

PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)

Disampaikan dalam Pelatihan Mekatronika Bagi Guru-guru SMK

di Daerah Istimewa Yogyakarta



Oleh:

Yuwono Indro Hatmojo, S.Pd., M.Eng

NIP. 19760720 200112 1 002

**Jurusan Pendidikan Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta
2015**

PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL (PLC)

PENGANTAR

PLC pada awalnya sebagai alat elektronik untuk mengganti panel *relay*. Pada saat itu PLC hanya bekerja untuk kondisi ON-OFF untuk pengendalian motor, solenoid, dan actuator. Alat ini mampu mengambil keputusan yang lebih baik dibandingkan *relay* biasa. PLC pertama-tam banyak digunakan pada bagian otomotif. Sebelum adanya PLC, sudah banyak peralatan kontrol *sequence*, ketika *relay* muncul, panel kontrol dengan *relay* menjadi kontrol *sequence* yang utama. Ketika transistor muncul, *solidstate relay* yang diterapkan seperti untuk kontrol dengan kecepatan tinggi.

Pada tahun 1978, penemuan *chip* mikroprosesor menaikkan kemampuan komputer untuk segala jenis sistem otomatisasi dengan harga yang terjangkau. Robotika, peralatan otomatis dan komputer dari berbagai tipe, termasuk PLC berkembang dengan pesat. Program PLC makin mudah untuk dimengerti oleh banyak orang.

Pada awal tahun 1980 PLC makin banyak digunakan. Beberapa perusahaan elektronik dan komputer membuat PLC dalam volume yang besar. Meskipun industri peralatan mesin CNC telah digunakan beberapa waktu yang lalu, PLC tetap digunakan. PLC juga digunakan untuk sistem otomatisasi building dan juga security control system. Sekarang sistem kontrol sudah meluas hingga keseluruhan pabrik dan sistem kontrol total dikombinasikan dengan kontrol feedback, pemrosesan data, dan sistem monitor terpusat. Saat ini PLC sudah menjadi alat yang cerdas, yang merupakan kebutuhan utama di industri modern. PLC modern juga sebagai alat yang dapat mengakuisi data dan menyimpannya.



Gambar 1. Programmable Logic Control (PLC)

PLC sebenarnya adalah suatu sistem elektronika digital yang dirancang agar dapat mengendalikan mesin dengan proses mengimplementasikan fungsi nalar kendali sekuensial, operasi pewaktuan (*timing*), pencacahan (*counting*), dan aritmatika. PLC tidak lain adalah komputer digital sehingga mempunyai processor, unit memori, unit kontrol, dan unit I/O, PLC berbeda dengan komputer dalam beberapa hal, yaitu :

- PLC dirancang untuk berada di lingkungan industri yang mungkin banyak debu, panas, guncangan, dan sebagainya.
- PLC harus dapat dioperasikan serta dirawat dengan mudah oleh teknisi pabrik.
- PLC sebagian besar tidak dilengkapi dengan monitor, tetapi dilengkapi dengan peripheral port yang berfungsi untuk memasukkan program sekaligus memonitor data atau program.

Sebagian besar PLC dapat melakukan operasi sebagai berikut :

1. Relay Logic
2. Penguncian (*Locking*)
3. Pencacahan (*Counting*)
4. Penambahan
5. Pengurangan
6. Pewaktuan (*Timing*)
7. Kendali PID

8. Operasi BCD
9. Manipulasi Data
10. Perbandingan
11. Pergeseran

Kehandalan PLC (*Programmable Logic Controller*):

- *Flexibility*

Pada awalnya, setiap mesin produksi yang dikendalikan secara elektronik memerlukan masing-masing kendali, misalnya 12 mesin memerlukan 12 kontroler. Sekarang dengan menggunakan satu model dari PLC dapat mengendalikan salah satu dari 12 mesin tersebut. Tiap mesin dikendalikan dengan masing-masing program sendiri.

- Perubahan implementasi dan koreksi error

Dengan menggunakan tipe *relay* yang terhubung pada panel, perubahan program akan memerlukan waktu untuk menghubungkan kembali panel dan peralatan. Sedangkan dengan menggunakan PLC untuk melakukan perubahan program, tidak memerlukan waktu yang lama yaitu dengan cara merubahnya pada sebuah software. Dan jika kesalahan program terjadi, maka kesalahan dapat langsung dideteksi keberadaannya dengan memonitor secara langsung. Perubahannya sangat mudah, hanya mengubah diagram laddernya.

- Harga yang rendah

PLC lebih sederhana dalam bentuk, ukuran dan peralatan lain yang mendukungnya, sehingga harga dapat dijangkau. Saat ini dapat dibeli PLC berikut *timer*, *counter*, dan *input analog* dalam satu kemasan CPU. PLC mudah di dapat dan kini sudah banyak beredar di pasaran dengan bermacam-macam merk dan tipe.

