik yang lain di mesin tersebut melalui unit Output PLC. Output ini biasanya dilambangkan dengan huruf O (output=Inggris) atau A (ausgang=Jerman) atau Y (Jepang) atau mungkin yang lain, tergantung dari jenis PLC dan bahasa pabrik pembuatnya.



4. Internal relay = merupakan relay memori dari PLC itu sendiri, dimana bisa berupa relay, timer, counter, atau operasi-operasi logika yang lain. Seperti Input dan Output, simbol-simbol dari internal relay ini cukup beragam dan berbeda antara pabrikan yang satu dengan yang lain. Bukan hanya itu, jenis fungsinyapun juga bisa berbeda satu dengan yang lain, tetapi bisa dipelajari dengan membaca buku manual yang ada.
5. NO = Normally Open, adalah kondisi dimana saat kontak tersebut tidak ditekan/mati maka kontak tersebut dalam kondisi tidak terhubung/putus. Sebaliknya, saat kontak tersebut ditekan/bekerja maka kontak tersebut dalam kondisi terhubung.
6. NC = Normally Close, adalah kondisi dimana saat kontak tersebut tidak ditekan/mati maka kontak tersebut dalam kondisi terhubung. Sebaliknya, saat kontak tersebut ditekan/bekerja maka kontak tersebut dalam kondisi tidak terhubung/putus.

### 2.1.5 Prinsip kerja

Pada dasarnya untuk membuat program ladder diagram adalah dengan menghubungkan busbar sisi kiri ke busbar sisi kanan sesuai dengan kondisi dan instruksi yang diinginkan untuk dikerjakan oleh unit PLC dalam menjalankan perintah ke mesin yang dikontrolnya.

Jalur operasi kerja itu bisa dibagi dalam 2 bagian, yaitu:

1. Sisi Kiri = merupakan sisi pengkondisian, dimana biasanya terdiri dari rangkaian simbol kontak NO dan/atau NC, baik yang berasal dari switch input langsung ataupun dari switch internal relay hasil operasi perintah kerja dalam program yang bersangkutan.
2. Sisi Kanan = merupakan sisi perintah kerja, dimana biasanya berupa simbol relay dan bisa dipasang sebagai output langsung ataupun berupa internal relay, timer, counter dan operasi-operasi lainnya.

Jadi bilamana kondisi-kondisi yang ada di sisi kiri bisa dalam keadaan terhubung semua, maka arus listrik kutub (+) dari busbar kiri akan mengalir dan



---

menghidupkan operasi kerja di sisi kanan yang menempel dengan listrik kutub (-) di busbar kanan.

### 2.1.6 Langkah-Langkah Perancangan Program

Perancangan software ini terdiri dari dua bagian yaitu perancangan ladder diagram untuk menjalankan PLC dan perancangan HMI. Perancangan software ini saling terkait satu sama lain, karena tanpa perancangan ladder diagram terlebih dahulu nanti akan mengalami kesulitan dalam membuat software HMI-nya. Perancangan ladder diagram ini menggunakan *software CX-Programmer versi 9.0*, sedangkan untuk perancangan HMI menggunakan *Cx-Supervisor versi 3.0*.

#### 2.1.6.1 Perancangan Ladder diagram

Perancangan ladder diagram ini menggunakan *software CX-Programmer*, *CX-Programmer* adalah alat pemrograman *PLC OMRON* yang berfungsi untuk penciptaan, pengujian dan pemeliharaan program-program yang terkait dengan *PLC OMRON CS/CJ, PLC CP-series, PLC CV-Seri* dan *PLC C-series*. *CX-Programmer* menyediakan fasilitas untuk mendukung perangkat PLC dan alamat informasi untuk komunikasi dengan PLC OMRON dan mendukung jenis jaringan. *CX-Programmer* diciptakan untuk menggantikan aplikasi *OMRON SYSWIN* dan *SYSMAC-CPT*.

Dalam perancangan ladder diagram ini terlebih dahulu ditentukan kebutuhan I/O PLC yang dipakai. Penentuan nomor I/O ini penting dilakukan untuk memudahkan dalam pembuatan ladder diagram, agar tidak terjadi kesalahan dalam pemrograman.

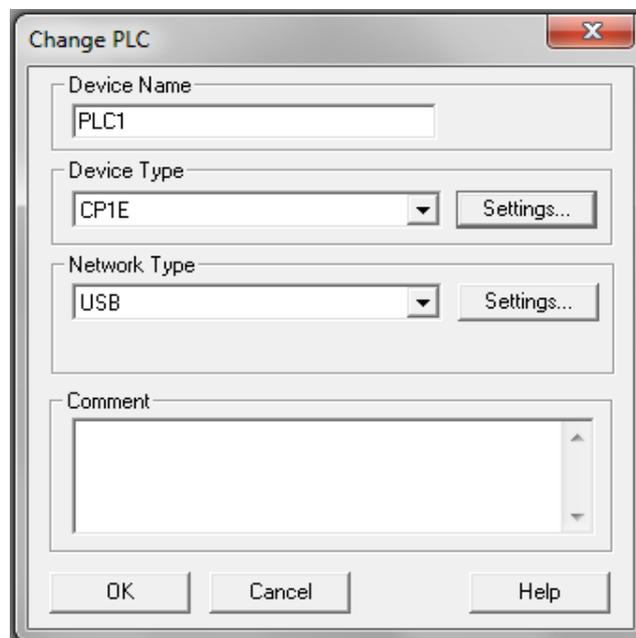
#### 2.1.6.2 Langkah-langkah mengoperasikan aplikasi *Cx-Programmer* untuk membuat Program Ladder.

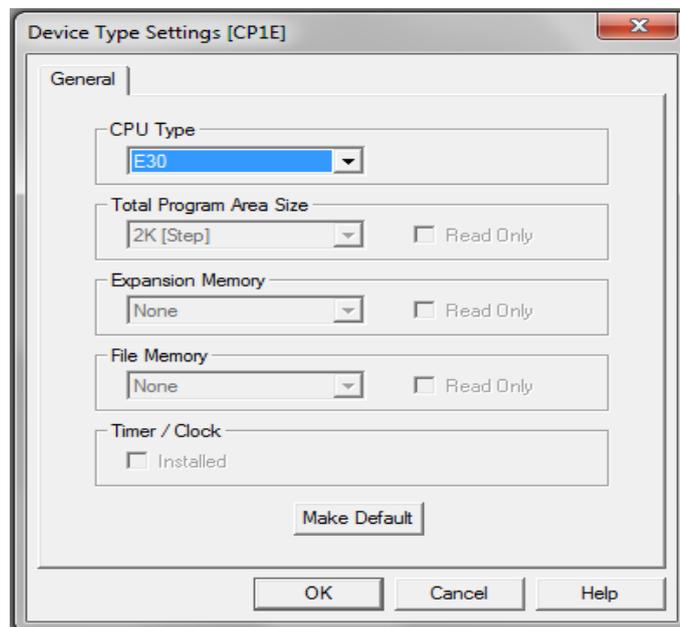
1. Pertama masuk ke aplikasi *CX-Programmer* yang sudah kita install sebelumnya pada laptop atau PC.
-

- Setelah masuk dalam aplikasi *CX-Programmer*, langkah selanjutnya adalah kita membuat sebuah project dengan langkah seperti berikut :  
Klik File > New.

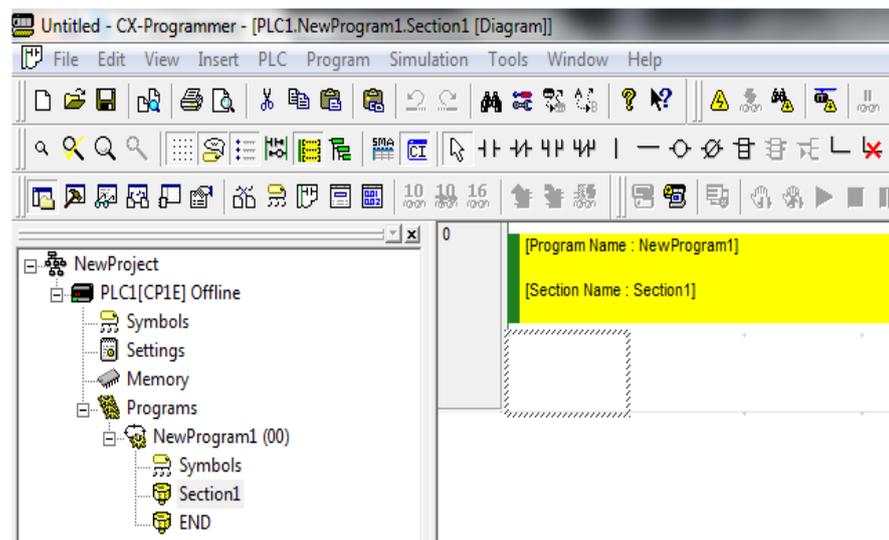


- Kemudian akan muncul tampilan seperti gambar dibawah ini, kita harus mengisikan *Device Name* dan *Device Type*. Untuk *Device Type* kita pilih *CP1E* karena PLC yang kita gunakan adalah tipe *CP1E*, selanjutnya Klik : Setting untuk mengatur I/O pada PLC, kemudian klik OK.



