



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Human Machine Interface* (HMI)³

2.1.1 Pengertian *Human Machine Interface* (HMI)

Human Machine Interface (HMI) merupakan perangkat lunak antarmuka berupa GUI berbasis komputer yang menjadi penghubung antara operator dengan mesin atau peralatan yang dikendalikan serta bertindak pada *supervisory* (GlobalSpec, 2010). Irawan (2010) menyebutkan bahwa secara umum HMI mempunyai fungsi-fungsi sebagai berikut:

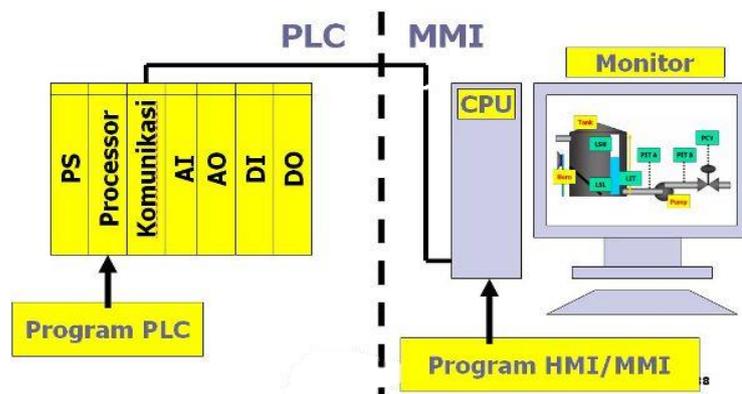
Fungsi *Human Machine Interface*:

- Memonitor dan Memberikan informasi kondisi *plant* kepada operator melalui GUI secara *real time*. Tampilan kondisi *plant* adalah berdasarkan hasil pembacaan *input* dan *output* dari proses yang sedang berlangsung pada *plant*.
- Menentukan kondisi *output* (*actuator*) berdasarkan nilai *input* yang diperoleh dari pembacaan sensor.
- Pengambilan dan penyimpanan data dalam satu koleksi data. Pada umumnya data dapat berupa data pengukuran, status sistem yang diwakili oleh status *valve* sebagai *actuator*, status alarm, tanggal pengambilan dan penyimpanan data.
- Menyimpan kondisi alarm, sehingga dapat diketahui alasan terjadinya penyimpangan dalam sistem.
- Menampilkan grafik dari sebuah proses yang ada di *plant*, misalkan grafik penampilan proses kenaikan dan penurunan beban utama yang terhubung ke generator, baik secara *real time* maupun *historical*. *Trending* dapat dilihat secara online *real time* atau *historis*.

Pada sistem SCADA, HMI berada pada sisi operator di pusat kendali, di mana HMI terdapat pada komputer dengan fungsi:

³ Jaja Kustija, *Mekatronika* (Bandung: PT. Refika Aditama, 2021), hlm. 185.

- menampilkan simbol-simbol dari visualisasi suatu proses;
- menampilkan menu pengendalian, data, dan grafik dari keadaan di lapangan (*plant*);
- mengkonfigurasi nilai-nilai pengendalian mesin di lapangan;
- memberikan peringatan jika terjadi kesalahan berupa alarm bahaya.



Gambar 2.1 Konfigurasi PLC dan HMI

(Sumber: <https://juare97.files.wordpress.com/2007/11/plc-mmi-03.jpg>)

2.1.2 Desain Antarmuka HMI³

HMI seharusnya mudah untuk dipahami oleh operator yang mana bukan dalam bidangnya sehingga menjadi terbiasa untuk mengoperasikan suatu sistem (Polakow, 2008). Oleh karenanya untuk mendesain sistem seperti itu, Galitz (2007) menyebutkan hal-hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Pengaturan *layout* dan *pages*: layar presentasi diharapkan mendukung informasi yang benar dan kecepatan secara komprehensif, eksekusi secara cepat pada laporan-laporan dan fungsi-fungsi yang dapat menambah kepercayaan pengguna. Pada langkah ini diarahkan ke: Mengatur tata letak grafik untuk menambah kecepatan dan informasi yang akurat dan komprehensif, Pengaturan yang baik dan efisien, Membuat suatu grup, Menyediakan kesejajaran dan keseimbangan. Pada grafik pengguna antarmuka, komponen yang dimasukkan

³ Ibid, hlm. 186.

umumnya seperti judul, tampilan kendali, isi dari suatu tampilan dan komponen penting lainnya.

2. Pemilihan *icon*: memilih desain *icon* yang sesuai dan dapat diterima, mudah dipelajari, dan menambah produktifitas. Faktor-faktor berikut ini merupakan pengaruh pada sebuah kegunaan *icon*. *Icon* yang disediakan seperti: familiar, jelas dan mudah dibaca, sederhana, konsisten, efisien, berbeda. Juga memperhatikan konteks dimana *icon* digunakan, harapan pengguna, dan kompleksitas pekerjaan.
3. Memilih Warna: Ketika memilih warna untuk ditampilkan, satu faktor yang perlu diperhatikan yaitu sistem tampilan manusia. Tujuan utama penggunaan warna adalah komunikasi, yang membantu memindahkan informasi dari layar ke pengguna. Maksud utama dari pewarnaan:
 - *Action*; merah, kuning, oranye, mengandung arti situasi yang aktif atau suatu aksi yang dibutuhkan.
 - Status atau latar belakang; hijau, biru, *violet*, dan *purple*, mengindikasikan latar belakang atau status informasi.
 - Harapan; menyesuaikan keinginan manusia; menggunakan warna yang bermakna bahwa sudah ada dalam sebuah pekerjaan manusia atau perintah yang sudah umum.