- Jumlah kontak yang banyak

PLC memiliki jumlah kontak yang banyak untuk tiap koil yang tersedia. Misal panel yang menghubungkan *relay* mempunyai 5 kontak dan semua digunakan sementara pada perubahan desain diperlukan 4 kontak lagi yang berarti diperlukan penambahan satu buah *relay* lagi. Ini berarti diperlukan waktu untuk melakukan instalasinya. Dengan menggunakan PLC, hanya diperlukan

pengetikan untuk membuat 4 buah kontak lagi. Ratusan kontak dapat digunakan darisatu buah *relay*, jika memori pada komputer masih memungkinkan.

- Memonitor hasil

Rangkaian program PLC dapat dicoba dahulu, ditest, diteliti dan dimodifikasi pada kantor ataulaboratorium, sehingga efisiensi waktu dapat dicapai. Untuk menguji program PLC tidak harus diinstalasikan dahulu ke alat yang hendak dijalankan, tetapi dapat dilihat langsung pada CPU PLC atau dilihat pada *software* pendukungnya.

- Observasi visual

Operasi dari rangkaian PLC dapat dilihat selama dioperasikan secara langsung melalui layar CRT. Jika ada kesalahan operasi maupun kesalahan yang lain dapat langsung diketahui. Jalur logika akan menyala pada layar sehingga perbaikan dapat lebih cepat dilakukan melalui observasi visual. Bahkan beberapa PLC dapat memberikan pesan jika terjadi kesalahan.

- Kecepatan operasi

Kecepatan operasi dari PLC melebihi kecepatan operasi daripada *relay* pada saat bekerja yaitu dalam beberapa mikro detik. Sehingga dapat menentukan kecepatan *output* dari alat yang digunakan.

- Metode boolean atau ladder

Program PLC dapat dilakukan dengan diagram ladder oleh para teknisi atau juga menggunakan sistem boolean atau digital bagi para pemrogram PLC yang lebih mudah dan dapat disimulasikan pada *software* pendukungnya.

- *Reliability*

Peralatan solid state umumnya lebih tahan dibandingkan dengan *relay* atau timer mekanik. PLC mampu bekerja pada kondisi lingkungan yang berat, misalnya guncangan, debu, suhu yang tinggi, dan sebagainya.

- Penyederhanaan pemesanan komponen

PLC adalah satu peralatan dengan satu waktu pengiriman. Jika satu PLC tiba, maka semua *relay*, *counter* dan komponen lainnya juga tiba. Jika mendesain panel *relay* sebanyak 10 *relay*, maka diperlukan 10 penyalur yang berbeda pula

waktu pengirimannya, sehingga jika lupa memasang satu *relay* akan berakibat tertundanya pengerjaan suatu panel.

- Dokumentasi

Mencetak rangkaian PLC dapat dilakukan segera secara nyata sebagian atau keseluruhan rangkaian tanpa perlu melihat pada blueprint yang belum tentu up to date, dan juga tidak perlu memeriksa jalur kabel dengan rangkaian.

- Keamanan

Program PLC tidak dapat diubah oleh sembarang orang dan dapat dibuatkan password. Sedangkan panel *relay* biasa memungkinkan terjadinya perubahan yang sulit untuk dideteksi.

- Memudahkan perubahan dengan pemrograman ulang.

PLC dapat dengan cepat diprogram ulang, hal ini memungkinkan untuk mencampur proses produksi, sementara produksi lainnya sedang berjalan.

Disamping beberapa kehandalan di atas, tidak bisa dipungkiri bahwa PLC juga mempunyai beberapa kelemahan antara lain :

- Teknologi baru

Sulit untuk mengubah pola pikir beberapa personil yang telah lama menggunakan konsep *relay* untuk berubah ke konsep PLC komputer.

- Aplikasi program yang tetap

Beberapa aplikasi dari proses produksi merupakan aplikasi yang tidak akan berubah selamanya sehingga keunggulan dari pada PLC untuk mengubah program menjadi tidak berguna.

- Kondisi lingkungan

Lingkungan proses tertentu seperti panas yang tinggi dan getaran, interferensi dengan peralatan listrik lain membuat keterbatasan pemakaian PLC.

- Pengoperasian yang aman

Pada penggunaan sistem *relay*, jika sumber daya padam akan langsung mematikan seluruh rangkaian dan tidak secara otomatis bekerja kembali PLC akan langsung menjalankan proses yang di program, namun hal ini tergantung dari program yang dibuat.

- Operasi pada rangkaian yang tetap

Jika suatu rangkaian operasi tidak pernah diubah, seperti misalnya drum mekanik, lebih murah jika tetap menggunakan konsep *relay* dari pada menggunakan PLC.