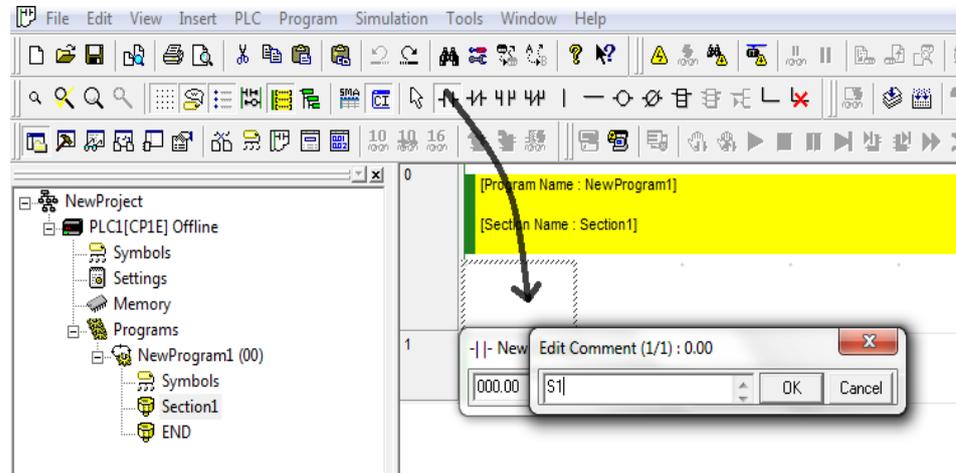


4. Apabila kita sudah melalui tahap tersebut, akan muncul window seperti gambar dibawah ini, dimana kita dapat membuat ladder programm untuk PLC.

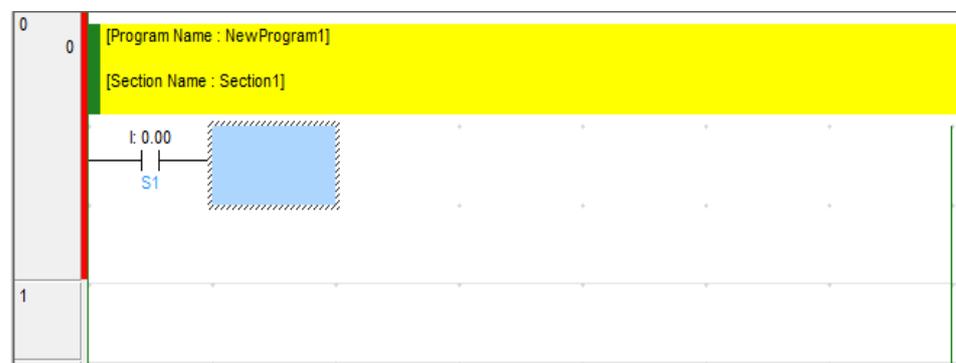


5. Setelah itu kita dapat memulai membuat program dengan menggunakan instruksi-instruksi yang terdapat pada tool bar.
6. Semisal contoh kita ingin inputnya menggunakan kontak NO, pilih tool bar dengan symbol kontak NO lalu seret tool bar tsb ke Rung.

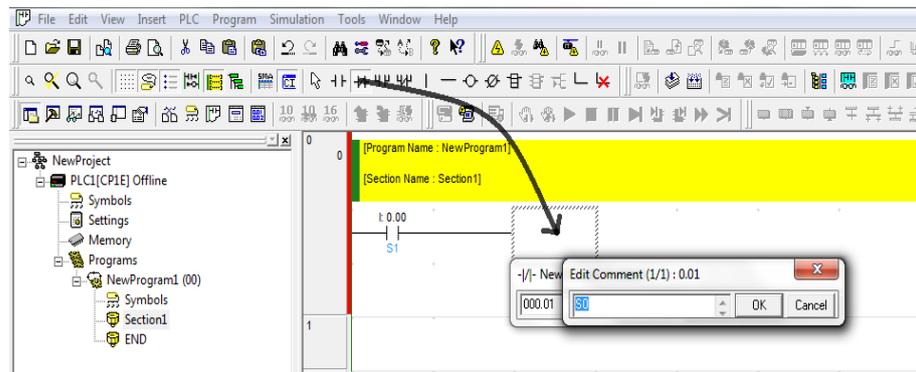
7. Kemudian kita diharuskan melakukan pengalamatan pada kontak yang kita gunakan. Seperti gambar dibawah ini.



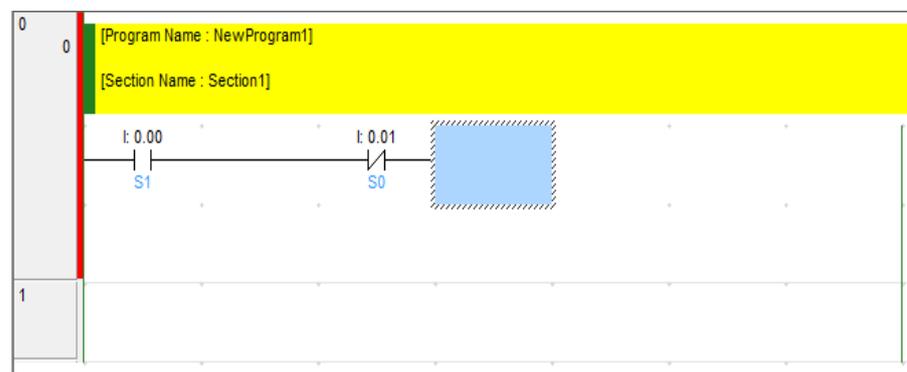
8. Setelah melakukan pengalamatan akan muncul kontak NO dengan alamat 0.00 pada Rung. Beri Penamaan pada kontak NO misalnya : S1, klik Ok.



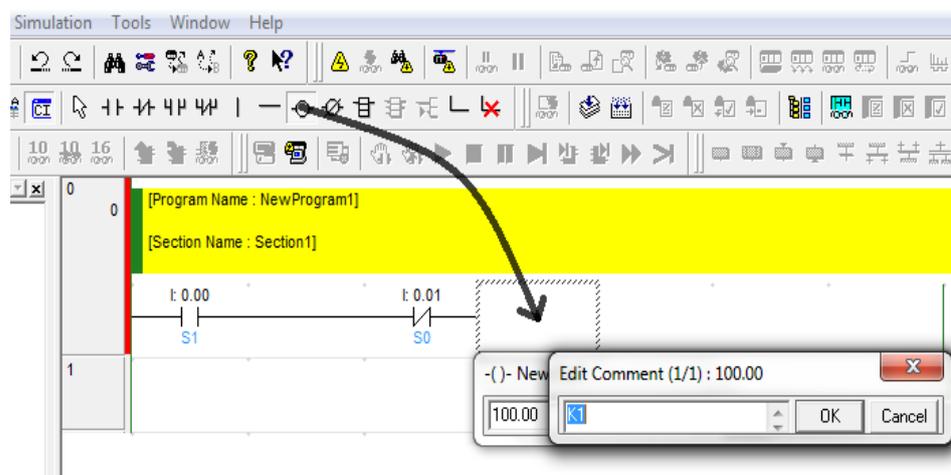
9. Apabila ingin menambahkan inputan lagi, semisal contoh kontak NC, kita dapat melakukan prosedur yang sama seperti saat menambahkan kontak NO,



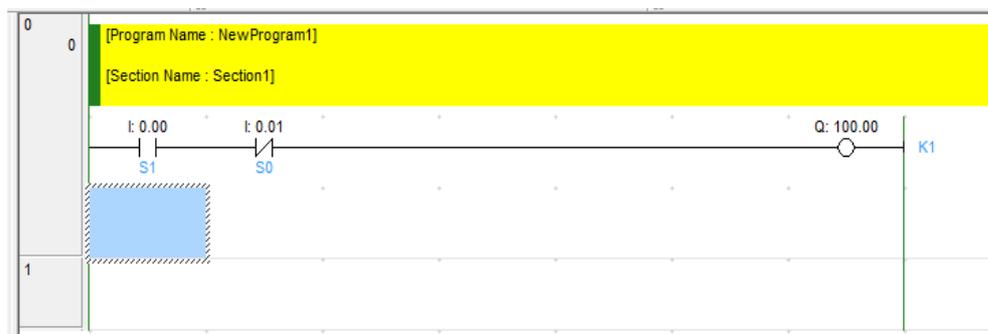
tetapi untuk pengalamatan harus disesuaikan, jangan sampai ada crash, atau pengalamatan yang sama.



10. Untuk menambahkan output pada ladder dapat menggunakan instruksi pada tool bar yang sudah tersedia, dan melakukan pengalamatan seperti saat menambahkan input.



