



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kontaktor Magnet<sup>1</sup>**

Kontaktor magnet atau sakelar magnet adalah sakelar yang bekerja berdasarkan kemagnetan. Artinya sakelar ini bekerja bila ada gaya kemagnetan. Magnet berfungsi sebagai penarik dan pelepas kontak- kontak. Sebuah kontaktor harus mampu mengalirkan arus dan memutuskan arus dalam keadaan kerja normal. Arus kerja normal ialah arus yang mengalir selama pemutusan tidak terjadi. Sebuah kontaktor kumparan magnetnya (coil) dapat dirancang untuk arus searah (arus DC) atau arus bolak-balik (arus AC). Kontaktor arus AC ini pada inti magnetnya dipasang cincin hubung singkat, gunanya adalah untuk menjaga arus kemagnetan agar kontinu sehingga kontaktor tersebut dapat bekerja normal. Sedangkan pada kumparan magnet yang dirancang untuk arus DC tidak dipasang cincin hubung singkat.

##### **2.1.1 Kontaktor Magnet Arus Searah (DC)<sup>1</sup>**

Kontaktor magnet arus searah (DC) terdiri dari sebuah kumparan yang intinya terbuat dari besi. Jadi bila arus listrik mengalir melalui kumparan, maka inti besi akan menjadi magnet. Gaya magnet inilah yang digunakan untuk menarik angker yang sekaligus menutup/ membuka kontak. Bila arus listrik terputus ke kumparan, maka gaya magnet akan hilang dan pegas akan menarik/menolak angker sehingga kontak kembali membuka atau menutup.

Untuk merancang kontaktor arus searah yang besar dibutuhkan tegangan kerja yang besar pula, namun hal ini akan mengakibatkan arus yang melalui kumparan akan besar dan kontaktor akan cepat panas. Jadi kontaktor magnet arus searah akan efisien pada tegangan kerja kecil seperti 6 V, 12 V dan 24 V.

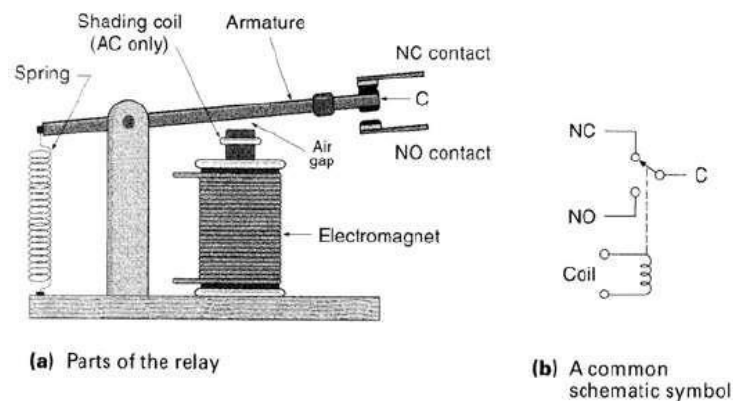
Bentuk fisik relay dikemas dengan wadah plastik transparan, memiliki dua kontak SPDT (Single Pole Double Throgh), satu kontak utama dan dua kontak

---

<sup>1</sup> BSE, Mahoni, 2013. Sistem Kontrol Elektro Mekanik, Bandung. Hal : 20



cabang). Relay jenis ini menggunakan tegangan DC 6V, 12 V, 24 V, dan 48 V. Juga tersedia dengan tegangan AC 220 V. Kemampuan kontak mengalirkan arus listrik sangat terbatas kurang dari 5 ampere. Untuk dapat mengalirkan arus daya yang besar untuk mengendalikan motor induksi, relay dihubungkan dengan Bila kontaktor untuk arus searah digunakan pada arus AC maka kemagnetannya akan timbul dan hilang setiap saat mengikuti gelombang arus AC.



Gambar 2.1 Gambar Komponen Kontaktor Magnetik DC

### 2.1.2 Kontaktor Magnet Arus Bolak balik (AC)

Konstruksi kontaktor magnet arus bolak-balik pada dasarnya sama dengan kontaktor magnet arus searah. Namun karena sifat arus bolak-balik bentuk gelombang sinusoida, maka pada satu periode terdapat dua kali besar tegangan sama dengan nol. Jika frekuensi arus AC 50 Hertz berarti dalam 1 detik akan terdapat 50 gelombang. Dan 1 periode akan memakan waktu  $1/50 = 0,02$  detik yang menempuh dua kali titik nol. Dengan demikian dalam 1 detik terjadi 100 kali titik nol atau dalam 1 detik kumparan magnet kehilangan magnetnya 100 kali. Karena itu untuk mengisi kehilangan magnet pada kumparan magnet akibat kehilangan arus maka dibuat belitan hubung singkat yang berfungsi sebagai pembangkit induksi magnet ketika arus magnet pada kumparan magnet hilang. Dengan demikian maka arus magnet pada kontaktor akan dapat dipertahankan secara terus menerus (kontinu).

Bila kontaktor yang dirancang untuk arus AC digunakan pada arus DC maka pada kumparan itu tidak timbul induksi listrik sehingga kumparan menjadi panas. Sebaliknya, bila kontaktor magnet untuk arus DC yang tidak mempunyai

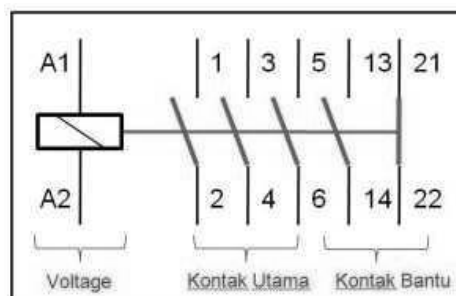


belitan hubung singkat diberikan arus AC maka pada kontaktor itu akan bergetar yang disebabkan oleh kemagnetan pada kumparan magnetnya timbul dan hilang setiap 100 kali.



Gambar 2.2 Kontaktor Magnet

Kontaktor akan bekerja normal bila tegangannya mencapai 85% dari tegangan kerja, bila tegangan turun kontaktor akan bergetar. Ukuran dari kontaktor ditentukan oleh batas kemampuan arusnya. Biasanya pada kontaktor terdapat beberapa kontak, yaitu kontak normal membuka (Normally Open = NO) dan kontak normal menutup (Normally Close = NC). Kontak NO berarti saat kontaktor magnet belum bekerja kedudukannya membuka dan bila kontaktor bekerja kontak itu menutup/menghubung. Sedangkan kontak NC berarti saat kontaktor belum bekerja kedudukan kontakannya menutup dan bila kontaktor bekerja kontak itu membuka. Jadi fungsi kerja kontak NO dan NC berlawanan. Kontak NO dan NC bekerja membuka sesaat lebih cepat sebelum kontak NO menutup.