2.2 PLC (*Programmable Logic Controller*)¹

2.2.1 Pengertian PLC (*Programmable Logic Controller*)

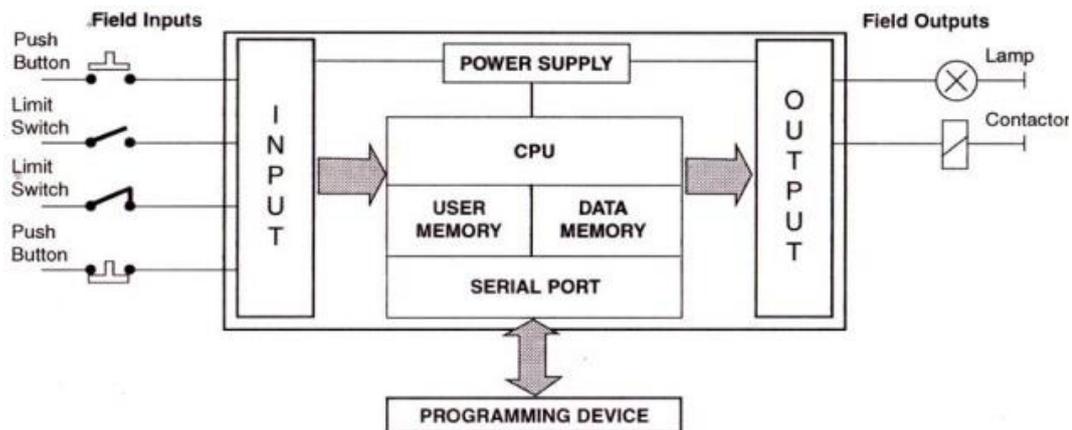
Menurut Capiel (1982) *Programmable Logic Controller* atau PLC adalah sistem elektronik yang beroperasi secara *digital* dan didesain untuk pemakaian di lingkungan industri. Sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan secara internal instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, perwaktuan, dan pencacahan. Selain itu juga menyimpan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin dan proses instruksi melalui modul-modul I/O *digital* maupun *analog*.

¹ Eko Arianto dan Maryono, *Sistem Kendali Elektronik* (Yogyakarta: PT. Skripta Media Creative, 2015), hlm. 7.

Berdasarkan namanya, konsep PLC sebagai berikut.

1. *Programmable*, menunjukkan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan dan mengubah fungsi atau kegunaan program yang telah dibuat dengan mudah.
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 kerja mesin sehingga menghasilkan *output* yang diinginkan.

Blok diagram dan urutan struktur pengoperasiannya.



Gambar 2.2 Blok Diagram PLC

(Sumber: <https://belajarplconline.wordpress.com/2010/04/13/komponen-komponen-pada-plc/>)

Berdasarkan *blok diagram* pada gambar 2.2 PLC dibangun dari mikroproses untuk memonitor keadaan dari peralatan *input* untuk kemudian di analisa sesuai dengan kebutuhan perencanaan (*programmer*) untuk mengontrol keadaan *output*. Sinyal *input* diberikan melalui *input card*.

PLC ini dirancang untuk menggantikan rangkaian *relay sequensial* 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 jika program yang telah dibuat menggunakan *software* yang sesuai dengan jenis PLC sudah dimasukkan.

Fungsi dan kegunaan PLC sangat luas pada praktiknya. Fungsi PLC dapat dibagi secara umum dan khusus.

1. Secara Umum

- *Sekuensial Control* PLC memproses *input* sinyal biner menjadi *output* yang digunakan untuk keperluan pemrosesan teknik secara berurutan (sekuensial). PLC menjaga supaya semua step atau langkah dalam proses sekuensial berlangsung dalam urutan yang tepat.
- *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.

2. Secara khusus. PLC dapat memberikan *input* ke CNC (*Computerized Numerical Control*). Beberapa PLC dapat memberikan *input* ke CNC untuk kepentingan pemrosesan lebih lanjut. Jika dibandingkan dengan PLC CNC mempunyai ketelitian yang lebih tinggi dan lebih mahal harganya. CNC biasanya digunakan untuk proses finishing, membentuk benda kerja *moulding*, dan sebagainya.

Prinsip kerja sebuah PLC adalah menerima sinyal masukan proses yang dikendalikan. Setelah itu 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.¹

¹ Ibid, hlm. 8.