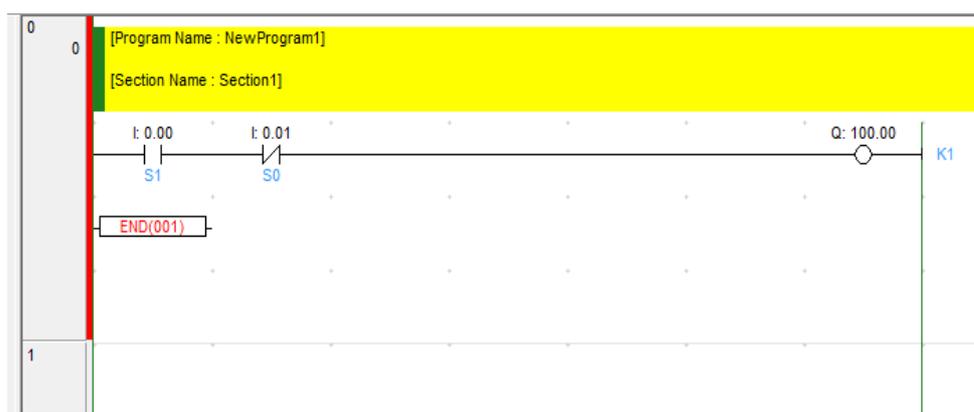
Selanjutnya Klik Ok.



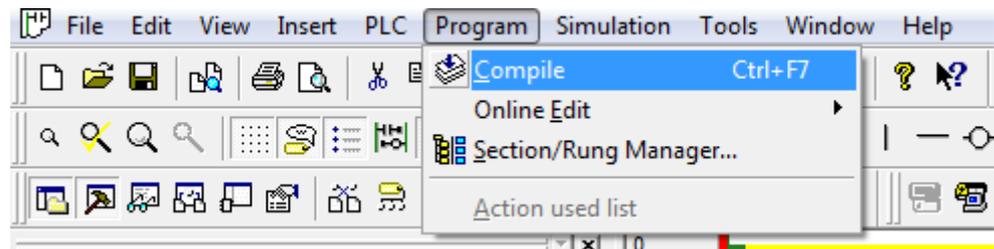
11. Setelah menambahkan input dan output pada Rung sudah selesai jangan lupa untuk menambahkan instruksi fungsi *END*, untuk mengakhiri bahwa program sudah selesai.



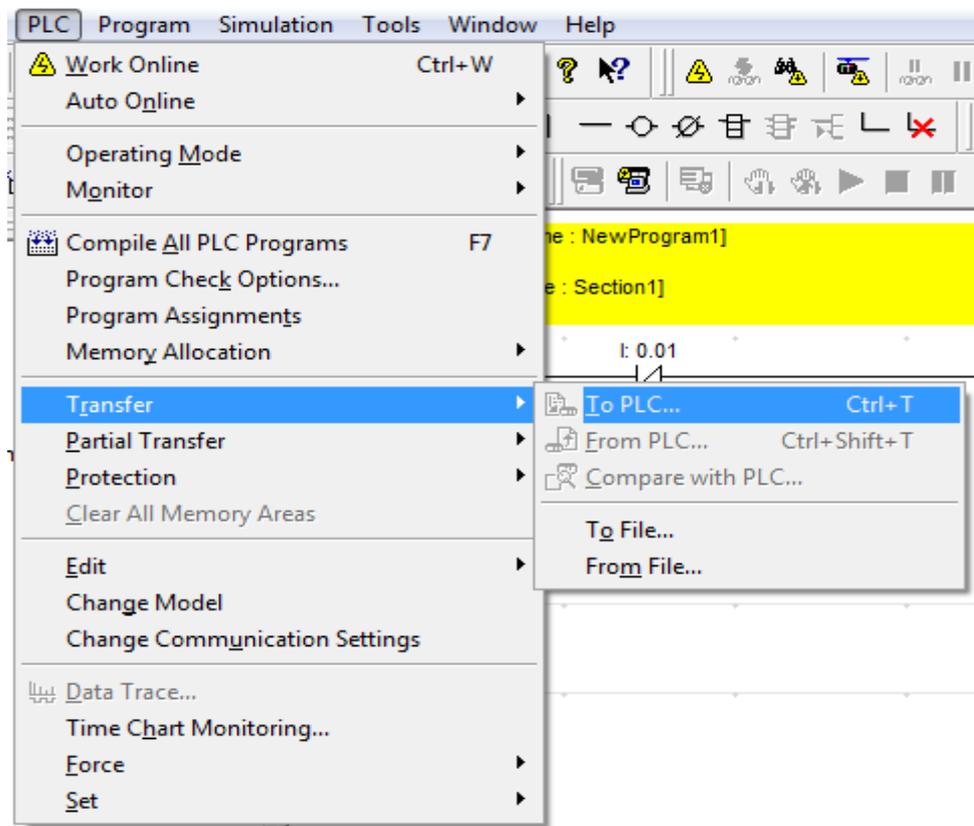
12. Setelah ladder program selesai dibuat seperti gambar di bawah ini.



13. Langkah selanjutnya adalah mengcompile project yang sudah kita buat dengan cara seperti gambar dibawah ini, klik ; Program > Compile > Ok.



14. Setelah program sudah berhasil dcompile, tinggal kita download Program ke PLC yang sudah terkoneksi dengan PC kita, Klik : PLC > Transfer > To PLC



15. Setelah File telah terdownload akan muncul info bahwa download successfully.

---

## 2.2 Motor Arus Searah (Motor DC)



Gambar 2.7 Motor DC

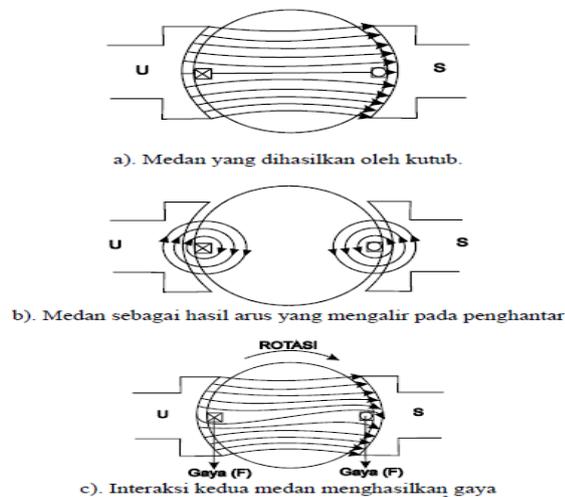
Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/direct-unidirectional.

Prinsip kerja motor DC. Sebuah kawat yang dialiri arus diletakkan diantara dua kutub magnet yang berlawanan, maka pada kawat tersebut akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat tersebut. Arah gerak gaya tersebut dapat ditentukan dengan kaidah tangan kiri yang berbunyi sebagai berikut. Apabila tangan kiri terbuka diantara kutub U dan S, sehingga garis-garis gaya yang keluar dari Kutub Utara menembus telapak tangan kiri arus didalam kawat mengalir searah dengan arah keempat jari, maka kawat itu akan mendapat gaya yang arahnya sesuai dengan arah ibu jari. Gaya menimbulkan torsi yang akan menghasilkan rotasi mekanik, sehingga motor akan berputar. Jadi motor arus searah ini menerima sumber arus searah kemudian diubah menjadi energi mekanik.

Prinsip kerja dari motor arus searah adalah sebagai berikut :

1. Adanya garis-garis gaya medan magnet (*fluks*), antara kutub yang ada di stator.
  2. Penghantar yang dialiri arus ditempatkan pada jangkar yang berada dalam medan magnet tadi.
-

3. Pada penghantar timbul gaya yang menghasilkan torsi



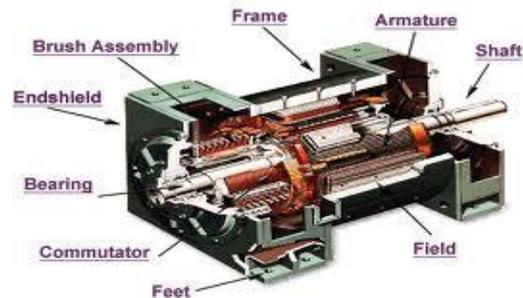
Gambar 2.8 Prinsip Kerja Motor DC

Karena garis gaya berusaha mencari jalan yang sependek-pendeknya, maka kawat akan mendapat tekanan yang arahnya kebawah. Hal ini disebabkan gaya saling dorong dari kedua medan magnet. Bila sebuah belitan terletak dalam medan magnet yang serupa, tetapi kedua sisi belitan itu mempunyai arus yang arahnya berlawanan, maka arah gerak kawat berlainan sehingga menghasilkan suatu gaya putaran atau disebut kopel.

Sebuah motor DC memiliki kumparan-kumparan kawat yang dipancangkan di dalam slot-slot pada sebuah silinder yang terbuat dari bahan feromagnetik. Silinder ini diberi nama armature. Armature dipasang pada suatu bentuk dudukan (bearing) dan bebas berputar. Dudukan armature adalah sebuah medan magnet yang dihasilkan oleh magnet-magnet permanen atau arus yang dialirkan melalui kumparan-kumparan kawat yang dinamakan kumparan medan. Kedua bentuk magnet ini, magnet permanen maupun elektromagnet, disebut sebagai stator (bagian yang diam).

Ketika arus mengalir melalui kumparan armatur, karena sebuah konduktor berarus yang berada tegak lurus terhadap sebuah medan magnet akan mengalami gaya, gaya-gaya akan bekerja pada kumparan tersebut dan mengakibatkan perputaran. Beberapa buah sikat dan sebuah komutator digunakan untuk

membalikkan arah aliran arus di dalam kumparan pada tiap-tiap setengah putaran, guna mempertahankan putaran kumparan.