Keunggulan PLC dibanding Sistem Konvensional

Salah satu keunggulan PLC dibanding sistem konvensional kontrol panel adalah sebagai berikut :

- Pada *Programmable Logic Controller* :
 1. Pengawatan lebih sedikit.
 2. Perawatan relatif mudah.
 3. Pelacakan sistem lebih sederhana.
 4. Konsumsi daya relatif rendah.
 5. Dokumentasi gambar lebih sederhana dan lebih mudah dimengerti.
 6. Modifikasi sistem lebih sederhana dan cepat.
- Pada Sistem Konvensional Kontrol Panel:
 1. Pengawatan lebih kompleks.
 2. Perawatan membutuhkan waktu yang lama.
 3. Pelacakan kesalahan membutuhkan waktu yang lama.
 4. Konsumsi daya yang relatif tinggi.
 5. Dokumentasi gambar lebih banyak.
 6. Modifikasi sistem membutuhkan waktu yang lama.

Hal-hal yang dapat dikerjakan oleh PLC

Sebagai kontrol urutan mempunyai fungsi:

1. Pengganti *relay* kontrol logika konvensional.
2. Pewaktu/pencacah (*Timer /Counter*).
3. Pengganti pengontrol PCB card.
4. Mesin kontrol (*auto / semi auto/manual*).

Sebagai kontrol yang canggih mempunyai fungsi:

1. Operasi aritmatika.
2. Penanganan informasi.

3. Kontrol analog (suhu, tekanan, dan lain-lain).
4. PID (*Proporsional-Integral-Diferensial*).
5. Kontrol motor servo.
6. Kontrol motor stepper.

Sebagai kontrol pengawasan mempunyai fungsi:

1. Proses monitor dan alarm.
2. Monitor dan diagnosa kesalahan.
3. Antarmuka dengan komputer (RS-23C/ RS-422).
4. Antarmuka printer / ASCII.
5. Jaringan kerja otomatisasi pabrik.
6. *Local Area Network*.
7. *Wide Area Network*.
8. *FMS (Flexible Manufacturing System)*, *CIM (Computer Integrated Manufacturing)*, *FA (Factory Automation)*.

Pengertian

Programmable Logic Controllers (PLC) adalah komputer elektronik yang mudah digunakan (*user friendly*) yang memiliki fungsi kendali untuk berbagai tipe dan tingkat kesulitan yang beraneka ragam.

Definisi *Programmable Logic Controller* menurut Capiel (1982) adalah : sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan didisain untuk pemakaian di lingkungan industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog.

Berdasarkan namanya konsep PLC adalah sebagai berikut :

1. *Programmable*, menunjukkan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan program yang telah dibuat yang dengan mudah diubah-ubah fungsi atau kegunaannya.

2. *Logic*, menunjukkan kemampuan dalam memproses *input* secara aritmatik dan *logic* (ALU), yakni melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi, negasi, AND, OR, dan lain sebagainya.
3. *Controller*, menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan *output* yang diinginkan.

PLC ini dirancang untuk menggantikan suatu rangkaian *relaysequensial* dalam suatu sistem kontrol. Selain dapat diprogram, alat ini juga dapat dikendalikan, dan dioperasikan oleh orang yang tidak memiliki pengetahuan di bidang pengoperasian komputer secara khusus. PLC ini memiliki bahasa pemrograman yang mudah dipahami dan dapat dioperasikan bila program yang telah dibuat dengan menggunakan software yang sesuai dengan jenis PLC yang digunakan sudah dimasukkan.

Fungsi dan kegunaan PLC sangat luas. Dalam prakteknya PLC dapat dibagi secara umum dan secara khusus.

- Secara umum fungsi PLC adalah sebagai berikut:
 1. *Sekuensial Control*. PLC memproses *input* sinyal biner menjadi *output* yang digunakan untuk keperluan pemrosesan teknik secara berurutan (*sekuensial*), disini PLC menjaga agar semua step atau langkah dalam proses *sekuensial* berlangsung dalam urutan yang tepat.
 2. *Monitoring Plant*. PLC secara terus menerus memonitor status suatu sistem (misalnya temperatur, tekanan, tingkat ketinggian) dan mengambil tindakan yang diperlukan sehubungan dengan proses yang dikontrol (misalnya nilai sudah melebihi batas) atau menampilkan pesan tersebut pada operator.
 3. *Shutdown System*
Prinsip kerja sebuah PLC adalah menerima sinyal masukan proses yang dikendalikan lalu melakukan serangkaian instruksi logika terhadap sinyal masukan tersebut sesuai dengan program yang tersimpan dalam memori lalu menghasilkan sinyal keluaran untuk mengendalikan aktuator atau peralatan lainnya.

(Sumber : <http://juareg7.wordpress.com>)

Jenis-jenis PLC

Berdasarkan jumlah *input/output* yang dimilikinya inisecara umum PLC dapat dibagi menjadi tiga kelompok besar:

1. PLC mikro.

PLC dapat dikatagorikan mikro jika jumlah *input/output* pada PLC ini kurang dari 32 terminal.