Gambar 2.3 Simbol-simbol Kontaktor Magnet



Fungsi dari kontak-kontak dibuat untuk kontak utama dan kontak bantu. Kontak utama terdiri dari kontak NO dan kontak bantu terdiri dari kontak NO dan NC. Kontak utama digunakan untuk mengalirkan arus utama, yaitu arus yang diperlukan untuk pemakai listrik misalnya motor listrik, pemanas dan sebagainya. Sedangkan kontak bantu digunakan untuk mengalirkan arus bantu yaitu arus yang diperlukan untuk kumparan magnet, alat bantu rangkaian, lampu- lampu indikator, dan lain-lain.

## 2.2 Motor Induksi Tiga Fasa<sup>2</sup>

Motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Motor listrik terdiri dari dua bagian yang sangat penting yaitu stator atau bagian yang diam dan Rotor atau bagian berputar. Pada motor AC, kumparan rotor tidak menerima energi listrik secara langsung, tetapi secara induksi seperti yang terjadi pada energi kumparan transformator. Oleh karena itu motor AC dikenal dengan motor induksi. Dilihat dari kesederhanaannya, konstruksinya yang kuat dan kokoh serta mempunyai karakteristik kerja yang baik, motor induksi tiga fasa yang cocok dan paling banyak digunakan dalam bidang industri.

Penggunaan motor induksi yang banyak dipakai di kalangan industri mempunyai keuntungan sebagai berikut :

- a) Bentuknya yang sederhana dan memiliki konstruksi yang kuat dan hampir tidak pernah mengalami kerusakan yang berarti.
- b) Harga relatif murah dan dapat diandalkan.
- c) Efisiensi tinggi pada keadaan berputar normal, tidak memerlukan sikat sehingga rugi – rugi daya yang diakibatkannya dari gesekan dapat dikurangi.
- d) Perawatan waktu mulai beroperasi tidak memerlukan starting tambahan khusus dan tidak harus sinkron.

<sup>2</sup> Rijono, Yon, Drs. 1997. Dasar Teknik Tenaga Listrik. Andi, Yogyakarta. Hal : 309



Namun disamping hal tersebut diatas, terdapat pula faktor – faktor kerugian yang tidak menguntungkan dari motor induksi yaitu sebagai berikut :

- a) Pengaturan kecepatan dari motor induksi sangat mempengaruhi efisiensinya.
- b) Kecepatan motor induksi akan menurun seiring dengan bertambahnya beban, tidak seperti motor DC atau motor shunt
- c) Kopel awal mutunya rendah dibandingkan dengan motor DC shunt.

### 2.2.1 Konstruksi Motor Induksi<sup>3</sup>

Pada dasarnya motor induksi arus putar terdiri dari suatu bagian yang tidak berputar (stator) dan bagian yang bergerak memutar (rotor). Secara ringkas stator terdiri dari blek – blek dinamo yang berisolasi pada satu sisinya dan mempunyai ketebalan 0,35 – 0,5 mm, disusun menjadi sebuah paket blek yang berbentuk gelang. Disisi dalamnya dilengkapi dengan alur – alur. Didalam alur ini terdapat perbedaan antara motor asinkron dengan lilitan sarang (rotor sarang atau rotor hubung pendek) dan gelang seret dengan lilitan tiga fasa. Atau dari sisi lainnya bahwa inti besi stator dan rotor terbuat dari lapisan (email) baja silikon tebalnya 0,35 - 0,5 mm, tersusun rapi, masing – masing terisolasi secara elektrik dan diikat pada ujung – ujungnya.

Lamel inti besi stator dan rotor bagian motor dengan garis tengah bagian motor, dengan garis tengah bagian luar dari stator lebih dari 1 m. Bagi motor dengan garis tengah yang lebih besar, lamel inti besi merupakan busur inti segmen yang disambung – sambung menjadi satu lingkaran. Celah udara antara stator dan rotor pada motor yang kecil adalah 0,25 – 0,75 mm, pada motor yang besar sampai 10 mm. Celah udara yang besar ini disediakan bagi kemungkinan terjadinya perenggangan pada sumbu sebagai akibat pembebanan transversal pada sumbu atau sambungannya. Tarikan pada pita (belt) atau beban yang tergantung tersebut akan menyebabkan sumbu motor melengkung.

Pada dasarnya inti besi stator dan belitan rotor motor tak serempak ini sama dengan stator dan belitan stator mesin serempak. Kesamaan ini dapat

<sup>3</sup> Rijono, Yon, Drs. 1997. Dasar Teknik Tenaga Listrik. Andi, Yogyakarta. Hal : 311



ditunjukkan bahwa pada rotor mesin tak serempak yang dipasang / sesuai dengan stator mesin tak serempak akan dapat bekerja dengan baik.

#### a) Stator (bagian motor yang diam)

Pada bagian stator terdapat beberapa slot yang merupakan tempat kawat (konduktor) dari tiga kumparan tiga fasa yang disebut kumparan stator, yang masing – masing kumparan mendapatkan suplai arus tiga fasa.

Stator terdiri dari pelat – pelat besi yang disusun sama besar dengan rotor dan pada bagian dalam mempunyai banyak alur – alur yang diberi kumparan kawat tembaga yang berisolasi. Jika kumparan stator mendapatkan suplai arus tiga fasa maka pada kumparan tersebut akan timbul flux magnet putar. Karena adanya flux magnet putar pada kumparan stator, mengakibatkan rotor berputar karena adanya induksi magnet dengan kecepatan putar rotor sinkron dengan kecepatan putar stator.

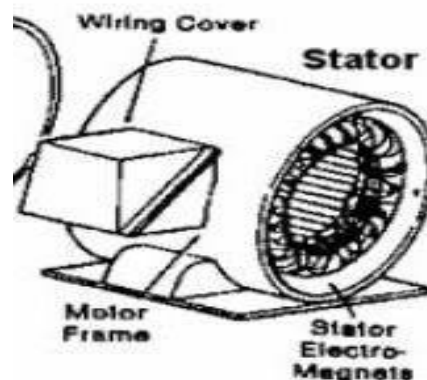
$$N_s = \frac{120}{p} f \dots\dots\dots (2.1)^4$$

Dimana :

$N_s$  = Kecepatan sinkron (rpm)

$f$  = Besarnya frekuensi (Hz)

$P$  = Jumlah kutub



Gambar 2.4 Kontruksi Stator Mesin Induksi

<sup>4</sup> Zuhail. 1991. Dasar Tenaga Listrik. ITB, Bandung. Hal : 66



Dari bagian motor yang diam (stator) dapat dibagi – bagi menjadi beberapa bagian antara lain sebagai berikut :

- Bodi Motor (gandar)
- Inti Kutub magnet dan lilitan penguat magnet
- Sikat
- Komutator
- Jangkar
- Lilitan Jangkar

**b) Rotor ( bagian motor yang bergerak )**

Berdasarkan hukum faraday tentang imbas magnet, maka medan putar yang secara relatif merupakan medan magnet yang bergerak terhadap penghantar rotor akan mengibaskan gaya gerak listrik (ggl). Frekuensi ggl imbas ini sama dengan frekuensi jala – jala.