2.2.2 Struktur PLC (*Programmable Logic Controller*)

1. *Central Processing Unit (CPU)*

Bagian ini sering disebut sebagai *processor* atau kontroler ini memiliki tugas memproses program atau "skenario" yang telah diprogramkan ke PLC. Misalnya PLC mendapat masukan dari luar, kemudian dari respons tersebut PLC akan mengondisikan lampu sesuai dengan program. Saat ditekan tombol pada bagian *input* lampu akan menyala, mati, ataupun berkedip-kedip karena diatur oleh CPU. CPU hanya akan memproses program yang telah dimasukkan ke PLC. CPU melaksanakan perintah yang ditulis pada memori program. CPU juga menulis atau membaca memori internal serta memori *input* dan memeritahkan *output*. CPU juga memiliki fasilitas perhitungan, fungsi logika, fungsi komunikasi, fungsi pengaturan otomatis seperti PID, dan fungsi-fungsi lain yang berhubungan dengan pengendalian proses. Bagian CPU ini disusun dari *mikroprocessor* atau mikrokontroler.¹

2. *Memory*³

PLC 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*. PLC ketika berfungsi sebagai control system, dalam bekerjanya didukung oleh perangkat lunak yang merupakan bagian penting dari PLC yang disimpan di *memory*. Program PLC biasanya terdiri dari 2 jenis yaitu *ladder* diagram dan instruksi dasar diagram. Setiap PLC mempunyai perbedaan dalam penulisan program.

Macam-Macam Memory:

- a. RAM (*Random Access Memory*) merupakan memori yang cepat dan bersifat *volatile* (data akan hilang bila arus listrik mati). RAM digunakan sebagai memori utama dalam PLC, dapat dibaca dan ditulisi. Untuk menjaga dari

¹ Ibid, hlm. 18.

³ Jaja Kustija, Op.Cit., hlm. 155-156.



tegangan listrik mati, biasanya RAM dilengkapi dengan baterai yang tahan bertahun-tahun.

- b. EPROM (*Erasable Programmable Read Only Memory*) adalah jenis memori yang cepat dan juga murah harganya, sama dengan memori RAM hanya saja EPROM bersifat *non-volatile*, artinya isi memori ini tetap ada walaupun *supply* tegangan hilang. Untuk keperluan modifikasi program maka memori ini harus dikosongkan isinya melalui penyinaran dengan sinar ultraviolet. Karena begitu kompleksnya proses penghapusan untuk pemrograman ulang bahkan meskipun harganya murah, orang cenderung memilih RAM.
- c. EEPROM Adalah memori yang mirip dengan memori EPROM, hanya saja untuk proses penghapusannya menggunakan arus listrik.

3. Modul *Input* dan *Output*

a. Modul *Input*¹

Modul *input* adalah suatu bagian PLC yang menghubungkan antara *field device* yang dapat memberikan masukan data kepada CPU PLC. Mirip seperti indra pada manusia, di mana tugasnya adalah menerima respons. *Field device* ini dapat berupa sensor, saklar, tombol, dan lain sebagainya, modul *input* ini mempunyai tugas utama, yaitu menyesuaikan sinyal dari *field device* sehingga dapat diterima dan dibaca CPU dengan baik. Sinyal tersebut dapat berupa *analog* maupun *digital*. Sinyal *digital* berupa tombol saklar ataupun sensor yang bersifat diskrit. Sedangkan pada modul *analog* masukan tersebut berupa besaran arus atau tegangan dengan besaran tertentu biasanya DC 4-20mA atau DC 0-10V. Sinyal dengan kondisi tersebut tidak dapat dibaca langsung oleh CPU karena CPU umumnya menggunakan tegangan kerja 5V sebagai masukan yang terdiri atas *optocoupler*. *Optocoupler* adalah komponen penerus sinyal menggunakan

¹ Eko Arianto dan Maryono, Op.Cit., hlm. 13-14.

cahaya. Adapun modul *input digital* ini dibedakan menjadi 2 (Wicaksono, 2008), yaitu *input AC* dan *input tegangan DC*.

b. Modul *Output*

Modul *output* adalah seperti otot pada lengan kita, di mana perintah untuk menggerakkan tangan berasal dari sinyal otak. Modul *output* adalah penerus sinyal CPU untuk mengaktifkan suatu *field device output* yang berada di luar (Arianto et al., 2011). CPU hanya memberi sinyal ke bagian modul *output* dan modul *output* yang akan memberi perlakuan kepada *field device* berupa beban sesuai dengan perintah CPU. Perlakuan tersebut berupa lampu yang dinyalakan, memutar motor, membunyikan buzzer, dan lain sebagainya. Modul *output* ini dapat dibedakan 2 jenis, yaitu modul *output digital* dan modul *output analog*. Modul *output analog* adalah modul *output PLC* dengan keluaran berupa tegangan atau arus dengan nilai yang bervariasi sesuai spesifikasinya. Sedangkan modul *output digital* adalah modul *output PLC* yang mengeluarkan sinyal dengan 2 kondisi saja, misal menyambung dan tidak menyambung.