2. PLC mini.

Katagori ukuran mini ini adalah jika PLC tersebut memiliki jumlah *input/output* antara 32 sampai 128 terminal.

3. PLC large.

PLC ukuran ini dikenal juga dengan PLC tipe rack PLC dapat dikatagorikan sebagai PLC besar jika jumlah *input/output*-nya lebih dari 128 terminal.

Fasilitas, kemampuan, dan fungsi yang tersedia pada setiap kategori tersebut pada umumnya berbeda satu dengan lainnya. Semakin sedikit jumlah *input/output* pada PLC tersebut maka jenis instruksi yang tersedia juga semakin terbatas.

Peralatan yang berhubungan dengan PLC

1. Peralatan Analog

Contoh dari peralatan analog baik *input* maupun *output* adalah sebagai berikut :

INPUT

- *Flow transmitters*
- *Pressure transmitters*
- *Temperature transmitters*
- *Position transmitters*
- *Level transmitters*

OUTPUT

- *Electric motor drives*
- *Analog meters*
- *Chart data recorders*
- *Process controllers*
- *Variable speed drives*

2. Peralatan Digital

Contoh dari peralatan digital baik *input* maupun *output* adalah sebagai berikut :

INPUT

- *Selector Switch*
- *Temperature Switch*
- *Flow Switch*
- *Level Switch*
- *Pushbutton*
- *Motor starter contacts*
- *Limit Switch*
- *Pressure Switch*
- *Relay Contact*

OUTPUT

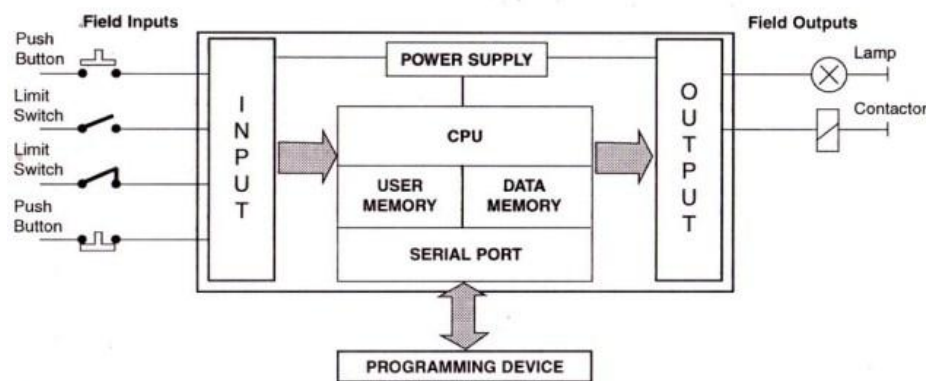
- *Annunciator*
- *Alarm light*
- *Electric fan*
- *Indicating light*
- *Electric valve*
- *Alarm horn*
- *Solenoid valve*
- *Motor starters*

Secara mendasar PLC adalah suatu peralatan kontrol yang dapat diprogram untuk mengontrol proses atau operasi mesin. Kontrol program dari PLC adalah menganalisa sinyal *input* kemudian mengatur keadaan *output* sesuai dengan keinginan pemakai. Keadaan *input* PLC digunakan dan disimpan didalam memory dimana PLC melakukan instruksi logika yang di program pada keadaan *input*nya. Peralatan *input* dapat berupa sensor photo elektrik, *push button* pada panel kontrol, *limit switch* atau peralatan lainnya dimana dapat menghasilkan suatu sinyal yang dapat masuk ke dalam PLC. Peralatan *output* dapat berupa *switch* yang menyalakan lampu indikator, *relay* yang menggerakkan motor atau peralatan lain yang dapat digerakkan oleh sinyal *output* dari PLC.

Selain itu PLC juga menggunakan memory yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi yang melaksanakan fungsi-fungsi khusus seperti: logika pewaktuan, sekuensial dan aritmetika yang dapat mengendalikan suatu mesin atau proses melalui modul-modul I/O baik analog maupun digital.

Prinsip kerja PLC

PLC merupakan peralatan elektronik yang dibangun dari mikroprosesor untuk memonitor keadaan dari peralatan *input* untuk kemudian di analisa sesuai dengan kebutuhan perencana (*programmer*) untuk mengontrol keadaan *output*. Sinyal *input* diberikan kedalam *input card*.



Gambar 2. Bagian-Bagian Pada PLC

Ada 2 jenis *input card*, yaitu :

1. *Analog input card*
2. *Digital input card*

Setiap *input* mempunyai alamat tertentu sehingga untuk mendeteksinya mikroprosesor memanggil berdasarkan alamatnya. Banyaknya *input* yang dapat diproses tergantung jenis PLC- nya. Sinyal output dikeluarkan PLC sesuai dengan program yang dibuat oleh pemakai berdasarkan analisa keadan *input*.