Besar ggl imbas ini berbanding lurus dengan kecepatan relatif antara medan putar dan penghantar rotor. Penghantar – penghantar dalam rotor yang membentuk suatu rangkaian tertutup, merupakan rangkaian melaju bagi arus rotor dan searah dengan hukum yang berlaku yaitu hukum lenz.

Arahnya melawan fluksi yang mengimbas, dalam hal ini arus rotor itu ditimbulkan karena adanya perbedaan kecepatan yang berada diantara fluksi atau medan putar stator dengan penghantar yang diam. Rotor akan berputar dalam arah yang sama dengan arah medan putar stator, untuk mengurangi beda kecepatan diatas.

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} N_s \times 100 \% \dots\dots\dots (2.2)^5$$

Dimana :

S : slip

Nr : kec. rotor (rpm)

Ns : kec. medan putar (rpm)

<sup>5</sup> Zuhail. 1991. Dasar Tenaga Listrik. ITB, Bandung. Hal : 69



### 2.2.2 Torsi Motor Induksi<sup>6</sup>

Secara umum torsi merupakan gaya yang digunakan untuk menggerakkan sesuatu dengan jarak dan arah tertentu. Dari penjelasan tersebut, maka rumusan untuk torsi dapat diturunkan menjadi :

$$\tau = F \cdot s \dots\dots\dots(2.3)^6$$

dimana:

$$\tau = \text{Torsi (N.m)}$$

$$F = \text{Gaya penggerak (N)}$$

$$s = \text{Jarak (m)}$$

Sedangkan hubungan torsi (Torque) terhadap daya (power) pada sebuah motor adalah :

$$\tau = \frac{P}{\omega} \dots\dots\dots(2.4)^6$$

$$\omega = 2\pi \cdot n/60 \dots\dots\dots(2.5)^7$$

dimana :

$$\tau = \text{Torsi (N.m)}$$

$$\omega = \text{Kecepatan sudut (Rad/s)}$$

$$P = \text{Daya atau power (Watt)}$$

$$n = \text{Kecepatan Motor induksi (Rpm)}$$

### 2.3 Pengertian Daya<sup>8</sup>

Daya dalam tegangan AC pada setiap saat sama dengan perkalian dari harga arus dan tegangan pada saat itu. Jika arus dan tegangan bolak – balik satu fasa, maka daya dalam satu periode sama dengan perkalian dari arus dan tegangan

<sup>6</sup> Sumanto, Drs. 1993. Motor Listrik Arus Bolak-Balik. Andi Offset, Yogyakarta. Hal : 47

<sup>7</sup> Rijono, Yon, Drs. 2004. Dasar Teknik Tenaga Listrik. Andi, Yogyakarta. Hal : 335

<sup>8</sup> Nopisha, Frans. 2008. Menghitung Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Sistem Centripugal pada Electrical Submersible Pump (ESP) di PT. Pertamina EP Region Sumatera. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang. Hal : 21 dan 22



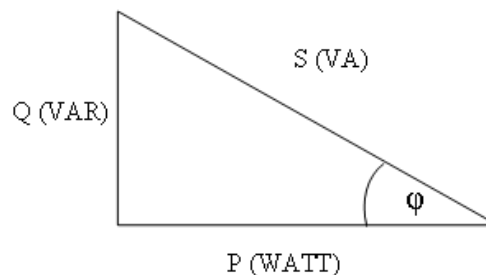


efektif. Tetapi jika ada reaktansi dalam rangkaian arus dan tegangan tidak satu fasa sehingga selama siklusnya biasa terjadi arus negatif dan tegangan positif.

Secara teoritis daya terdiri dari tiga yaitu daya efektif, daya reaktif dan daya semu yang pengertiannya adalah sebagai berikut :

- a) Daya aktif (P) adalah daya yang diubah menjadi energi, persatuan waktu atau dengan kata lain daya aktif adalah daya yang benar – benar terpakai yang dihasilkan oleh komponen resistif, satuannya adalah watt(W).
- b) Daya reaktif (Q) adalah daya yang ditimbulkan oleh kkomponen reaktansi, daya reaktif ditentukan dari reaktansi yang menimbulkannya, dapat berupa reaktansi induktif (XL) atau reaktansi kapasitif (Xc), satuannya adalah volt ampere reaktif (VAR) .
- c) Daya semu (S) adalah jumlah secara vektoris daya aktif dan daya reaktif yang memiliki satuan volt ampere (VA).

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar sistem segi tiga daya berikut ini :



Gambar 2.5 Sistem segitiga daya<sup>9</sup>

Dimana :

$$P = V.I.\text{Cos } \theta \dots\dots\dots (2.3)$$

$$S = V.I \dots\dots\dots (2.4)$$

$$Q = V.I.\text{Sin } \theta \dots\dots\dots (2.5)$$

Pada motor induksi terjadi perubahan energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran rotor. Pada motor industri daya mekanik yang

<sup>9</sup> Nopisha, Frans. 2008. Menghitung Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Sistem Centripugal pada Electrical Submersible Pump (ESP) di PT. Pertamina EP Region Sumatera. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang. Hal : 23



dihasilkan digunakan untuk berbagai keperluan sesuai dengan yang diinginkan seperti digunakan pumping unit sumur minyak seperti yang terjadi objek pengamatan pada laporan akhir ini.

Daya pada motor listrik dapat dihitung menggunakan perhitungan tiga fasa dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \theta \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

$P$  = Daya aktif tiga fasa (Watt)

$V$  = Tegangan (V)

$I$  = Arus (A)

$\cos \theta$  = Faktor daya

## 2.4 Thermal Overload Relay

Alat pengaman yang digunakan bila pada motor terjadi beban lebih disebut Thermal Over Load Relay (TOR/TOL) biasanya digandengkan dengan kontaktor, dipasaran ada juga pengaman beban lebih yang terintegrasi pada Motor Circuit Breaker. Relay ini biasanya dihubungkan pada kontaktor ke kontak utama 2, 4, dan 6 sebelum dihubungkan ke beban (motor). Gunanya untuk memberikan perlindungan terhadap motor dari kerusakan akibat beban lebih.