Pada modul *output* yang tersusun atas komponen transistor, modul ini hanya dapat dihubungkan dengan beban bersifat DC. Sedangkan beban *output* yang tersusun atas komponen *relay*, sifat beban PLC bisa berupa DC atau AC. Masing-masing jenis modul *output* yang ditunjukkan di atas memiliki karakteristik yang berbeda dan memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing. Pemilihan jenis modul *output* hendaknya dilakukan pada aplikasi yang akan diterapkan.¹

4. Modul Komunikasi

Sesuai namanya, modul ini bertugas sebagai penghubung antara CPU dengan dunia luar untuk bertukar data. Data tersebut berupa data program, status *input*, perintah untuk mengaktifkan *output*, dan lain sebagainya. Modul

¹ Ibid, hlm. 16-18.



komunikasi ini biasanya digunakan pengguna untuk memasukkan program ke PLC. Modul komunikasi ini juga bisa digunakan untuk berhubungan dengan PLC lain. Seperti berhubungan dengan komputer, ataupun berhubungan dengan modul *input* dan *output* seperti *inverter*, *display panel*, *smart sensor*, dan lain sebagainya.

Dalam sistem SCADA, peran modul komunikasi ini sangat penting. Modul ini karena bekerja terus-menerus melaporkan status-status yang ada di PLC dan menerima instruksi dari Main Terminal Unit. Modul komunikasi pada PLC ini berkembang sesuai dengan tuntutan industri dan kemajuan teknologi jaringan Komputer. Adapun standar komunikasi yang sering digunakan di PLC antara lain RS-232, Modbus, LAN, dan lain sebagainya.¹

5. Jalur Ekstensi dan Tambahan

Setiap PLC biasanya memiliki jumlah masukan dan keluaran yang terbatas. Jika diinginkan, jumlah ini dapat ditambahkan menggunakan sebuah modul keluaran dan masukkan tambahan (*I/O expansion* atau *I/O extension module*).⁵

6. Power Supply¹

Pada PLC, sebagian besar komponen penyusunnya adalah komponen elektronika. Komponen tersebut membutuhkan suatu daya untuk bekerja. Kebutuhan daya tersebut disuplai oleh bagian yang dinamakan *power supply* atau catu daya PLC ditentukan oleh masing-masing spesifikasi merk PLC yang digunakan besaran catu daya yang umum digunakan untuk PLC, yaitu AC 220 V atau DC 24V PLC bertipe *compact* ada yang dilengkapi dengan adaptor pengubah tegangan AC ke DC. Spesifikasi sumber untuk PLC hendaknya diperhatikan pada manual penggunaan masing-masing PLC dan

¹ Ibid, hlm. 19.

⁵ Afgangto Eko Putra, *PLC: Konsep, Pemrograman dan Aplikasi* (Yogyakarta: Gava Media, 2007), hlm. 11.

¹ Eko Arianto dan Maryono, *Op.Cit.*, hlm. 20.

harus dicukupi kebutuhan dayanya sehingga PLC dapat berjalan dengan normal.



Gambar 2.3 *Power Supply Unit*

(Sumber: <https://globaparts.com/products/omron-s8fs-c10024j-power-supply/>)

2.2.3 Tipe PLC (*Programmable Logic Controller*)¹

PLC berdasarkan ukuran dan kemampuannya dibedakan menjadi beberapa tipe sebagai berikut.

1. Tipe *Compact*

Ciri-ciri PLC sebagai berikut.

- Seluruh komponen (*power supply*, CPU, modul *input-output*, modul komunikasi) menjadi satu.
- Umum berukuran kecil (*Compact*).
- Mempunyai jumlah *input/output* relatif sedikit dan tidak dapat di-expand.
- Tidak dapat ditambah modul-modul khusus.

¹ Ibid, hlm. 8-9.

Berikut ini contoh PLC *Compact* dari *Schneider Electric*:



Gambar 2.4 PLC *Compact* dari *Schneider Electric*

(Sumber: <https://www.allaboutcircuits.com/electroniccomponents/datasheet/TWDLCDE40DRF--Modicon/>)

2. Tipe *Modular*

PLC jenis ini memiliki ciri-ciri sebagai berikut.

- Komponen-komponennya terpisah ke dalam modul-modul.
- Berukuran besar.
- Memungkinkan untuk ekspansi jumlah *input/output* (sehingga jumlah lebih banyak).
- Memungkinkan penambahan modul-modul khusus.

Berikut ini contoh PLC *modular* dari Omron.



Gambar 2.5 PLC *Modular* dari Omron

(Sumber: <https://pinanggih.com/product/omron-plc-sysmac-cj1m/>)



2.2.4 Fungsi dari PLC³

Fungsi dari PLC dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok besar antara lain:

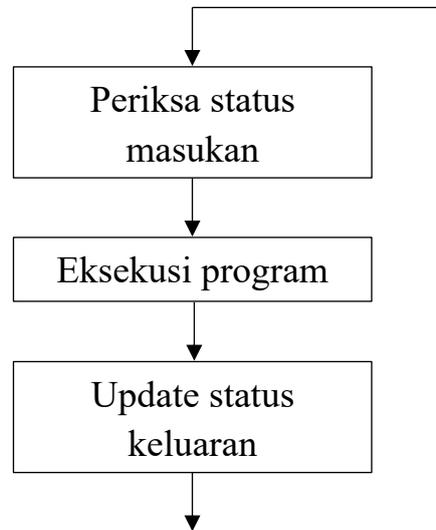
1. Fungsi kontrol urutan mencakup:
 - a. Penggantian *relay* konvensional
 - b. Penghitung waktu (Timer counter)
 - c. Pengganti pengontrol card PCB card
 - d. Mesin kontrol auto atau semi auto atau manual dan proses-proses
2. Fungsi kontrol yang kompleks mencakup:
 - a. Operasi aritmatik (+, -, X, :)
 - b. Penanganan informasi
 - c. Kontrol *analog* (suhu, tekanan, dl.)
 - d. P.I.D (*proporsional, integral, dan diferensial*)
 - e. Kontrol motor-servo
 - f. Kontrol motor stepper
3. Fungsi kontrol pengawasan mencakup:
 - a. Proses monitor dan alarm
 - b. Monitor dan diagnosa kesalahan
 - c. Antarmuka dengan komputer
 - d. Antarmuka printer
 - e. Jaringan kerja otomatisasi pabrik
 - f. *Local area network*
 - g. *Wide area network*

2.2.5 Operasional PLC⁵

Sebuah PLC bekerja secara kontinyu dengan cara men-*scan* program. Ibaratnya kita bisa mengilustrasikan suatu siklus *scan* ini menjadi 3 langkah atau 3 tahap. Umumnya lebih dari 3 tetapi garis besar-nya ada tiga tahap tersebut, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.6.

³ Jaja Kustija, Op.Cit., hlm. 156-157.

⁵ Afgangto Eko Putra, Op.Cit., hlm. 15.



Gambar 2.6 Proses *scanning* program dalam PLC
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Keterangan:

1. Periksa status masukan, pertama PLC akan melihat masing-masing status keluaran apakah kondisinya sedang ON atau OFF. Dengan kata lain, apakah sensor yang terhubung dengan masukan pertama ON? Bagaimana dengan yang terhubung pada masukan kedua? Demikian seterusnya, hasilnya disimpan ke dalam memori yang terkait dan akan digunakan pada langkah berikutnya;
2. Eksekusi Program, berikutnya PLC akan mengerjakan atau mengeksekusi program Anda (diagram tangga) per instruksi. Mungkin program Anda mengatakan bahwa jika masukan pertama statusnya ON maka keluaran pertama akan di-ON-kan. Karena PLC sudah tahu masukan yang mana saja yang ON atau OFF, dari langkah pertama dapat ditentukan apakah memang keluaran pertama harus di-ON-kan atau tidak (berdasar status masukan pertama). Kemudian akan menyimpan hasil eksekusi untuk digunakan kemudian;
3. Perbaharui status keluaran, akhirnya PLC akan memperbaharui atau meng-update status keluaran. Pembaharuan keluaran ini bergantung pada masukan mana yang ON selama langkah 1 dan hasil dari eksekusi program di langkah

2. Jika masukan pertama statusnya ON, maka dari langkah 2, eksekusi program akan menghasilkan keluaran pertama ON, sehingga pada langkah 3 ini keluaran pertama akan diperbaharui menjadi ON.

Setelah langkah 3, PLC akan mengulangi lagi scanning program-nya dari langkah 1, demikian seterusnya. Waktu satu scan didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan 3 langkah tersebut. Masing-masing langkah bisa memiliki waktu tanggap (*response time*) yang berbeda-beda, waktu total tanggap atau total *response time* adalah jumlah semua waktu tanggap masing-masing langkah:⁵

$$\begin{array}{l} \text{waktu tanggap masukan} + \text{waktu eksekusi program} + \text{waktu tanggap keluaran} \\ = \\ \text{waktu tanggap total} \end{array}$$

2.2.6 Kelebihan dan Kekurangan PLC¹

Berikut ini akan dijelaskan kelebihan PLC.

1. *Flexibility*. Pada awalnya setiap mesin produksi yang dikendalikan secara elektronik memerlukan kendali masing-masing. misalnya 12 mesin memerlukan 12 kontroler. Saat ini dengan menggunakan satu model dari PLC dapat mengendalikan salah satu dari 12 mesin tersebut.
2. Perubahan implementasi dan koreksi error. Dengan menggunakan tipe *relay* yang terhubung pada panel perubahan program akan memerlukan waktu lama untuk menghubungkan kembali panel dan peralatan. Sedangkan jika menggunakan PLC untuk melakukan perubahan program tidak memerlukan waktu yang lama. Karena kita tinggal mengubahnya pada sebuah *software* dan jika terjadi kesalahan program dapat langsung dideteksi dengan memonitor secara langsung. Perubahan program dilakukan pada *diagram ladder*, sehingga sangat mudah.

⁵ Ibid, hlm. 16-17.

¹ Eko Arianto dan Maryono, Op.Cit., hlm. 10-13.