Ada 2 jenis *output card*, yaitu :

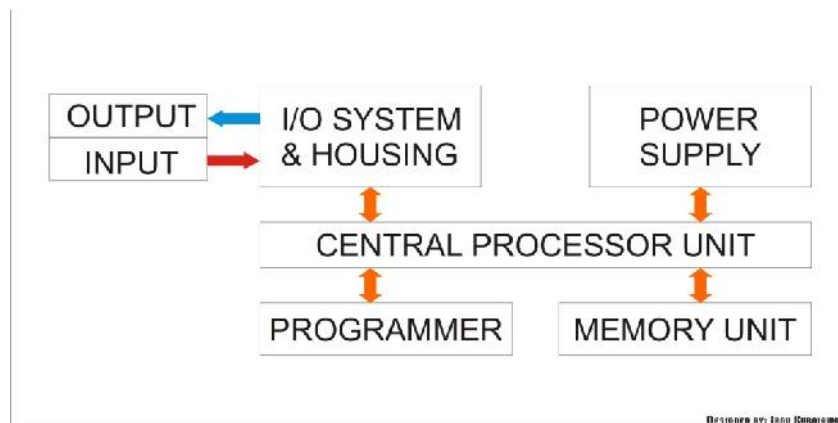
1. *Analog output card*
2. *Digital output card*

Setiap *outputcard* mempunyai alamat tertentu dan diproses oleh mikroprosesor menurut alamatnya. Banyaknya *output* tergantung jenis PLC-nya. Pada PLC juga dipersiapkan *internalinput* dan *output* untuk proses dalam PLC sesuai dengan kebutuhan program. Dimana *internalinput* dan *output* ini hanya sebagai *flag* dalam proses. Di dalam PLC juga dipersiapkan timer yang dapat dibuat dalam konfigurasi *on delay*, *off delay*, *on timer*, *off timer* dan lain- lain sesuai dengan programnya. Untuk memproses timer tersebut, PLC memanggil berdasarkan alamatnya.

Untuk melaksanakan sebagai kontrol system, PLC ini didukung oleh perangkat lunak yang merupakan bagian penting dari PLC. Program PLC biasanya terdiri dari 2 jenis yaitu ladder diagram dan instruksi dasar diagram, setiap PLC mempunyai perbedaan dalam penulisan program.

1. KOMPONEN PENYUSUN PLC

Pada umumnya, terdapat 5 (lima) komponen utama yang menyusun suatu PLC. Semua komponen tersebut harus ada untuk dapat menjalankan suatu PLC secara normal.



Gambar 3. Konfigurasi Komponen-Komponen PLC

Komponen-komponen utama dari suatu PLC, sebagai berikut:

1.1. Unit CPU (Central Processing Unit)

CPU berfungsi untuk mengontrol dan mengawasi semua pengoperasian dalam PLC, melaksanakan program yang disimpan didalam memori. Selain itu CPU juga memproses dan menghitung waktu memonitor waktu pelaksanaan perangkat lunak dan menterjemahkan program perantara yang berisi logika dan waktu yang

dibutuhkan untuk komunikasi data dengan pemrogram. CPU merupakan bagian yang berfungsi sebagai otak bagi sistem. CPU berisi mikroprosesor yang menginterpretasikan sinyal-sinyal *input* dan melaksanakan tindakan-tindakan pengontrolan sesuai dengan program yang telah tersimpan, lalu mengkomunikasikan keputusan-keputusan yang diambilnya sebagai sinyal kontrol ke *output interface*. Scan dari program umumnya memakan waktu 70 ms, tetapi hal itu tergantung dari panjang pendeknya program serta tingkat kerumitannya.

1.2. Unit Memori

Memori didalam PLC digunakan untuk menyimpan data dan program. Secara fisik, memori ini berupa *chip* dan untuk pengaman dipasang baterai *back-up* pada PLC. Unit memori ini sendiri dapat dibedakan atas 2 jenis, yaitu:

- *Volatile Memory*, adalah suatu memori yang apabila sumber tegangannya dilepas maka data yang tersimpan akan hilang. Karena itu memori jenis ini bukanlah media penyimpanan permanen. Untuk penyimpanan data dan program dalam jangka waktu yang lebih lama maka memori ini harus mendapat daya terus-menerus, hal ini biasanya dilakukan dengan menggunakan baterai. Ada beberapa jenis memori *volatil* yaitu RAM (*Random Access Memory*), SRAM (*Static RAM*) dan DRAM (*Dynamics RAM*).
- *Non-Volatile Memory*, merupakan kebalikan *Volatile Memory* yaitu suatu memori yang meski sumber tegangan dilepas data yang tersimpan tidak akan hilang. Salah satu jenis memori ini adalah ROM (*Read Only Memory*). Memori jenis ini hanya dapat dibaca saja dan tidak dapat ditambah ataupun dirubah. Isi dari ROM berasal dari pabrik pembuatnya yang berupa sistem operasi dan terdiri dari program-program pokok yang diperlukan oleh sistem PLC. Untuk mengubah isi dari Rom maka diperlukan memori jenis: EPROM (*Erasable Programmable ROM*) yang dapat dihapus dengan mengekspos *chip* pada cahaya *ultra violet* pekat.