Gambar 2.9 Elemen-elemen dasar sebuah motor dc

Kecepatan putaran dapat diubah dengan cara mengubah besarnya arus di dalam kumparan armature. Akan tetapi, karena sumber tegangan tetap biasanya digunakan sebagai input ke kumparan, perubahan arus yang diperlukan seringkali diperoleh melalui penggunaan sebuah rangkaian elektronik. Rangkaian ini dapat mengontrol nilai rata-rata tegangan, dan dengan sendirinya arus, dengan cara mengubah-mengubah interval waktu, dalam mana tegangan, Istilah modulasi lebar pulsa (pulse width modulation-PWM) dipakai karena lebar pulsa-pulsa tegangan digunakan untuk mengontrol rata-rata tegangan DC yang diberikan ke armature. Sebuah PLC, oleh karenanya mengontrol kecepatan putaran sebuah motor dengan jalan mengontrol rangkaian elektronik yang digunakan untuk mengatur lebar pulsa-pulsa tegangan.

### 2.3 Silinder Pneumatik



Gambar 2.10 Pneumatik



---

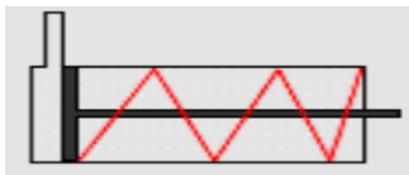
---

Silinder pneumatik adalah aktuator atau perangkat mekanis yang menggunakan kekuatan udara bertekanan (udara yang terkompresi) untuk menghasilkan kekuatan dalam gerakan bolak-balik piston secara linier (gerakan keluar-masuk). Silinder pneumatik merupakan alat atau perangkat yang sering kita jumpai pada mesin-mesin industri, baik itu dalam industri otomotif, industri kemasan, elektronik, dan berbagai industri maupun instansi-instansi yang lain. Silinder pneumatik biasa digunakan untuk menjepit benda, mendorong mesin pemotong, penekan mesin pengepresan, peredam getaran, pintu penyortiran, dan lain sebagainya. Silinder pneumatik mungkin memang memiliki banyak fungsi kegunaan, akan tetapi fungsi dasar silinder tidak pernah berubah, dimana mereka berfungsi mengkonversi tekanan udara atau energi potensial udara menjadi energi gerak atau kinetik.

Dalam pengoperasiannya, silinder pneumatik dikontrol oleh katup atau valve pengontrol. Katup pengontrol ini berfungsi mengontrol arah udara yang akan masuk ke tabung silinder. Dengan kata lain, katup kontrol arah inilah yang mengontrol gerakan maju atau mundur (keluar atau masuk) piston. Katup kontrol arah ini biasa dikendalikan secara mekanis atau manual dengan tangan, maupun secara elektrik seperti Solenoid valve.

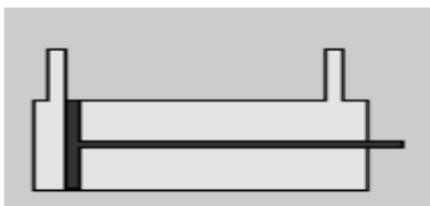
Berikut ini adalah dua tipe silinder pneumatik yang paling umum atau sering digunakan di industri – industri :

1. Silinder kerja tunggal (single acting cylinder), merupakan jenis silinder yang hanya memiliki satu port untuk masuknya udara bertekanan. Silinder ini menggunakan kekuatan udara bertekanan untuk mendorong ataupun menekan piston dalam satu arah saja (umumnya keluar). Dan menggunakan pegas pada sisi yang lain untuk mendorong piston kembali pada posisi semula. Akan tetapi silinder ini memiliki kelemahan dimana sebagian kekuatan dari silinder hilang untuk mendorong pegas.
- 
-



Gambar 2.11 Silinder Kerja Tunggal

2. Silinder kerja ganda (double acting cylinder), merupakan silinder yang memiliki dua port untuk instroke dan outstroke. Silinder jenis ini menggunakan kekuatan udara bertekanan untuk mendorong piston keluar dan mendorong piston untuk kembali pada posisi awal (menarik kedalam). Sehingga silinder ini membutuhkan lebih banyak udara dan katup pengontrol arah yang lebih kompleks bila dibandingkan dengan silinder kerja tunggal.



Gambar 2.12 Silinder Kerja Ganda

Untuk menjaga kinerja dari silinder pneumatik, maka diperlukan perawatan yang secara berkala. Dimana dalam perawatan ini yang perlu diperhatikan adalah kualitas dari udara. Kualitas udara bertekanan yang masuk ke tabung silinder harus dalam keadaan kering, bersih, dan tidak mengandung air. Sehingga perlu diperhatikan sistem penyaringan (filter) dan pengeringan (dryer) udaranya, apakah dalam keadaan baik atau buruk. Kemudian kita juga harus perhatikan pergesekan akibat pergerakan keluar masuknya piston. Dalam sistem pneumatik biasanya juga terdapat lubrikator yang memberikan pelumasan untuk mengurangi pergesekan dalam silinder. Rusaknya seal akibat masa pemakaian yang lama (lifetime), haus atau berbagai penyebab yang lainnya akan menyebabkan kebocoran udara pada silinder. Periksa kebocoran udara pada silinder secara manual dengan cara melepas salah satu selang masuknya udara, lalu coba aktifkan silinder secara manual dan perhatikan apakah ada udara yang



---

keluar dari port yang selangnya dilepas tadi. Lakukan pengecekan seperti ini pada sisi yang lainnya. Dan apabila ditemukan kebocoran maka pergantian seal harus dilakukan, karena apabila rusaknya seal tersebut akibat aus dan tidak diganti, maka akan menyebabkan kerusakan yang lebih parah, seperti scratch atau goresan-goresan pada tabung rumah silinder. Dalam pergantian seal kit akan lebih baik diganti semua, karena sulit bagi kita untuk mengetahui baik-buruknya keadaan seal tersebut, selain itu agar lifetime dari semua seal (seal package) yang ada pada silinder tersebut sama.

#### Prinsip Kerja Silinder Kerja Ganda

Dengan memberikan udara bertekanan pada satu sisi permukaan piston (arah maju), sedangkan sisi yang lain (arah mundur) terbuka ke atmosfer, maka gaya diberikan pada sisi permukaan piston tersebut sehingga batang piston akan terdorong keluar sampai mencapai posisi maksimum dan berhenti. Gerakan silinder kembali masuk, diberikan oleh gaya pada sisi permukaan batang piston (arah mundur) dan sisi permukaan piston (arah maju) udaranya terbuka ke atmosfer.

Keuntungan silinder kerja ganda dapat dibebani pada kedua arah gerakan batang pistonnya. Ini memungkinkan pemasangannya lebih fleksibel. Gaya yang diberikan pada batang piston gerakan keluar lebih besar daripada gerakan masuk. Karena efektif permukaan piston dikurangi pada sisi batang piston oleh luas permukaan batang piston.

Silinder aktif adalah dibawah kontrol suplai udara pada kedua arah gerakannya. Pada prinsipnya panjang langkah silinder dibatasi, walaupun faktor lengkungan dan bengkokan yang diterima batang piston harus diperbolehkan. Seperti silinder kerja tunggal, pada silinder kerja ganda piston dipasang dengan seal jenis cincin O atau membran.

---

---

## 2.4 Proximity Sensor



Gambar 2.13 Proximity Sensor

Sensor proksimiti adalah sensor yang mampu mendeteksi kehadiran objek di sekitar tanpa melalui kontak fisik. Sensor proksimitas memancarkan medan elektromagnetik atau sinar radiasi elektromagnetik (inframerah misalnya), dan mencari perubahan dalam medan atau sinyal yang kembali. Objek yang dideteksi disebut sebagai target sensor proksimitas. Target sensor proksimitas yang berbeda juga menuntut sensor yang berbeda pula. Misalnya, sensor fotolistrik kapasitif mungkin cocok untuk target yang terbuat dari plastik, sedangkan sensor proksimitas induktif memerlukan target logam.

Jarak maksimum yang bisa dideteksi oleh sensor ini didefinisikan dengan "kisaran nominal". Beberapa sensor memiliki penyesuaian kisaran nominal atau sarana untuk melaporkan jarak pendeteksian. Sensor proksimitas bisa memiliki keandalan yang tinggi dan fungsionalitas yang lama karena tidak adanya bagian mekanik dan kurangnya kontak fisik antara sensor dan objek yang dideteksi.

Sensor proksimitas juga digunakan pada mesin pemantau getaran untuk mengukur variasi jarak antara poros dan bantalan pendukung. Hal ini umum digunakan pada turbin uap besar, kompresor, dan motor yang menggunakan lengan berjenis bantalan. International Electrotechnical Commission (IEC) 60947-5-2 berperan sebagai pendefinisi rincian teknis sensor proksimitas.

Pada telepon genggam yang menggunakan layar sentuh, sensor proksimitas berguna untuk mengukur seberapa dekat jarak layar ponsel dengan benda lain ; pada saat menerima telepon atau melakukan panggilan telepon, pengguna akan mendekatkan ponsel ke telinga. Pada saat itu secara otomatis fungsi layar sentuh akan mati sehingga layar tidak merespon kalau terkena telinga

---



---

---

atau bagian tubuh yang lain. Ketika ponsel menjauh dari telinga, fungsi layar sentuh aktif kembali dan layarnya menyala kembali.