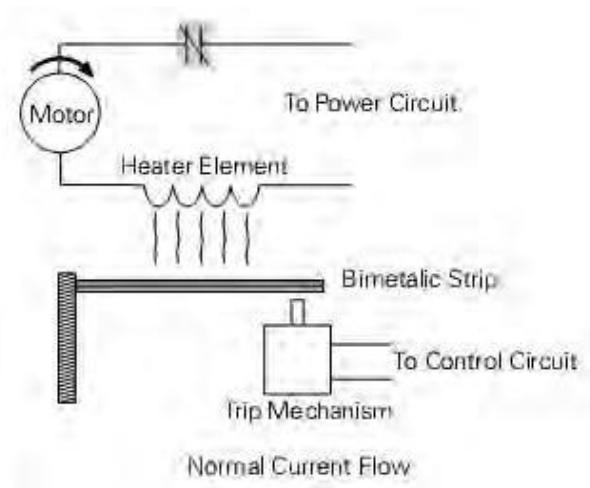
Beberapa penyebab terjadinya beban lebih adalah :

- Terlalu besarnya beban mekanik pada motor.
- Arus start yang terlalu besar atau motor berhenti secara mendadak.
- Terbukanya salah satu fasa dari motor 3 fasa.

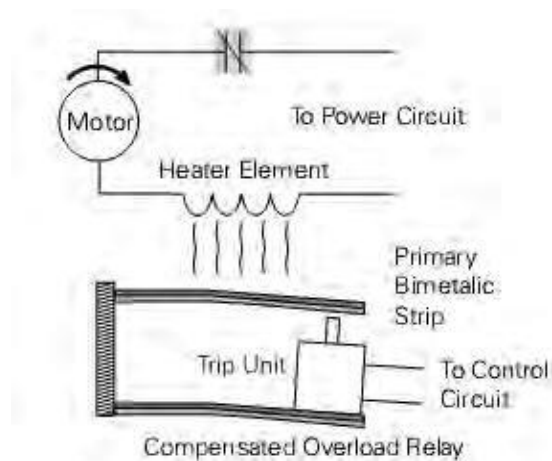
Arus yang terlalu besar timbul pada beban motor akan mengalir pada belitan motor yang dapat menyebabkan kerusakan dan terbakarnya belitan motor. Untuk menghindari hal tersebut terjadi dipasang Thermal Over Load Relay (TOR) pada rangkaian pengendali.



Prinsip kerja Thermal Over Load Relay (TOR) berdasarkan panas (temperatur) yang ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui elemen-elemen pemanas bimetal, yang mengakibatkan bimetal melengkung selanjutnya akan menggerakkan kontak-kontak mekanik pemutus rangkaian listrik kontak 95 – 96 membuka dan kontak 97 – 98 menutup.



Gambar 2.6 TOR dalam keadaan normal



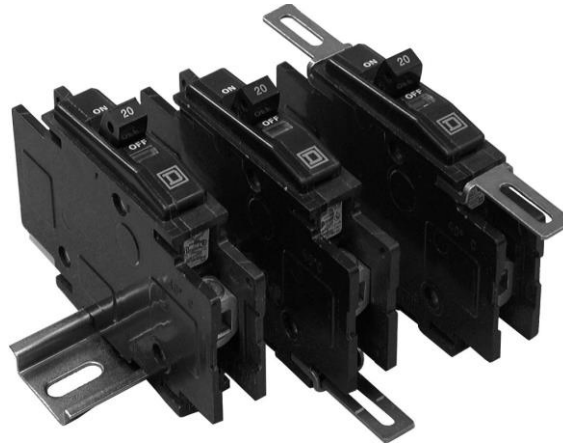
Gambar 2.7 TOR dalam keadaan beban lebih

## 2.5 Pengaman Hubung Singkat

*Miniature Circuit Breaker* (MCB) merupakan alat pengaman terhadap gangguan arus beban lebih dan arus hubung singkat. Berdasarkan konstruksinya MCB dilengkapi dengan komponen bimetal yang digunakan



untuk pengamanan arus beban lebih dan komponen elektromagnetik untuk pengamanan terhadap gangguan arus hubung singkat.



Gambar 2.8. Miniature Circuit Breaker (MCB)

Berdasarkan penggunaan dan daerah kerjanya, MCB mempunyai 5 ciri :

1. Ciri Z (rating dan breaking capacity kecil). Digunakan untuk pengamanan rangkaian semikonduktor dan trafo-trafo tegangan yang peka.
2. Ciri K (rating dan breaking capacity kecil). Untuk pengamanan alat-alat rumah tangga (home-appliance)
3. Ciri G (rating besar). Untuk pengamanan motor.
4. Ciri L (rating besar). Untuk pengamanan kabel atau jaringan.
5. Ciri H. Untuk pengamanan instalasi penerangan bangunan.

Karakteristik MCB menurut IEC yang mendekati karakteristik CL yang digunakan PT. PLN (Persero) ialah tipe B. Adapun penggunaan tipe tipe tersebut adalah:

1. Tipe B : sebagai pengamanan kabel atau penghantar terutama untuk perumahan.
2. Tipe C : sebagai pengamanan kabel atau penghantar terutama sangat menguntungkan bila arus awalnya tinggi, misalnya lampu merkuri, motor.



3. Tipe D : untuk penerapan yang menyangkut menimbulkan pulsa cukup besar, seperti transformator, katup, selenoid dan kapasitor.

Pemilihan MCB ditentukan oleh beberapa hal, yaitu:

1. Standar yang berlaku. Contoh PUIL, SPLN, IEC, dll.
2. Kapasitas Pemutusan

Kapasitas pemutusan tidak boleh kurang dari arus hubung pendek prospektif pada tempat instalasinya (PUIL, 2000 pasal 3.24.4.3.1)

3. Arus Pengenal
4. Tegangan

Tegangan operasional pengenal pemutus tenaga harus lebih besar atau sama dengan tegangan sistem.

## 2.6 Penghantar (Kabel Listrik)

Penghantar adalah bahan yang digunakan untuk menghubungkan suatu titik ke titik ke lain. Penghantar yang digunakan untuk instalasi listrik adalah berupa kawat berisolasi atau kabel. Jenis penghantar yang lazim digunakan adalah tembaga dan alumunium.

1. Kabel Tembaga

Tembaga yang digunakan untuk penghantar pada umumnya tembaga elektrostatis dengan kemurnian 99,5%. Tahanan jenis ( $\rho$ ) yang telah dijadikan standar internasional sama dengan 0,017241 Ohm mm<sup>2</sup>/m pada suhu 20°C.

2. Kabel Alumunium

Alumunium untuk beban penghantar harus pula pada alumunium murni, yaitu dengan kemurnian sekurang-kurangnya 99,5 % juga dengan tahanan jenis tidak boleh melebihi 0,028264 mm<sup>2</sup>/m pada suhu 20°C, berat alumunium jauh lebih ringan dibanding berat tembaga.

3. Rel (Busbar) Rel mempunyai sifat kaku dan merupakan penghantar pejal yang dibuat dari berbagai bentuk seperti segi empat, batang, pipa



persegi maupun berongga. Rel dapat dipasang sebagai penghantar tunggal (satu rel perfasa) atau berbagai penghantar ganda yakni dua rel atau lebih perfasa.