Memori yang terdapat dalam PLC berfungsi untuk menyimpan program dan memberikan lokasi-lokasi dimana hasil-hasil perhitungan dapat disimpan didalamnya. PLC menggunakan peralatan memory semi konduktor seperti RAM (*Random Acces Memory*), ROM (*Read Only Memory*), dan PROM (*Programmable Read Only Memory*).

RAM mempunyai waktu akses yang cepat dan program-program yang terdapat di dalamnya dapat deprogram ulang sesuai dengan keinginan pemakainya. RAM disebut juga sebagai *volatile* memori, maksudnya program program yang terdapat mudah hilang jika *supply* listrik padam.

Dengan demikian untuk mengatasi *supply* listrik yang padam tersebut maka diberi *supply* cadangan daya listrik berupa baterai yang disimpan pada RAM. Seringkali CMOS RAM dipilih untuk pemakaian *power* yang rendah. Baterai ini mempunyai jangka waktu kira-kira lima tahun sebelum harus diganti.

1.3. Unit Power Supply

Unit power supply atau unit catu daya diperlukan untuk mengkonversi tegangan masukan AC (220Volt ~ 50Hz) atau DC (24Volt) sumber menjadi tegangan rendah DC 5 Volt yang dibutuhkan oleh prosesor dan rangkaian-rangkaian dalam *input/output interface*. Kegagalan dalam pemenuhan tegangan oleh *power supply* dapat menyebabkan kegagalan operasi PLC. Untuk itu diperlukan adanya baterai cadangan dengan tujuan agar pada saat *voltage=dropping*, data yang ada pada memori tidak hilang.

1.4. Unit Programmer

Komponen programmer merupakan alat yang digunakan untuk berkomunikasi dengan PLC. Programmer mempunyai beberapa fungsi yaitu :

- *RUN*, untuk mengendalikan suatu proses saat program dalam keadaan aktif.
- *OFF*, untuk mematikan PLC sehingga program dibuat tidak dapat dijalankan.
- *MONITOR*, untuk mengetahui keadaan suatu proses yang terjadi dalam PLC.
- *PROGRAM*, menyatakan suatu keadaan dimana *programmer/monitor* digunakan untuk membuat suatu program.

1.5. Unit Input/Output

Unit *Input/output* menyediakan antarmuka yang menghubungkan sistem dengan dunia luar, memungkinkan dibuatnya sambungan-sambungan/koneksi antara perangkat-perangkat input, semisal sensor, dengan perangkat *output*, semisal motor dan selenoida, melalui kanal-kanal *input/output*. Demikian pula, melalui unit *input/output*, program-program dimasukkan dari panel program. Setiap titik *input/output* memiliki sebuah alamat unik yang dapat digunakan oleh CPU.

2. DASAR-DASAR PEMROGRAMAN PLC

Kontrol program adalah komponen utama dalam sistem yang bekerja secara otomatis. Kontrol program harus didesain secara sistematis, terstruktur dengan baik dan harus terdokumentasi agar bebas dari kesalahan, pemeliharaan mudah dan efektif dalam biaya. Untuk memrogram PLC dapat digunakan prosedur berikut untuk menyelesaikan permasalahan mengenai kontrol.

- **Langkah 1 : Identifikasi masalah**

Definisi permasalahan harus menjabarkan problema kontrol secara tepat dalam bentuk yang detail. Informasi yang diperlukan yaitu skema posisi, skema sekuensial dan tabel kebenaran yang menerangkan hubungan antara masukan dan keluaran dan juga berguna untuk tes terhadap resiko pada saat instalasi.

- **Langkah 2 : Allocation List**

Allocation list berisi kondisi-kondisi program termasuk *identifier* atau alamat yang dipakai oleh keluaran atau masukan.

- **Langkah 3 : Pembuatan program**

Terdapat 4 cara/bahasa untuk membuat program, yaitu dengan menggunakan *ladder diagram* (LD), *function block diagram* (FBD), *structure text* (ST atau *intruction/statement list* (SL).

Pembuatan program PLC secara umum merupakan gabungan dari logika-logika sederhana diantaranya adalah logika AND, logika OR maupun Inversenya serta pengunci. Logika AND merupakan instruksi yang harus selalu didahului sekurang-kurangnya satu kontak yang lain. Pada ladder diagram logika AND dapat dijelaskan sebagai kontak NO (*Normally Open*) dalam rangkaian seri dengan kontak-kontak sebelumnya. Instruksi AND memungkinkan banyaknya masukan dari sinyal-sinyal kondisi. Bila semua sinyal kondisi bernilai benar ("1" / "true") maka baris program tersebut akan dijalankan dan selain itu tidak dijalankan.