Sebuah sensor Proximity dapat mendeteksi benda-benda tanpa kontak fisik. Sebuah sensor jarak sering memancarkan medan elektromagnetik atau balok dan mencari perubahan di lapangan. Obyek yang merasakan sering disebut sebagai target sensor jarak itu. Target sensor jarak yang berbeda menuntut sensor yang berbeda. Sebagai contoh, sebuah sensor kapasitif atau fotolistrik mungkin cocok untuk target plastik ; sebuah sensor jarak induktif memerlukan target logam.

Dalam sensor kedekatan kapasitif, obyek merasakan perubahan konstanta dielektrik antara dua piring. Sebuah sensor jarak memiliki jangkauan, yang biasanya dikutip relatif terhadap air. Karena perubahan kapasitansi memakan waktu yang relatif lama untuk mendeteksi, kisaran beralih atas sensor jarak sekitar 50 Hz. Sensor kedekatan sering ditemukan dalam penanganan massal mesin, detektor level, dan deteksi paket. Salah satu keuntungan dari sensor kedekatan kapasitif adalah bahwa mereka tidak terpengaruh oleh debu atau kontainer buram, yang memungkinkan mereka untuk menggantikan perangkat optik. Sebuah kapasitif sensor jarak khas memiliki jangkauan penginderaan 10 mm dan 30 mm. Sensor jarak menggabungkan potensiometer untuk memungkinkan fine tuning dari rentang sensing dan berulang-ulang dapat mendeteksi objek dalam 0,01 mm dari set point. Frekuensi Switching adalah 10 Hz, dan rentang temperatur operasi adalah -14 sampai 158 ° F.

Pengkondisian output dari sensor jarak selalu sulit. Desainer Sensor jarak harus menghadapi linearitas, hysteresis, ketidakstabilan tegangan eksitasi, dan tegangan offset. Sebuah sensor jarak yang mengukur aliran arus antara elektroda sensing dan target memberikan readouts di unit teknik yang tepat. Biasanya, satu sisi dari sumber tegangan atau osilator terhubung ke elektroda sensing, dan sisi lain menghubungkan melalui rangkaian saat ukur untuk target, yang umumnya merupakan bagian logam di bumi atau potensial tanah.

Probe digunakan dengan sensor jarak kapasitif memiliki sebuah piringan pipih atau elemen penginderaan persegi panjang yang dikelilingi oleh penjaga

---

---

elektroda yang menyediakan isolasi listrik antara sensor jarak dan perumahan. Penjaga itu juga memastikan bahwa garis-garis medan elektrostatik yang berasal dari probe sejajar dan tegak lurus terhadap permukaan sensor jarak.

Sistem sensor kapasitansi kedekatan dapat membuat pengukuran dalam 100  $\mu$ sec dengan resolusi untuk 10-7 inci (0,001 mikron). Probe diameter berkisar dari beberapa ribu inci sampai beberapa meter untuk pengukuran mulai dari ribu inci sampai beberapa meter yang sesuai.

## 2.5 Solenoid Valve

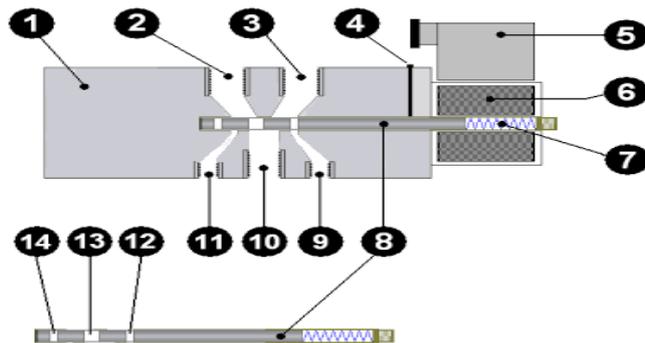


Gambar 2.14 Solenoid Valve

Solenoid valve pneumatic adalah katup yang digerakan oleh energi listrik, mempunyai kumparan sebagai penggeraknya yang berfungsi untuk menggerakkan plunger yang dapat digerakan oleh arus AC maupun DC. Solenoid valve pneumatic atau katup (valve) solenoida mempunyai lubang keluaran, lubang masukan, lubang jebakan udara (exhaust) dan lubang Inlet Main. Lubang Inlet Main, berfungsi sebagai terminal / tempat udara bertekanan masuk atau supply (service unit), lalu lubang keluaran (Outlet Port) dan lubang masukan (Outlet Port), berfungsi sebagai terminal atau tempat tekanan angin keluar yang dihubungkan ke pneumatic, sedangkan lubang jebakan udara (exhaust), berfungsi untuk mengeluarkan udara bertekanan yang terjebak saat plunger bergerak atau pindah posisi ketika solenoid valve pneumatic bekerja.

Prinsip kerja dari solenoid valve/katup (valve) solenoida yaitu katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggeraknya dimana ketika koil mendapat supply tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga

menggerakkan plunger pada bagian dalamnya ketika plunger berpindah posisi maka pada lubang keluaran dari solenoid valve pneumatic akan keluar udara bertekanan yang berasal dari supply (service unit), pada umumnya solenoid valve pneumatic ini mempunyai tegangan kerja 100/200 VAC namun ada juga yang mempunyai tegangan kerja DC.



Gambar. 2.15 Struktur fungsi solenoid valve

Berikut keterangan gambar Solenoid Valve Pneumatic:

1. Valve Body
2. Terminal masukan (Inlet Port)
3. Terminal keluaran (Outlet Port)
4. Manual Plunger
5. Terminal slot power suplai tegangan
6. Kumparan gulungan (koil)
7. Spring
8. Plunger
9. Lubang jebakan udara (exhaust from Outlet Port)
10. Lubang Inlet Main
11. Lubang jebakan udara (exhaust from inlet Port)
12. Lubang plunger untuk exhaust Outlet Port
13. Lubang plunger untuk Inlet Main
14. Lubang plunger untuk exhaust inlet Port

---

## 2.6 Sensor Fiber Optik BF4R



Gambar 2.16 Sensor Fiber Optik

Fiber optik merupakan serat yang mampu mengantarkan gelombang elektromagnetik. Dalam menghantarkan gelombang elektromagnetik, fiber optik dipengaruhi oleh indeks bias dan sudut dimana sinar dapat diterima oleh fiber optik. Karena pada dasarnya perambatan cahaya dalam fiber optik memiliki sifat seperti gelombang elektromagnetik, yaitu berjalan linier, dipantulkan dan dibiaskan. Sehingga perambatan cahaya dalam serat optik dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor tertentu yang mengakibatkan terjadinya rugi-rugi.

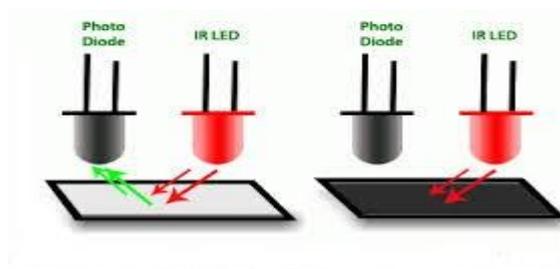
Perkembangan fiber optik saat ini tidak lagi terpusat pada jaringan telekomunikasi sebagai media transmisi data. Perkembangan teknologi saat ini juga berpengaruh pada bidang optik. fiber optik menjadi teknologi alternatif yang dapat menggantikan fungsi kabel konvensional sebagai pengalir isyarat elektrikal. Dimana fiber optik sekarang telah dimanfaatkan sebagai sensor atau yang dikenal dengan *Fiber Optic Sensor* (FOS). Pemanfaatan fiber optik sebagai sensor memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan sensor elektrik yang telah dimanfaatkan selama ini. Fiber optik memiliki beberapa kelebihan, termasuk diameter kecil, ringan, tahan terhadap interferensi elektromagnetik, dapat digunakan dalam lingkungan yang kurang ramah (seperti di letakkan di tegangan tinggi dan suhu tinggi), sensitivitas tinggi dan kemampuan untuk merasakan serta mengirimkan informasi. Selain itu fiber optik juga tidak mudah korosi, mempunyai bahan isolasi elektrikal (tidak membutuhkan kabel listrik), tidak memicu terjadinya kebakaran atau ledakan akibat dari loncatan elektron seperti halnya pada sensor elektrik.

---

Sistem *sensing* (penginderaan) berdasarkan pada fiber optik telah meningkat penggunaannya dalam telekomunikasi, perangkat listrik, struktur ruang angkasa dan di bidang medis. Pemanfaatan sensor fiber optik sekarang ini sudah sangat beragam seperti fiber untuk sensor gas, kelembaban, pengukuran suhu, tekanan, sensor getaran, perpindahan dan lain sebagainya.