Alumunium lebih ringan daripada tembaga, namun kekuatan tarik alumunium lebih kecil dibanding kekuatan tarik tembaga. Untuk itu penghantar alumunium yang ukurannya besar dan pemasangannya direntangkan memerlukan penguat baja atau paduan alumunium pada bagian tengahnya.

Kabel listrik memiliki identifikasi kode warna yang dibuat sesuai standar. Menurut PUIL 2000 tabel 7.2-1 Kabel dengan inti tunggal memiliki standar sesuai tabel 2.1. (PUIL, 2000: 505).

Tabel 2.1 Standar Warna Kabel

No	Warna Selubung	Penggunaan
1	Merah	Fasa R
2	Kuning	Fasa S
3	Hitam	Fasa T
4	Biru	Netral
5	Kuning - Hijau	Pentanahan
6	Warna Lainnya	Kontrol

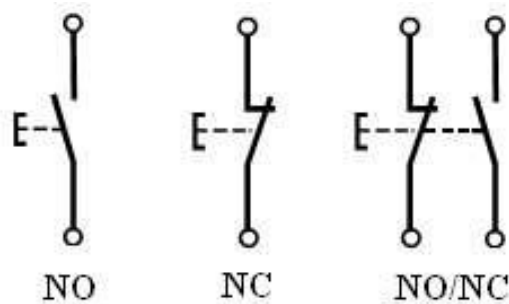
## 2.7 Tombol Tekan

Tombol tekan adalah bentuk saklar yang paling umum dari pengendali manual yang dijumpai di industri. Tombol tekan NO (Normally Open) menyambung rangkaian ketika tombol ditekan dan kembali pada posisi terputus ketika tombol dilepas. Tombol tekan NC (Normally Closed) akan memutuskan rangkaian apabila tombol ditekan & kembali pada posisi terhubung ketika tombol dilepaskan.



Gambar 2.9 Tombol Tekan

Ada juga tombol tekan yang memiliki fungsi ganda, yakni sudah dilengkapi oleh dua jenis kontak, baik NO maupun NC. Jadi tombol tekan tersebut dapat difungsikan sebagai NO, NC atau keduanya. Ketika tombol ditekan, terdapat kontak yang terputus (NC) dan ada juga kontak yang terhubung (NO).



Gambar 2. 10 Simbol Tombol Tekan

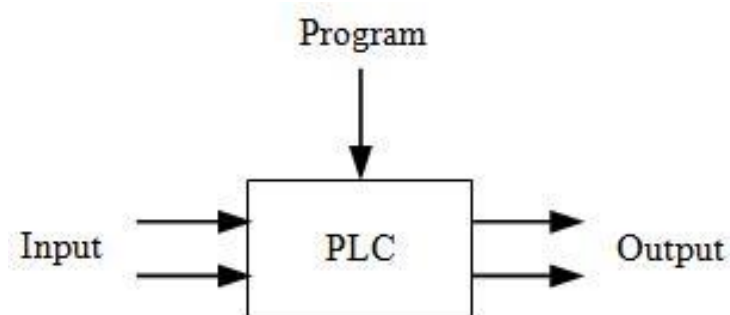
## 2.8 Programmable Logic Controller (PLC)<sup>10</sup>

*Programmable logic controller* PLC merupakan suatu bentuk khusus pengontrolan berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan intruksi-intruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi – fungsi semisal logika, *sequencing*, pewaktuan (*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmetika guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses dirancang untuk dioperasikan oleh para insinyur yang memiliki pengetahuan mengenai bahasa pemrograman. Piranti ini dirancang sedemikian rupa agar tidak

<sup>10</sup> William Bolton, *Programmable Logic Controller (PLC) Sebuah Pengantar Edisi Ketiga* (Jakarta: Erlangga, 2003), hlm.03



hanya programmer komputer saja yang dapat membuat dan mengubah program-programnya. Oleh karena itu, para perancang PLC telah menempatkan program awal di dalam piranti ini (pre-program) yang memungkinkan program-program kendali dimasukkan dengan menggunakan suatu bentuk bahasa pemrograman yang sederhana dan intuitif.



Gambar 2.11 Logika PLC (*Programmable Logic Controller*)

Istilah logika (*logic*) dipergunakan karena pemrograman yang harus dilakukan sebagian besar berkaitan dengan pengimplementasian operasi-operasi logika dan penyambungan saklar. Perangkat-perangkat input, yaitu sensor-sensor semisal saklar dan perangkat-perangkat Output di dalam sistem yang di kendali, misalnya motor, katup, dll yang disambungkan ke PLC. Sang operator kemudian memasukan serangkaian intruksi, yaitu sebuah program ke dalam memory PLC. Perangkat pengontrol tersebut kemudian memantau input-input dan output-output sesuai dengan intruksi-intruksi di dalam program dan melaksanakan aturan-aturan kendali yang telah diprogramkan.

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

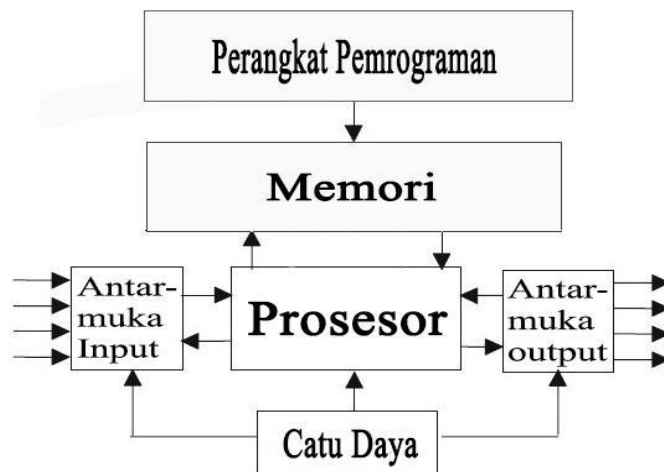
1. Kokoh dan dirancang untuk tahan terhadap getaran, suhu, kelembaban, dan kebisingan.
2. Antaramuka input dan output telah tersedia secara built-in didalamnya.





3. Mudah diprogram dan menggunakan sebuah bahasa pemrograman yang mudah dipahami, yang sebagian besar berkaitan dengan operasi- operasi logika dan penyambungan.

Perangkat PLC pertama kali dikembangkan pada tahun 1969. Dewasa ini 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, dan melaksanakan mode-mode kontrol proporsional integral derivatif.



Gambar 2.12 Sistem PLC (*Programmable Logic Controller*)

### 2.8.1 Hardware

Umumnya, sebuah sistem PLC memiliki lima komponen dasar. Komponen-komponen ini adalah unit processor, memori, unit catu daya, bagian antarmuka input/output, dan perangkat pemrograman.