Logika OR dapat dijelaskan sebagai kontak NO (*Normally Open*) tunggal yang dihubungkan secara paralel dengan kontak pertama dari ladder diagram. Instruksi OR memungkinkan banyaknya masukan dari sinyal-sinyal kondisi. Bila salah satu atau semua sinyal kondisi bernilai benar ("1" / "true") maka baris program tersebut akan dijalankan dan selain itu tidak dijalankan.

Untuk membuat program PLC kita harus mempunyai software program yang sesuai atau kompatibel dengan perangkat PLC nya. Kita tahu bahwa software program antara lain ada twidosoft, telemecanique dan zeliosoft.

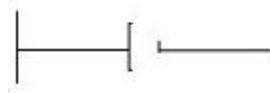
2.1. Instruksi-instruksi dasar PLC

Berikut ini adalah contoh sebagian perintah-perintah dasar pada PLC :

1. LOAD (LD)

Perintah ini digunakan jika urutan kerja suatu sistem kontrol hanya membutuhkan satu keadaan logika. Logika ini mirip dengan kontak *relay* NO.

Simbol :



2. LOAD NOT

Perintah ini digunakan jika urutan kerja sistem kontrol hanya membutuhkan satu kondisi logika. Logika ini mirip dengan kontak *relay* NC.

Simbol :



3. AND

Perintah ini digunakan untuk urutan kerja sistem kontrol yang lebih dari satu kondisi logika yang harus terpenuhi semuanya untuk mengeluarkan satu *output*. Logika ini mirip dengan kontak *relay* NO.

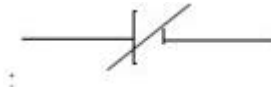
Simbol :



4. AND NOT

Perintah ini digunakan untuk urutan kerja sistem kontrol yang lebih dari satu kondisi logika yang harus terpenuhi semuanya untuk mengeluarkan satu *output*. Logika ini mirip dengan kontak *relay* NC.

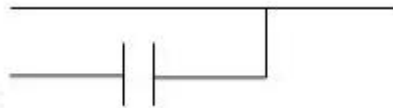
Simbol :



5. OR

Perintah ini digunakan untuk urutan kerja sistem kontrol yang lebih dari salah satu kondisi logikayang harus terpenuhi semuanya untuk mengeluarkan satu *output*. Logika ini mirip dengan kontak*relay* NO.

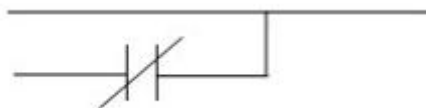
Simbol :



6. OR NOT

Perintah ini digunakan untuk urutan kerja sistem kontrol yang lebih dari salah satu kondisi logikayang harus terpenuhi semuanya untuk mengeluarkan satu *output*. Logika ini mirip dengan kontak*relay* NC.

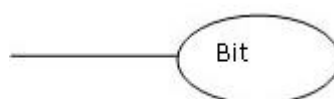
Simbol :



7. OUT

Jika kondisi logika terpenuhi, perintah ini digunakan untuk mengeluarkan satu *output*. Logika ini mirip dengan kontak *relay* NO.

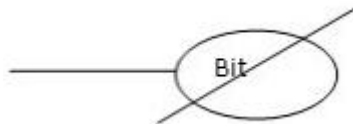
Simbol :



8. OUT NOT

Jika kondisi logika terpenuhi, perintah ini digunakan untuk mengeluarkan satu *output*. Logika inimirip dengan kontak *relay* NC.

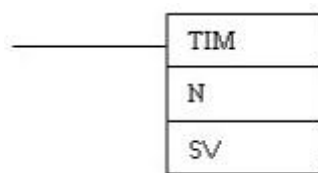
Simbol :



9. TIMER (TIM) dan COUNTER (CNT)

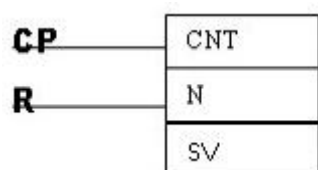
Timer (TIM) dan Counter (CNT) Timer/Counter pada PLC berjumlah 512 buah yang bernomor TC 000 sampai dengan TC 511 (tergantung tipe PLC). Dalam satu program tidak boleh ada nomor Timer/Counter yang sama. Nilai Timer/Counter pada PLC bersifat menghitung mundur dari nilai awal yang ditetapkan oleh program, setelah mencapai angka nol maka contact NO timer/counter akan ON. Timer mempunyai batas antara 0000 sampai dengan 9999 dalam bentuk BCD dan dalam orde 100 ms. Sedangkan untuk counter mempunyai orde angka BCD dan mempunyai batas antara 0000 sampai dengan 9999.

Simbol TIMER :



Timer aktif bila kondisi eksekusi ON dan reset bila OFF. Pertama dieksekusi TIM mengukur SV dalam orde 0,1 detik.