Pemanfaatan *Fiber Optic Sensor* (FOS) sebagai sensor tekanan, temperatur, *strain*, bertumpu pada kinerja fiber optik sebagai sensor pergeseran dengan memanfaatkan daerah kerja sensor pergeseran tersebut. Namun ada pula sensor fiber optik yang memanfaatkan rugi-rugi pada fiber optik itu sendiri. Rugi-rugi ini terjadi karena terjadinya pelemahan intensitas cahaya dalam fiber optik karena adanya gangguan, seperti bungkakan (*bending*). Karena adanya pelemahan intensitas ini, maka intensitas yang ditangkap oleh *receiver* otomatis berkurang. Prinsip inilah yang dapat dimanfaatkan sebagai sensor. Selain itu ada pelemahan intensitas pada fiber optik juga dapat dilakukan dengan cara menggores fiber itu sendiri. Saat cahaya yang lewat pada fiber optik melewati daerah yang tergores, maka sebagian cahaya akan terhambur keluar dan juga intensitas cahaya yang ditangkap receiver otomatis juga berkurang. Prinsip ini juga dimanfaatkan untuk sensor fiber optik, seperti sensor fiber berbasis *evanescent wave* (sensor gas, uap, maupun sensor berbasis kimia).

## 2.7 Sensor Photodioda



Gambar 2.17 Sensor Infrared (Photodioda)

### 2.7.1 Pengertian Photodioda

Photodioda adalah suatu jenis dioda yang resistansinya berubah-ubah kalau cahaya yang jatuh pada dioda berubah-ubah intensitasnya. Dalam gelap nilai

tahanannya sangat besar hingga praktis tidak ada arus yang mengalir. Semakin kuat cahaya yang jatuh pada dioda maka makin kecil nilai tahanannya, sehingga arus yang mengalir semakin besar. Jika photodioda persambungan p-n bertegangan balik disinari, maka arus akan berubah secara linier dengan kenaikan fluks cahaya yang dikenakan pada persambungan tersebut.

Photodioda terbuat dari bahan semikonduktor. Biasanya yang dipakai adalah silicon (Si) atau gallium arsenide (GaAs), dan lain-lain termasuk indium antimonide (InSb), indium arsenide (InAs), lead selenide (PbSe), dan timah sulfide (PBS). Bahan-bahan ini menyerap cahaya melalui karakteristik jangkauan panjang gelombang, misalnya : 250 nm ke 1100 nm untuk silicon, dan 800 nm ke 2,0  $\mu\text{m}$  untuk GaAs.

### 2.7.2 Prinsip Kerja Photodioda

Photodioda dibuat dari semi konduktor dengan bahan yang populer adalah silicon (Si) atau galium arsenida (GaAs), dan yang lain meliputi InSb, InAs, PbSe. Material ini menyerap cahaya dengan karakteristik panjang gelombang mencakup: 2500 Å – 11000 Å untuk silicon, 8000 Å – 20,000 Å untuk GaAs. Ketika sebuah photon (satu satuan energi dalam cahaya) dari sumber cahaya diserap, hal tersebut membangkitkan suatu elektron dan menghasilkan sepasang pembawa muatan tunggal, sebuah elektron dan sebuah hole, di mana suatu hole adalah bagian dari sisi-sisi semikonduktor yang kehilangan elektron. Arah Arus yang melalui sebuah semi konduktor adalah kebalikan dengan gerak muatan pembawa, cara tersebut didalam sebuah photodiode digunakan untuk mengumpulkan photon – menyebabkan pembawa muatan (seperti arus atau tegangan) mengalir/terbentuk di bagian-bagian elektroda.

Prinsip kerja photodioda :

- Cahaya yang diserap oleh photodiode membuat pergeseran foton, sehingga menghasilkan pasangan electron-hole di kedua sisi dan Electron menuju [+] sumber & hole menuju [-] sumber, sehingga arus akan mengalir di dalam rangkaian

## 2.8 Push Button



Gambar 2.18 Push Button

### 2.8.1 Pengertian Push Button

Swich Push Button adalah saklar tekan yang berfungsi untuk menghubungkan atau memisahkan bagian-bagian dari suatu instalasi listrik satu sama lain (suatu sistem saklar tekan push button terdiri dari saklar tekan start, Stop reset dan saklar tekan untuk emergency). Push button memiliki kontak NC (normally close) dan NO (normally open).

### 2.8.2 Prinsip Kerja Push Button

Prinsip kerja Push Button adalah apabila dalam keadaan normal tidak ditekan maka kontak tidak berubah, apabila ditekan maka kontak NC akan berfungsi sebagai stop dan kontak NO akan berfungsi sebagai start biasanya digunakan pada sistem pengontrolan motor- motor induksi untuk menjalankan mematikan motor pada industri- industri.

Tombol tekan merupakan komponen control yang sangat berguna, alat ini dapat kita jumpai pada panel listrik atau di luar panel listrik. Fungsi tombol tekan adalah untuk mengontrol kondisi on atau off rangkaian listrik, prinsip kerja tombol tekan adalah kerja sesaat maksudnya jika tombol kita tekan sesaat maka akan kembali pada posisi semula.

Berdasarkan fungsinya tombol tekan terbagi atas 3 tipe kontak :

1. Kontak NO (Normally Open = Kondisi terbuka)

Tombol jenis ini biasanya digunakan untuk menghubungkan arus pada suatu rangkaian Kontrol atau sebagai tombol start. Fungsi mengalirkan arus pada tombol ini terjadi apabila pada bagian knopnya ditekan sehingga

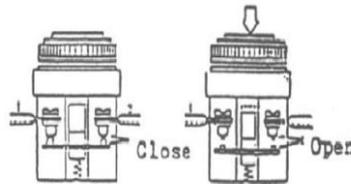
kontaknya saling terhubung dan aliran listrik akan terputus apa bila knopnya dilepas Karena terdapat pegas.



Gambar 2.19 Push button tipe NO

## 2. Kontak NC (Normally Close = Kondisi Tertutup)

Tombol jenis ini adalah jenis kontak tertutup biasanya di gunakan untuk memutus arus listrik yaitu dengan cara menekan knopnya sehingga kontakannya terpisah, namun kalau knop di lepas maka akan kembali pada posisi semula. Tombol jenis ini digunakan untuk tombol stop.



Gambar 2.20 Push button tipe NC

## 2.9 Relay



Gambar 2.21 Relay

### 2.9.1 Pengertian Relay

Relay adalah komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, relay merupakan tuas saklar dengan



lilitan kawat pada batang besi (solenoid) di dekatnya. Ketika solenoid dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka. Relay biasanya digunakan untuk menggerakkan arus/tegangan yang besar (misalnya peralatan listrik 4 ampere AC 220 V) dengan memakai arus/tegangan yang kecil (misalnya 0.1 ampere 12 Volt DC). Relay yang paling sederhana ialah relay elektro mekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik.

Secara sederhana relay elektro mekanis ini didefinisikan sebagai berikut :

- Alat yang menggunakan gaya elektro magnetik untuk menutup (atau membuka) kontak saklar.
- Saklar yang digerakkan (secara mekanis) oleh daya/energi listrik.

Dalam pemakaiannya biasanya relay yang digerakkan dengan arus DC dilengkapi dengan sebuah dioda yang diparalel dengan lilitannya dan dipasang terbalik yaitu anoda pada tegangan (-) dan katoda pada tegangan (+). Ini bertujuan untuk mengantisipasi sentakan listrik yang terjadi pada saat relay berganti posisi dari on ke off agar tidak merusak komponen di sekitarnya.

Konfigurasi dari kontak-kontak relay ada tiga jenis, 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. Penggunaan relay perlu memperhatikan tegangan pengontrolnya serta kekuatan relay men-switch arus/tegangan. Biasanya ukurannya tertera pada body relay. Misalnya relay 12VDC/4 A 220V, artinya tegangan yang diperlukan sebagai pengontrolnya adalah 12Volt DC dan mampu men-switch arus listrik (maksimal) sebesar 4 ampere pada tegangan 220 Volt. Sebaiknya relay difungsikan 80% sajadari kemampuan maksimalnya agar aman, lebih rendah lagi lebih aman.



---

Relay jenis lain ada yang namanya reed switch atau relay lidi. Relay jenis ini berupa batang kontak terbuat dari besi pada tabung kaca kecil yang dililitin kawat. Pada saat lilitan kawat dialiri arus, kontak besi tersebut akan menjadi magnet dan saling menempel sehingga menjadi saklar yang on. Ketika arus pada lilitan dihentikan medan magnet hilang dan kontak kembali terbuka (off).

Fungsi relay dapat memperkecil kerusakan dan biaya ini dengan cara menyelidiki dengan segera kesalahan dan membuka saklar yang tepat untuk mengisolasi sirkit yang salah itu. Dengan demikian, jelaslah bahwa reliabilitas, kecepatan, dan penselektivitas merupakan cara yang dikehendaki untuk mengetahui kualitas perlindungan relay. Kuantitas dasar listrik dapat berubah apabila terjadi kesalahan berupa arus listrik, (arah) fasa tunggal dan frekuensi. Ada dua perangkat relay yang dipakai, relay utama dan balik (penyokong). Relay utama memperjelas adanya kesalahan dalam seksi yang dilindungi secepat mungkin. Relay penyokong dioperasikan apabila yang lainnya gagal dan biasanya bukan hanya berfungsi melindungi seksi lokal akan tetapi juga seksi sambungan; mereka biasanya mempunyai waktu tunda yang cukup lama untuk memperbolehkan relay utama untuk dioperasikan jika mereka bisa.