1. Unit processor atau central processing unit (unit pengolahan pusat) (CPU) adalah unit yang berisi mikroprocessor yang menginterpretasikan sinyal-sinyal input dan melaksanakan tindakan-tindakan pengontrolan, sesuai dengan program yang tersimpan di dalam memori, lalu mengkomunikasikan keputusan-keputusan yang diambilnya sebagai sinyal kontrol ke antarmuka output.



2. Unit catu daya diperlukan untuk mengkonversikan tegangan AC sumber menjadi tegangan rendah DC (24V) yang dibutuhkan oleh processor dan rangkaian-rangkaian di dalam modul-modul antarmuka input dan output.
3. Perangkat pemrograman dipergunakan untuk memasukkan program yang dibutuhkan ke dalam memori. Program tersebut dibuat dengan menggunakan perangkat ini dan kemudian dipindahkan ke dalam unit memori PLC.
4. Unit memori adalah tempat dimana program yang digunakan untuk melaksanakan tindakan-tindakan pengontrolan oleh mikroprocessor disimpan.
5. Bagian input dan output adalah antarmuka di mana prosesor menerima informasi dari dan mengkomunikasikan informasi kontrol ke perangkat-perangkat eksternal. Sinyal-sinyal input, oleh karenanya, dapat berasal dari saklar-saklar.

Tahap dasar untuk penyiapan awal untuk memudahkan dan memasukkan program dalam PLC dengan mempersiapkan daftar seluruh peralatan input dan output beserta lokasi I/O bit, penempatan lokasi word dalam penulisan data. Untuk pemrograman sebuah PLC dahulu kita harus mengenal atau mengetahui tentang organisasi dan memorinya.

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.

### **2.8.2 PLC Omron CP1E-E30DR-A<sup>11</sup>**

Merupakan jenis dari PLC Omron seri CP1E, sedangkan arti dari E30 merupakan jumlah dari output dan input yang terdapat pada PLC. PLC jenis ini

---

<sup>11</sup> Omron, "SYSMAC CP-Series CP1E CPU Units Introduction Manual". Introduction Manual, omron, hlm. 03.



dapat di implementasikan pada penggerak mekanisme alat industri, alat rumah tangga, dan tugas teknik lainnya, yang mana bersifat logika elektronika.



Gambar 2.13 PLC Omron CP1E-E30DR-A

PLC Omron seri CP1E memiliki I/O sebanyak 30 yang dimana 18 input bisa diubah menjadi analog, yaitu bekerja dengan tegangan 5 sampai 24 volt dan memiliki output sebanyak 12 yang dimana masing-masing output tersebut juga memiliki internal relay yang bekerja dengan arus hingga 10 A. PLC Omron seri CP1E bekerja dengan tegangan yang bisa diubah 100 sampai 240 VAC, Program memory: 2Ksteps (EEPROM), Data memory DM: 2Kwords dan memiliki minimal tegangan kerja 5 VDC dan maksimum tegangan kerja 24 VDC pada input PLC. Kemudian pada masing-masing output PLC memiliki internal relay yang memiliki maksimum arus kerja sebesar 10 A. PLC Omron seri CP1E memiliki sistem program dengan menggunakan software pemrograman CX-Programmer.

### 2.8.3 Software CX-Programmer<sup>12</sup>

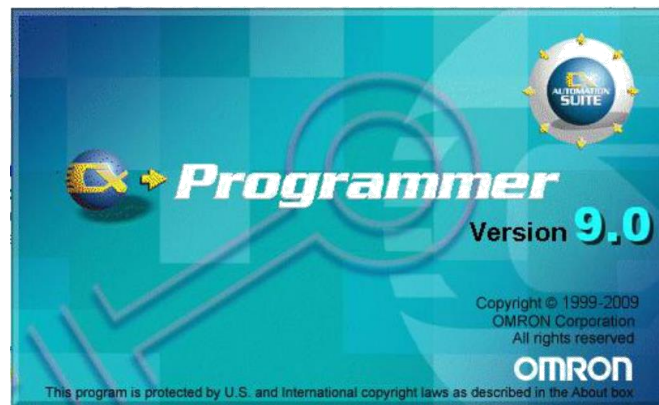
CX-Programmer merupakan software khusus untuk memprogram PLC buatan OMRON. CX Programmer ini sendiri merupakan salah satu software

<sup>12</sup> Musbikhin, "Pengantar CX Programmer (Seri Belajar PLC)", diakses dari <http://www.musbikhin.com/pengantar-cx-programmer-seri-belajar-plc>, pada tanggal 1 April 2019 pukul 23.32 WIB



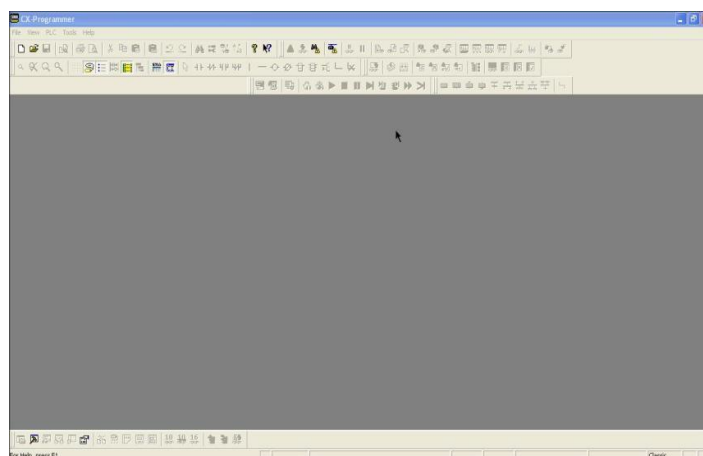
bagian dari CX-One. Dengan CX-Programmer ini kita bisa memprogram aneka PLC buatan omron dan salah satu fitur yang saya suka yaitu adanya fitur simulasi tanpa harus terhubung dengan PLC, sehingga kita bisa mensimulasikan ladder yang kita buat, dan simulasi ini juga bisa kita hubungkan dengan HMI PLC Omron yang telah kita buat dengan menggunakan CX-Designer (bagian dari CX-One).

Software ini beroperasi di bawah sistem operasi Windows, oleh sebab itu pemakai software ini diharapkan sudah familier dengan sistem operasi Windows antara lain untuk menjalankan software program aplikasi, membuat file, menyimpan file, mencetak file, menutup file, membuka file, dan keluar dari (menutup) software program.