3. Harga terjangkau atau murah. PLC lebih sederhana dalam bentuk, ukuran, dan peralatan lain yang mendukung dengan harga yang terjangkau atau murah. Saat ini kita dapat membeli PLC di mana *timer*, *counter*, dan *input analog* berada dalam satu kemasan CPU. PLC mudah didapat dan banyak beredar di pasaran dengan berbagai macam merk dan tipe.
4. 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 rangkaian sistem diperlukan 4 kontak lagi yang berarti diperlukan penambahan satu buah *relay* lagi. Ini berarti membutuhkan waktu untuk melakukan instalasi. Dengan menggunakan PLC, hanya diperlukan pengetikan program untuk membuat 4 buah kontak. Ratusan kontak dapat digunakan dari satu buah *relay*. Jika memori pada komputer masih memungkinkan.
5. Memonitor hasil. Rangkaian program PLC dapat dicoba dahulu, dites, diteliti, dan dimodifikasi di kantor atau laboratorium, 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.
6. 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.
7. Kecepatan operasi. Kecepatan operasi dari PLC melebihi kecepatan operasi dari pada *relay* pada saat bekerja, yaitu dalam beberapa mikro detik. Sehingga dapat menentukan kecepatan *output* dari alat yang digunakan.
8. Metode *boolean* atau *ladder*. Program PLC dapat dibuat dengan diagram *ladder* oleh para teknisi atau menggunakan sistem *boolean* atau *digital* bagi



pemrogram PLC. Diagram *ladder* lebih mudah dan dapat disimulasikan pada *software* pendukungnya.

9. *Reliability*. Peralatan solid state (menggunakan *output* semikonduktor) 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.
10. 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 memesan satu *relay* akan berakibat tertundanya pengerjaan suatu panel.
11. Dokumentasi. Mencetak rangkaian PLC dapat dilakukan segera secara sebagian atau keseluruhan rangkaian tanpa perlu melihat pada *blueprint* yang belum tentu *up to date*. Selain itu tidak perlu memeriksa jalur kabel dengan rangkaian.
12. Keamanan. Program PLC tidak dapat diubah oleh sembarang orang dan dapat dibuatkan *password*. Sedangkan panel *relay* biasa memungkinkan terjadinya perubahan yang sulit untuk dideteksi.
13. Memudahkan perubahan dengan pemrograman ulang. PLC dapat dengan cepat diprogram ulang. Hal ini memungkinkan untuk mencampur proses produksi, sementara produksi lainnya sedang berjalan.

Di samping mempunyai kelebihan, PLC juga mempunyai beberapa kekurangan antara lain:

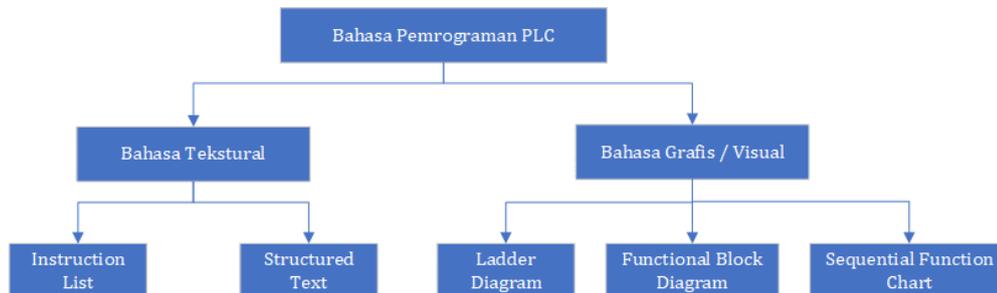
1. Teknologi baru. Sulit untuk mengubah pola pikir beberapa personil yang telah lama menggunakan konsep *relay* untuk berubah ke konsep PLC komputer.
2. Aplikasi program yang tetap. Beberapa aplikasi dari proses produksi merupakan aplikasi yang tidak akan berubah selamanya sehingga keunggulan dari PLC untuk mengubah program menjadi tidak berguna.

3. Kondisi lingkungan. Lingkungan proses tertentu seperti panas yang tinggi dan getaran, *interferensi* dengan peralatan listrik lain membuat keterbatasan pemakaian PLC.
4. 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 diprogram, namun tergantung dari program yang dibuat.

2.2.7 Bahasa Pemrograman PLC²

Bahasa pemrograman PLC mengacu pada set semantik atau metode yang memungkinkan pengguna untuk mengkomunikasikan informasi ke PLC. Standar IEC 61131-3 mendefinisikan lima bahasa standar yang digunakan dalam pemrograman PLC.

Standar ini membagi 5 bahasa pemrograman PLC ini menjadi dua kategori, berdasarkan sifat bahasa: Tekstural dan Grafis / Visual.