Sebuah relay dioperasikan ketika mengukur perubahan kualitas, baik dari nilai normal maupun hubungannya dengan kuantitas lainnya. Kuantitas yang dioperasikan dalam kebanyakan perlindungan relay adalah arus listrik yang memasuki sirkit yang dilindungi. Relay dapat dioperasikan pada tingkat arus listrik menurut bias atau kendala standar, atau ia dapat dibandingkan dengan kuantitas lain dari sirkit seperti tegangan bus atau arus listrik yang meninggalkan sirkit yang dilindungi.

Dalam relay elektromagnetis yang sederhana, dipakai sebagai detektor level, gravitasi atau pegas yang dapat menunjukkan bias tetap atau kuantitas referensi, yang melawan kekuatan yang diproduksi oleh arus yang dioperasikan dalam sebuah elektromagnet. Pegas ini merupakan alat kalibrasi dari relay penerima arus listrik. Bila terjadi kesalahan tingkat arus listrik maka akan terjadi perubahan pada kondisi pembangkit, maka jarang sekali ada kemungkinan untuk mendapatkan cara yang selektif berdasarkan pada besaran arus listrik itu sendiri.

---



Biasanya fungsi waktu ditambahkan sehingga relay yang mendekati kesalahan, akan berjalan sebelum relay dalam sirkit yang tidak salah. Memang sulit sekali untuk mendapatkan hasil yang selektif dengan cara mengukur satu kuantitas seperti arus, potensi, fasa-tunggal, dan sebagainya., kalau tidak mempergunakan waktu tunda. Makanya relay berkecepatan-tinggi dipakai mengukur suatu kuantitas yang diperoleh yang merupakan kombinasi beberapa kuantitas sederhana; umpamanya, impedansi, rasio-arus listrik, dan sebagainya, dimana dua kuantitas sederhana itu dibandingkan dalam besar atau hubungan fasa.

Untuk relay elektromekanis, sudut torsi maksimum didefinisikan sebagai sudut dimana arus dipergunakan pada relay itu harus digantikan dari tegangan yang dipakai pada relay itu untuk memproduksi torsi maksimum. Walaupun demikian, elemen relay secara inheren adalah metrik, karakteristiknya dapat dirubah dengan penambahan komponen yang menggeser fasa untuk memberikan torsi maksimum pada sudut fasa yang membutuhkannya. Untuk relay statis, dimana torsi itu secara tegas dianggap tidak relevan, maka MTA yang efektif adalah sudut kepekahan maksimum.

### 2.9.2 Prinsip Kerja Relay

Relay terdiri dari Coil & Contact coil adalah gulungan kawat yang mendapat arus listrik, sedang contact adalah sejenis saklar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik dicoil. Contact ada 2 jenis :

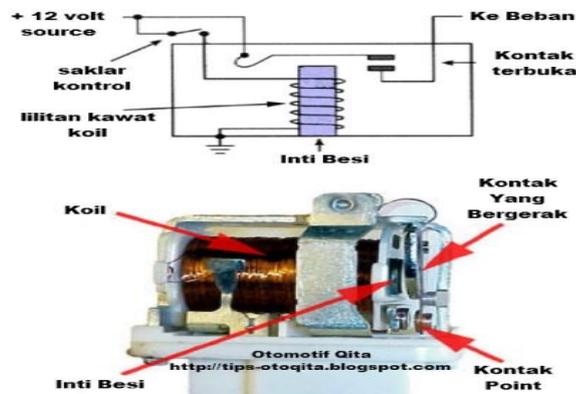
- ✓ Normally Open (kondisi awal sebelum diaktifkan open),
- ✓ dan Normally Closed (kondisi awal sebelum diaktifkan close).

Secara sederhana berikut ini prinsip kerja dari relay : ketika Coil mendapat energi listrik (energized), akan timbul gaya elektromagnet yang akan menarik armature yang berpegas, dan contact akan menutup.

Selain berfungsi sebagai komponen elektronik, *relay* juga mempunyai fungsi sebagai pengendali sistem. Sehingga *relay* mempunyai 2 macam simbol yang digunakan pada :

- Rangkaian listrik (*hardware*)

- Program (*software*)



Gambar 2.22 Prinsip Kerja Relay

Karakteristik pengoperasian yang paling penting dari relay input-tunggal (detektor level) adalah hubungan diantara besar input dengan waktu operasi, umpamanya, kurva arus waktu dari relay arus-waktu. Relay komprator-fasa dan amplitudo moern yang berlangsung sesaat saja akan tetapi waktu lawan rasio input adalah menarik diperhatikan walaupun skala waktunya berada dalam hitungan milidetik, umpamanya, kurva impedansi waktu jarak jauh. Dalam setiap relay karakteristik yang paling penting diperhatikan adalah rasio dari dua input kuantitas pada ambang pengoperasia Kuantitas pemberian energi akan membangkitkan fluks pada celah magnet, yang mana sebuah disk aluminium ditempatkan. Bidang dari bagian depan kutub itu menjadi subbagi Kedalam kutub subsider, salah satu kutub yang dikelilingi oleh loop tembaga yang padat. Perputaran arus terinduksi dalam loop ini menyebabkan sebuah fasa digantikan diantara fluks yang muncul dari kutub bayangan dan kutub yang berdekatan letaknya. Efeknya adalah memproduksi medan yang bergerak kesamping sehingga menyapu disk relay yang menghasilkan kekuatan penarikan pada disk mendatang sebab arus terinduksi pada disk ini. Oleh karena itu, torsi dorongan secara teoritis menjadi proporsional dengan seperempat dari nilai arus dalam rentang linear elektromagnet, akan tetapi menjadi berubah dari hubungan sederhana ini pada nilai arus Dalam peralatan tertentu, seperti generator, daya akan selalu mengalirkan arus kearah luas kecuali jika generator telah

mengembangkan semacam kesalahan atau telah kehilangan sumber dorongannya, sehingga ia merupakan monitoring dan menarik daya dari jaringan itu. Setiap keadaan itu dideteksi oleh relay arah yang menutup kontaknya untuk daya (atau sebuah komponen kVA pada sudut yang dapat dicocokkan) mengalirkan arus dalam arah yang tidak normal.

## 2.10 Belt Conveyor



Gambar 2.23 Belt Conveyor

Belt Conveyor adalah peralatan yang cukup sederhana yang digunakan untuk mengangkut unti atau curah dengan kapasitas besar. Alat tersebut terdiri dari sabuk yang tahan terhadap pengangkutan benda padat. Sabuk yang digunakan pada belt conveyor ini dapat dibuat dari berbagai jenis bahan. Misalnya dari karet, plastik, kulit ataupun logam yang tergantung dari jenis dan sifat bahan yang akan diangkut. Untuk mengangkut bahan -bahan yang panas, sabuk yang digunakan terbuat dari logam yang tahan terhadap panas.

Fungsi belt conveyor adalah untuk mengangkut berupa unti atau curah dengan kapasitas yang cukup besar, dan sesuai dengan namanya maka media yang digunakan berupa ban.

Konstruksi dari belt conveyor adalah :

1. Konstruksi arah pengangkutan horizontal
2. Konstruksi arah pengangkutan diagonal atau miring
3. Konstruksi arah pengangkutan horizontal dan diagonal

---

Karakteristik dan performance dari belt conveyor yaitu :

- Dapat beroperasi secara mendatar maupun miring dengan sudut maksimum Sampai dengan 18'.
- Sabuk disanglah oleh plat roller untuk membawa bahan.
- Kapasitas tinggi, Serba guna, Dapat beroperasi secara continiue
- Kapasitas dapat diatur, Kecepatannya sampai dengan 600 ft/m, Dapat naik turun
- Perawatan mudah

Kelemahan - kelemahan dari belt conveyor antara lain :

- Jaraknya telah tertentu
- Biaya relatif mahal
- Sudut inklinasi terbatas

#### 2.10.1 Bagian – bagian Belt Conveyor

Kalau belt panjang, perlu dipakai training roller, kalau belt pendek tanpa training roller tidak masalah. Pada training roller sering dipasang pemutus arus, untuk menjaga kalau belt menerima beban maksimum, sehingga belt dapat menyentuh training dan akibatnya arusnya terputus.

1. Feed hopper berfungsi untuk menjaga agar bahan dapat dibatasi untuk melebihi kapasitas pada waktu inlet.
  2. Outlet chuter berfungsi untuk pengeluaran material.
  3. Idle drum berfungsi mengikuti putaran drum yang lain.
  4. Take up berfungsi untuk mengatur tegangan ban agar selalu melekat pada drum, karena semakin lama ban dipakai akan bertambah panjang, kalau tidak diatur ketegangannya ban akan menjadi kendur.
  5. Belt cleaner berfungsi untuk membersihkan belt agar belt selalu dalam keadaan bersih.
  6. Skrapper depan berfungsi agar jangan sampai ada material masuk pada idle drum dengan belt.
-



7. Impact roller (rol penyangga utama), berfungsi agar menjaga kemungkinan belt kena pukulan beban, misalnya , beban yang keras, maka umumnya bagian depan sering diberi sprocket dari karet sehingga belt bertahan lama.

Banyaknya roll penyangga utama :

1. Roll tunggal, berfungsi untuk mengangkut material berupa unit.
2. Roll ganda, berfungsi supaya pengangkutan mencapai beban maksimum dan material tidak menjadi tumpah.