Gambar 2.14 CX-Programmer Version 9.0 Omron

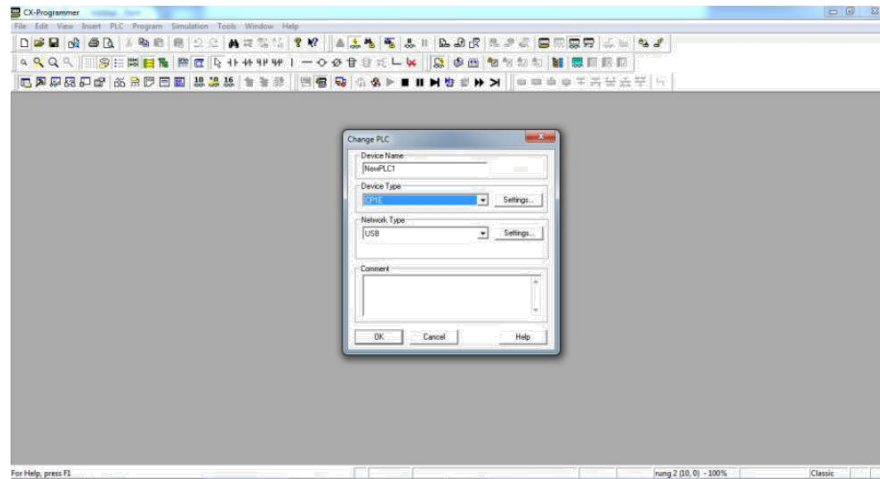
Berikut tampilan dari CX-Programmer saat pertama kali dibuka :



Gambar 2.15 Tampilan Pertama Program CX-Programmer Version 9.0 Omron

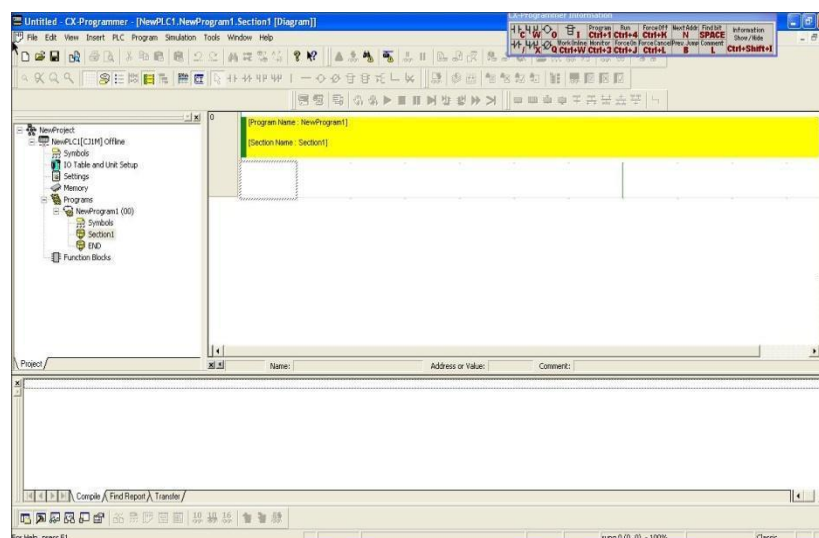


Untuk memulai menggunakan CX-Programmer ini yaitu pada menu pilih file -> new atau bisa langsung pada toolbar klik gambar kertas putih untuk memulai membuat project baru, kalo untuk membuka file project yang sudah dibuat sebelumnya yaitu pilih file -> open atau pada toolbar pilih gambar disamping kertas putih maka akan muncul tampilan berikut :



Gambar 2.16 Tampilan Pemilihan Device PLC Pada Program CX-Programmer Version 9.0 Omron

Setelah memilih tipe PLC yang akan digunakan, misalnya PLC CP1E dan Network type yang akan digunakan yaitu USB untuk setting lebih dalam bisa diklik setting, kemudian klik OK maka akan tampil tampilan berikut :



Gambar 2.17 Tampilan Project Program CX-Programmer Version 9.0 Omron



## 2.8.4 Program PLC

Suatu software yang berfungsi sebagai pengontrol otomatis yang berupa softcontact yang diimplementasikan kedalam suatu bentuk bilangan logika. Sehingga dapat mengatur sistem suatu alat industri elektronika dan mekanik.

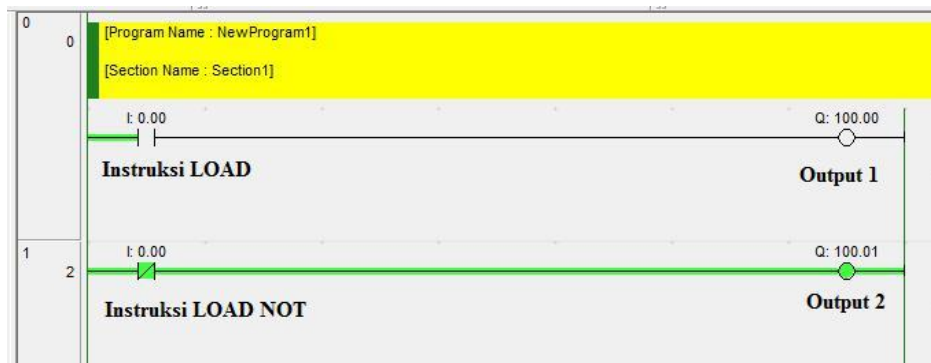
Ada 2 sistem pemrograman pada PLC Omron CP1E-E30SDR-A :

1. Function Block Diagram : Jenis Teknik Pemograman Logic yang tersusun dari block-block diagram dalam1 fungsi blok diagram khusus.
2. Ladder Diagram : Jenis Teknik Pemrograman Logic yang disusun dalam satuan-satuan kontak untuk menghasilkan fungsi tertentu dalam menghasilkan logika yang terdiri dari kontak NC, NO, Timer, Counter, dan lain-lain.

## 2.8.5 Insruksi Dasar Pada PLC

### 2.8.5.1 LOAD (LD) dan LOAD NOT (LD NOT)

Kondisi pertama yang mengawali sembarang blok logika di dalam diagram tangga berkaitan dengan instruksi LOAD (LD) atau LOAD NOT (LD NOT). Contoh instruksi ini ditunjukkan pada gambar 2.8



Gambar 2.18 Contoh Penggunaan Instruksi LD dan LD NOT

Tabel 2.2 Kode Mnemonik Instruksi LD dan LD NOT

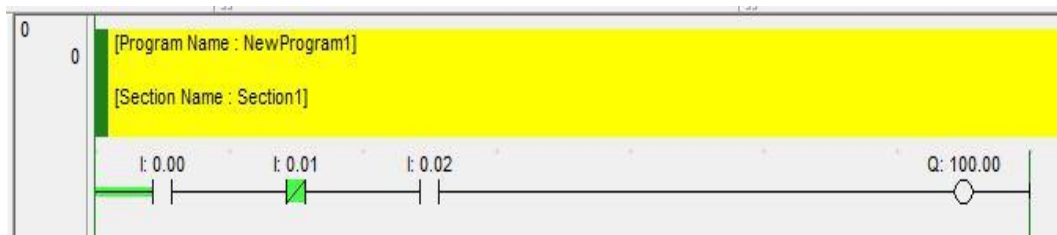
Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD	0.00
00001	OUT	100.00



00002	LD NOT	0.00
00003	OUT	100.01

### 2.8.5.2 AND dan AND NOT

Jika terdapat dua atau lebih kondisi yang dihubungkan seri pada garis instruksi yang sama maka kondisi pertama menggunakan instruksi LD atau LD NOT, dan sisanya menggunakan instruksi AND atau AND NOT. Gambar menunjukkan suatu penggalan diagram tangga yang mengandung tiga kondisi yang dihubungkan secara seri pada garis instruksi yang sama dan berkaitan dengan instruksi LD, AND NOT, dan AND. Masing-masing instruksi tersebut membutuhkan satu baris kode mnemonic.