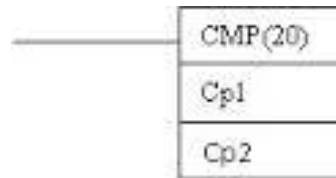
Simbol COUNTER:



COMPARE –CMP(20)

Kegunaan :

Membandingkan Cp1 dan Cp2 dan hasil *output* ke GR, EQ dan LE flag dalam area.



10. PLC Ladder Diagram

Ladder diagram atau diagram tangga atau disebut juga *relay* diagram adalah bahasa yang paling populer untuk membuat program PLC, yang mana tidak lain berupa simbol dari skema diagram rangkaian listrik.

Bagian-bagian dari ladder diagram dalam pemrograman PLC.

- 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.
- *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.
- *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.

- *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 fungsinya pun juga bisa berbeda satu dengan yang lain, tetapi bisa dipelajari dengan membaca buku manual yang ada.
- 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.
- 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.



Gambar 4. Ladder Diagram

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.

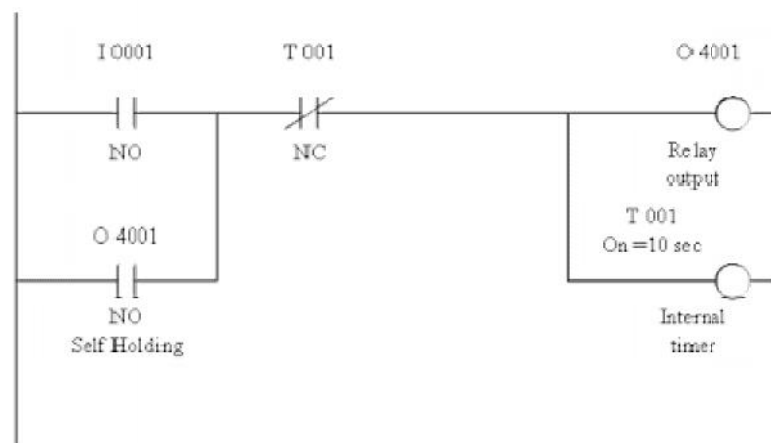
Jalur operasi kerja itu bisa dibagi dalam 2 bagian, yaitu:

- 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.

- 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.

Contoh program ladder diagram:



Gambar 5. Program Ladder Diagram

Kondisi awal/normal:

Kontak I 0001 terputus, kontak O 4001 terputus, kontak T 001 terhubung, *relay output* O 4001 tidak bekerja, *internal timer* T 001 tidak bekerja.

Saat *Push Button* I 0001 ditekan:

Kontak I 0001 terhubung, kontak T 001 masih terhubung, karena *internal timer* T 001 di setting ON setelah 10 detik, maka arus listrik akan mengalir menghidupkan *relay output* O 4001 dan *internal timer* T 001.

Saat *Push Button* I 0001 dilepaskan kembali:

Kontak I 0001 terputus, kontak *relay output* O 4001 terhubung, karena *relay output* O 4001 bekerja, kontak T 001 masih terhubung, sehingga arus tetap mengalir menghidupkan *relay output* O 4001 dan *internal timer* T 001. Kondisi kontak *relay output* O 4001 ini disebut *Self Holding Contact*.

Saat 10 detik setelah *relay output* O 4001 dan *internal timer* T 001 bekerja: Kontak T 001 terputus karena *internal timer* T 001 dalam kondisi ON setelah waktu tunda 10 detik sesuai dengan setting, dan hal ini memutuskan arus listrik yang mengalir ke *relay output* O 4001 dan *internal timer* T 001, sehingga keduanya segera OFF lagi. Dan kondisi kembali ke kondisi awal di atas.

Bila dilihat hanya untuk satu baris ladder diagram di atas, akan terlihat sederhana bagi orang yang mengerti skema diagram rangkaian listrik, tetapi justru disinilah kehebatan dibalik kesederhanaan program ladder diagram. Kontak poin I 0001, O 4001 dan T 001 itu bisa digunakan dimana saja pada program lanjutan dari ladder diagram di atas. Dan bila program ini diteruskan ke bawah sesuai dengan kebutuhan program mesin yang bersangkutan, maka program ini akan terlihat sebagai anak tangga yang terus turun ke bawah.

Untuk kebutuhan perancang desain rangkaian listrik, penggunaan PLC dengan ladder diagramnya ini sangat membantu mengurangi keruwetan rangkaian listrik dalam panel kontrol, sehingga menjadi ringkas dan kompak. Juga sangat fleksibel saat perancang melakukan modifikasi ataupun *upgrade* sistem dari rangkaian listrik mesin yang dirancangnya tersebut.

Sementara untuk kebutuhan *maintenance* dan *trouble shooting*, penggunaan PLC ini jelas menjadi bantuan mata sang *trouble shooter* untuk melihat kegagalan apa yang terjadi dengan dengan proses kerja mesin yang sedang diperbaiki.