Semakin kecil ukuran lebar belt, maka semakin kaku, karena tebal belt lebih besar. Kalau semakin luas lebar belt, maka semakin lemas, sehingga sering digunakan 5 roll, agar kelengkungan roll sesuai dengan keadaannya.

Untuk diving unit, drum seringkali dilapisi :

- Dengan bahan karet, sehingga bahan ini yang menyebabkan angka gesek besar.
- Dengan alur atau parit-parit, fungsinya untuk mengeluarkan udara yang terjebak didalam drum, bila didalam drum terdapat udara, maka koefisien gesek rendah dan dapat menyebabkan slip.

Konstruksi idle drum berbentuk silinder, seringkali tidak diberi lapisan, untuk kecepatan tinggi daya berbentuk cembung. Bentuk drum dibuat tidak penuh, karena untuk mengurangi bahan yang melekat pada drum, sehingga drum tidak berubah bentuknya dan mempunyai diameter yang lebih besar.

Take Up, berfungsi untuk mengencangkan belt agar tidak kendur. Bentuk dari take up ini bermacam-macam, misalnya :

- Screw take up, take up ini masih menggunakan system manual, saat belt mengalami kendur maka dengan cara manual untuk mengencangkannya. Take up ini hanya berlaku untuk jarak jangkauan belt yang pendek, itu antara 5 meter sampai 10 meter.
- Gravity take up, take up ini digerakan secara otomatis, dan jarak jangkauan medium.

- Counter weighted vertical gravity take up, take up yang bergerak secara otomatis.

### 2.10.2 Kegunaan Belt Conveyor

Conveyor terdiri dari bagian-bagian standard dengan teknologi maju, sederhana dan mudah dalam pemeliharaan. Mesin Vibration SBM dapat digunakan pada crushing plant tetap maupun mobile crushing plant. Mesin ini secara luas digunakan dalam industri pertambangan, metalurgi dan batu bara, mentransfer pasir, material besar, atau material dalam kemasan. Berdasarkan perbedaan barang yang akan ditransfer, sistem transfer dapat berdiri sendiri ataupun multi conveyor atau digabungkan dengan alat transfer lainnya. Belt conveyor dapat dipasang secara horisontal atau tertidur untuk memenuhi kebutuhan transfer yang berbeda.

## 2.11 Buzzer



Gambar 2.24 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan loud speaker, jadi buzzer juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. Buzzer biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm).

## 2.12 Miniatur Circuit Breaker



Gambar 2.25 MCB

MCB adalah miniature circuit breaker yang merupakan alat pengaman otomatis apabila terjadi beban lebih. Pada setiap penambahan arus akan menimbulkan panas yang sangat besar sehingga arus akan naik. Karena itu untuk mengurangi atau melindungi rangkaian ini dari panas yang berlebihan maka dipakailah pengaman berupa MCB.

Adapun prinsip kerja dari MCB hampir sama dengan sekering, apabila terjadi hubung singkat atau beban lebih maka MCB akan bekerja secara otomatis memutuskan arus listrik tersebut.

Adapun karakteristik dari MCB adalah sebagai berikut : MCB merupakan pengaman beban lebih dan gangguan arus hubung singkat. Fungsi MCB sebagai pengaman beban lebih dimana alat ini bekerja dengan system pemanasan logam bimetal, jadi apabila beban yang terpasang pada rangkaian melebihi kemampuan peralatan maka bimetal pada MCB akan panas dan pada saat itulah logam ini akan melengkung yang akhirnya akan menyebabkan putusnya rangkaian. Selanjutnya setelah bimetal ini dingin maka logam ini akan kembali ke bentuk semula dan akhirnya rangkaian akan dapat terhubung kembali.

Sedang untuk gangguan arus hubung singkat, MCB menggunakan kumparan elektromagnetik yang akan bekerja apabila arus yang terlalu besar melewati kumparan elektromagnetik ini yang akan menimbulkan panas sehingga akan memutuskan anak kontak ke koil.

MCB memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan sekering :



1. Secara otomatis mematikan sirkuit listrik selama kondisi abnormal dari jaringan berarti lebih dari kondisi beban serta kondisi yang salah. Sekering tidak merasakan tapi miniatur circuit breaker melakukannya dengan cara yang lebih dapat diandalkan. MCB jauh lebih sensitif terhadap arus lebih dari sekering.
2. Keuntungan lain adalah sebagai tombol operasi saklar datang pada posisi off selama tersandung, zona rusak dari rangkaian listrik dengan mudah dapat diidentifikasi. Tapi dalam kasus sekering, kabel sekering harus diperiksa dengan membuka sekering pegangan atau potongan dari dasar sekering, untuk mengkonfirmasi pukulan kawat sekering.
3. Restorasi Cepat pasokan tidak dapat mungkin dalam kasus sekering sebagai sekering karena harus dikabelkan atau diganti untuk memulihkan pasokan. Tapi dalam kasus MCB, restorasi cepat adalah mungkin dengan hanya beralih pada operasi.
4. Penanganan MCB lebih elektrik aman daripada sekering .Karena banyak keuntungan dari MCB atas unit sekering, dalam jaringan listrik tegangan rendah modern, miniatur circuit breaker ini kebanyakan digunakan sebagai pengganti surut unit sekering. Hanya satu kelemahan dari MCB atas sekering adalah bahwa sistem ini lebih mahal daripada sekering unit sistem.

#### 2.12.1 Prinsip Kerja MCB

Ada dua pengaturan operasi miniatur circuit breaker. Salah satu akibat efek termal lebih dari saat ini dan lainnya karena efek elektromagnetik lebih dari saat ini. Operasi termal miniatur circuit breaker dicapai dengan strip bimetal bila terus menerus selama arus mengalir melalui MCB, strip bimetal dipanaskan dan mengalihkan dengan menekuk. Ini defleksi bimetal Strip melepaskan kait mekanik. Sebagai latch mekanik ini terpasang dengan mekanisme operasi, hal itu menyebabkan untuk membuka miniatur kontak pemutus sirkuit. Tetapi selama kondisi sirkuit pendek, Alangkah tiba-tiba arus listrik, menyebabkan perpindahan elektromekanis plunger terkait dengan tersandung coil atau solenoid dari MCB.

---

Plunger pemogokan tuas perjalanan menyebabkan pembebasan segera mekanisme latch akibatnya membuka kontak pemutus sirkuit. Ini adalah penjelasan sederhana miniatur circuit breaker prinsip kerja.

### 2.12.2 Konstruksi MCB

Miniatur konstruksi pemutus sirkuit sangat sederhana, kuat dan bebas perawatan. Umumnya MCB tidak diperbaiki atau dipertahankan, itu hanya diganti dengan yang baru bila diperlukan. Sebuah pemutus sirkuit miniatur memiliki biasanya tiga bagian konstruksi utama. Ini adalah:

✓ **Frame Miniature Circuit Breaker**

Bingkai miniatur circuit breaker adalah kasus dibentuk. Ini adalah kaku, kuat, terisolasi perumahan di mana komponen lainnya dipasang.

✓ **Mekanisme Operasi Miniature Circuit Breaker**

Mekanisme operasi miniatur circuit breaker menyediakan sarana pembukaan manual dan operasi penutupan miniatur circuit breaker. Ia memiliki tiga posisi "ON", "OFF", dan "TRIP". Switching latch eksternal dapat di "TRIP" posisi, jika MCB tersandung karena over-saat ini. Ketika secara manual mematikan MCB, switching kait akan berada dalam posisi "OFF". Dalam kondisi dekat MCB, saklar diposisikan di "ON". Dengan mengamati posisi switching latch seseorang dapat menentukan kondisi MCB apakah itu ditutup, tersandung atau secara manual dimatikan.

✓ **Satuan Trip of Miniature Circuit Breaker**

Unit perjalanan adalah bagian utama, yang bertanggung jawab untuk bekerja dengan baik dari miniatur circuit breaker. Dua jenis utama dari mekanisme perjalanan yang disediakan di MCB. Sebuah bimetal memberikan perlindungan terhadap lebih dari arus beban dan elektromagnet memberikan perlindungan terhadap arus hubung singkat.

---

### 2.13 Terminal Blok



Gambar 2.26 Terminal Block

Terminal blok adalah jenis konektor listrik di mana kawat dipegang oleh pengetatan sekrup. Kawat bisa dibungkus langsung di bawah kepala sekrup, dapat diadakan oleh pelat logam paksa terhadap kawat dengan sekrup, atau mungkin dipegang oleh apa yang ada, pada dasarnya, sebuah sekrup set di sisi tabung logam. Kawat dapat langsung dilucuti isolasi dan dimasukkan di bawah kepala sekrup atau ke terminal. Jika tidak, mungkin baik dimasukkan terlebih dahulu ke dalam ferrule, yang kemudian dimasukkan ke dalam terminal, atau melekat pada lug menghubungkan. yang kemudian tetap di bawah kepala sekrup.

Fungsi terminal adalah membagi arus menjadi beberapa jalur (kanal). Ini diterapkan karena mengingat bila suatu saat ada kerusakan tidak akan terjadi kesulitan service atau bahkan menimbulkan bunga api karena banyaknya jalur yang dipakai.