Gambar 2.19 Contoh Penggunaan Instruksi AND dan AND NOT

Tabel 2.3 Kode Mnemonik Instruksi AND dan AND NOT

Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD	0.00
00001	AND NOT	0.01
00002	AND	0.02
00003	OUT	100.00

### 2.8.5.3 OR dan OR NOT

Jika dua atau lebih kondisi yang dihubungkan paralel, artinya dalam garis instruksi yang berbeda kemudian bergabung lagi dalam satu garis instruksi yang sama maka kondisi pertama terkait dengan instruksi LD dan LD NOT dan sisanya berkaitan dengan instruksi OR dan OR NOT. Gambar menunjukkan tiga buah



instruksi yang berkaitan dengan instruksi LD NOT, OR NOT, dan OR. Masing-masing instruksi tersebut membutuhkan satu baris kode mnemonik.



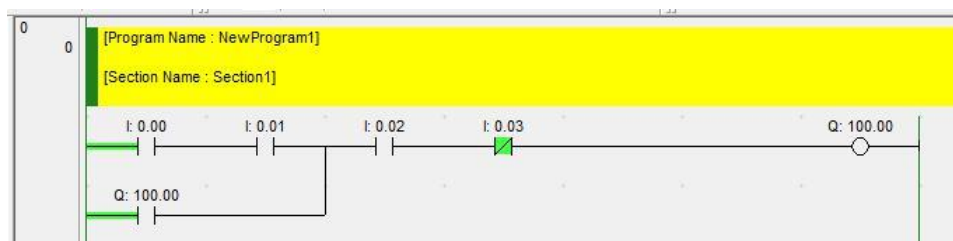
Gambar 2.20 Contoh Penggunaan Instruksi OR dan OR NOT

Tabel 2.4 Kode Mnemonik Instruksi OR dan OR NOT

Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD NOT	0.00
00001	OR NOT	0.01
00002	OR	0.02
00003	OUT	100.00

#### 2.8.5.4 Kombinasi instruksi AND dan OR

Jika instruksi AND dan OR digabung atau dikombinasikan dalam suatu rangkaian tangga yang kompleks maka bisa dipandang satu persatu, artinya bisa dilihat masing-masing hasil gabungan dua kondisi menggunakan instruksi AND atau OR secara sendiri-sendiri kemudian menggabungkannya menjadi satu kondisi menggunakan instruksi AND atau OR yang terakhir. Gambar 2.11 menunjukkan contoh diagram tangga yang mengimplementasikan cara seperti tersebut di atas.



Gambar 2.21 Contoh Penggabungan Instruksi AND dan OR





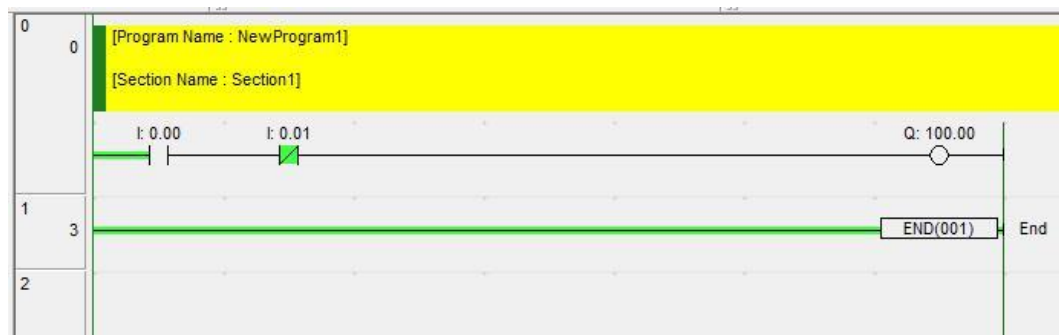
Tabel 2.5 Kode Mnemonik Instruksi AND dan OR

Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD	0.00
00001	AND	0.01
00002	OR	100.00
00003	AND	0.02
00004	AND NOT	0.03
00005	OUT	100.00

### 2.8.5.5 Instruksi END

Instruksi END merupakan instruksi terakhir yang harus dituliskan atau digambarkan dalam diagram tangga. CPU pada PLC akan mengerjakan semua instruksi dalam program dari awal (baris pertama) sampai ditemui instruksi END yang pertama, sebelum kembali lagi mengerjakan instruksi dalam program dari awal (artinya instruksi-instruksi yang ada di bawah instruksi END akan diabaikan). Instruksi END tidak memerlukan operan dan tidak boleh diawali dengan suatu kondisi seperti pada instruksi lainnya.

Suatu diagram tangga atau program PLC harus diakhiri dengan instruksi END, jika tidak maka program tidak dijalankan sama sekali. Angka yang dituliskan pada instruksi END pada kode mnemonik merupakan kode fungsinya. Gambar 2.21 memperlihatkan contoh penggunaan instruksi END.



Gambar 2.22 Contoh Penggunaan Instruksi END



Tabel 2.6 Kode Mnemonik Instruksi END

Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD	0.00
00001	AND NOT	0.01
00002	OUT	100.00
00003	END(001)	-

### 2.8.6 Prinsip Kerja PLC

Secara umum prinsip kerja PLC dapat dijelaskan sebagai berikut: sebuah PLC bekerja dengan cara menerima data data dari peralatan input luar atau input devices. Peralatan input luar secara umum sering disebut sebagai sensor jenis kontak (yaitu push button, saklar, limit switch dan sebagainya), kemudian sensor jenis non kontak yaitu sensor magnet, sensor induktif, sensor kapasitif, LDR dan lain sebagainya.

Data data yang masuk dari peralatan input ini berupa sinyal-sinyal analog (berupa besaran listrik) yang selanjutnya melalui input modules dapat diubah menjadi sinyal digital untuk kemudian diolah dengan CPU berdasarkan instruksi-instruksi program yang telah dibuat dan ditetapkan suatu keputusan dikirim ke output modules kemudian oleh output modules sinyal digital ini diubah terlebih dahulu menjadi sinyal analog dan inilah yang akan mengaktifkan output devices melalui kontak- kontak output yang terdapat pada PLC, output device dapat berupa output control (seperti rele, kontraktor, solenoid dan sebagainya) dan output beban (seperti lampu, motor motor dan sebagainya).