Gambar 2.7 Bahasa Pemrograman PLC

(Sumber: <https://plc.mipa.ugm.ac.id/pemrograman-dasar-plc/>)

1. Bahasa Pemrograman *Tekstural*

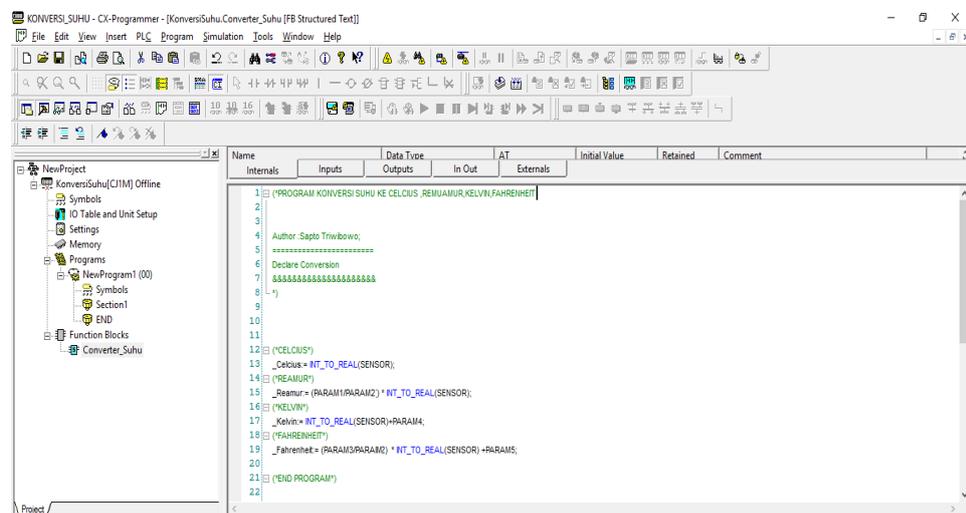
Bahasa pemrograman *tekstural* adalah bahasa yang berbentuk teks dan terdiri dari perintah yang harus diketahui oleh semua pengguna untuk membuat program.

² B.alldino.as, *Pemrograman Dasar PLC*, diakses dari <https://plc.mipa.ugm.ac.id/pemrograman-dasar-plc/>, pada tanggal 25 Juli 2023.

a. Structured Text

Teks terstruktur adalah bahasa tingkat tinggi yang dikembangkan untuk kontrol industri dan biasanya dalam bahasa C atau PASCAL. Jika Anda memiliki latar belakang dalam pemrograman C, Anda akan melihat kemiripannya.

Bahasa teks terstruktur ditulis sebagai serangkaian pernyataan yang diakhiri dengan tanda titik koma (seperti dalam C). Pernyataan-pernyataan ini didefinisikan oleh perpustakaan bahasa dan membuatnya lebih mudah untuk mengatur hubungan *input-output* dalam program.

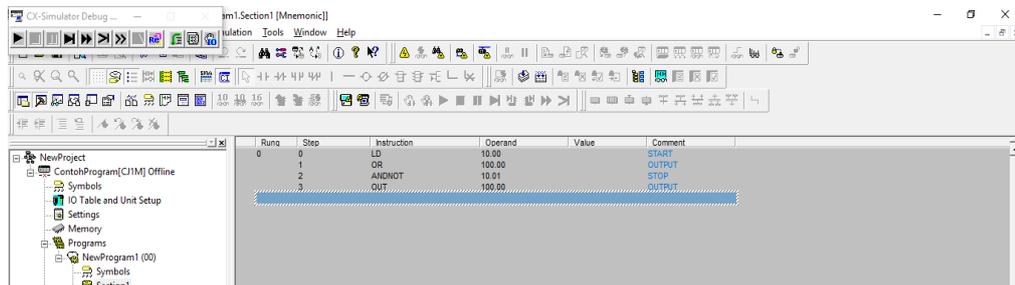


Gambar 2.8 Structured Text

(Sumber: <https://www.blog0listrik.my.id/2020/04/macam-macam-bahasa-pemrograman-pada-plc.html/>)

b. Intruction List

Intruction List lebih rumit, karena menggunakan bahasa level yang lebih rendah. Dalam pemrograman, bahasa tingkat yang lebih rendah berarti lebih dekat ke bahasa mesin (angka 1 dan 0) dan perintahnya sangat mirip dengan program mikroprosesor. Bahasa tingkat yang lebih tinggi “lebih dekat” ke pengguna karena lebih mudah dimengerti karena nama fungsi atau grafik, misalnya.

Gambar 2.9 *Instruction List*

(Sumber: <https://www.blog0listrik.my.id/2020/04/macam-macam-bahasa-pemrograman-pada-plc.html/>)

2. Bahasa Pemrograman Grafis atau Visual

a. *Ladder Diagram*

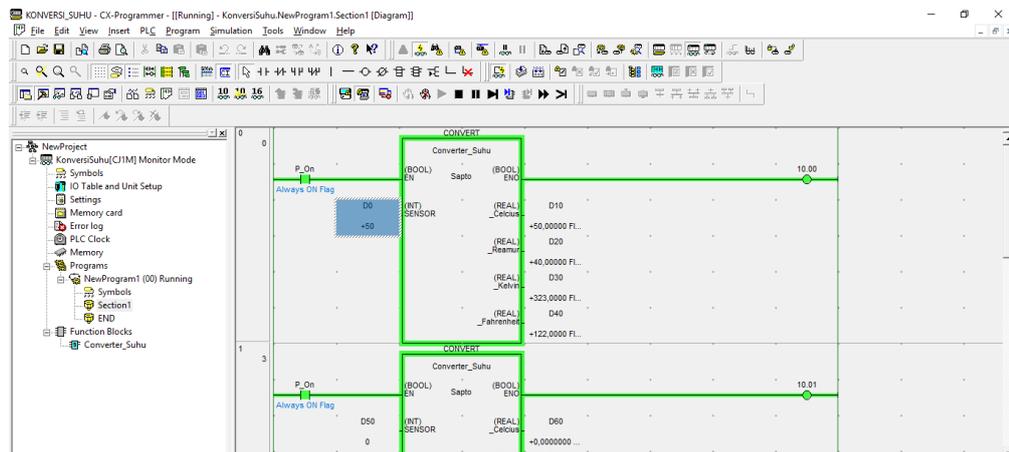
Bahasa pemrograman PLC yang paling umum digunakan adalah *Ladder Logic Diagram*. Alasan popularitasnya adalah *Relay Logic Diagram* sangat mirip dengan *Ladder Logic Diagram*. Ketika PLC ditemukan, perancang menemukan cara untuk menggunakan pengetahuan yang ada dari perancang Sistem Kontrol *Relay* untuk memprogram PLC. Alasan lain adalah bahwa pemrogram PLC biasanya lebih suka mendefinisikan tindakan dalam hal kontak, yang lagi-lagi adalah sistem kontrol yang paling umum digunakan sebelum PLC.

Gambar 2.10 *Ladder Diagram*

(Sumber: <https://www.blog0listrik.my.id/2020/04/macam-macam-bahasa-pemrograman-pada-plc.html/>)

b. *Functional Blok Diagram*

Diagram blok fungsi adalah cara sederhana pemrograman PLC di mana ada “Blok fungsi” (karenanya namanya) tersedia dalam perangkat lunak pemrograman.

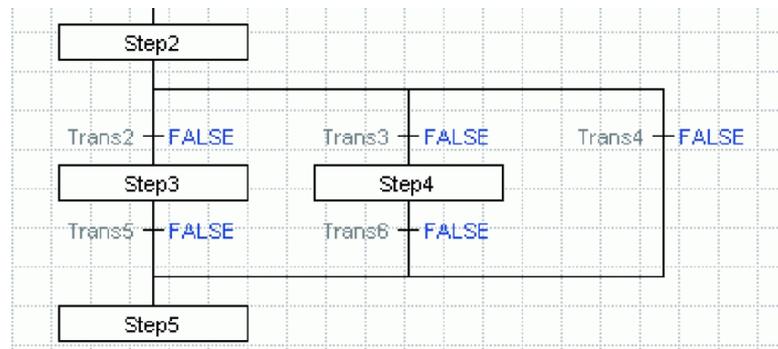


Gambar 2.11 *Functional Blok Diagram*

(Sumber: <https://www.blog0listrik.my.id/2020/04/macam-macam-bahasa-pemrograman-pada-plc.html/>)

c. *Sequential Function Chart*

Sequential Function Chart, di sisi lain, berupa grafik yang mewakili masing-masing fungsi dalam sistem kontrol PLC secara berurutan. Bagan *Sequential Function* adalah representasi visual dari operasi sistem untuk menampilkan urutan tindakan yang terlibat dalam operasi.



Gambar 2.12 *Sequential Function Chart*

(Sumber: <https://plc.mipa.ugm.ac.id/pemrograman-dasar-plc/>)

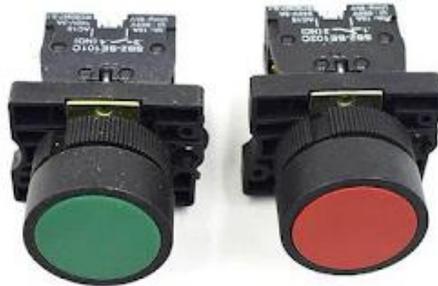
2.3 Piranti *Input* dan *Output* pada PLC

2.3.1 *Input*

Input adalah komponen atau alat yang berguna untuk memberi masukan atau *input* pada PLC. Berikut ini akan diberikan penjelasan dari alat-alat yang biasa dipadukan dengan PLC sebagai peralatan masukan yang ada di pabrik atau disebut sebagai *field device*.

A. Saklar Tombol (*Push Button*)

Saklar tombol adalah sebuah peranti yang digunakan untuk menyambungkan antara dua terminal yang semula terputus (jenis NO, *Normally Open*) atau memutuskan yang semula tersambung (jenis NC, *Normally Closed*) dengan cara menekan peranti tersebut. Apabila disambung dengan sumber tegangan peranti tombol ini mengubah aksi menekan yang dilakukan oleh pengguna menjadi sinyal listrik yang ditangkap oleh PLC. Pada tombol *Push Button* NC, jika ditekan akan menghasilkan logika ON sedangkan jika tidak ditekan akan menghasilkan logika OFF¹



Gambar 2.13 Saklar Tombol

(Sumber: <https://www.carailmu.com/2021/06/komponen-panel-listrik.html>)

B. *Selector Switch*

Selector switch adalah sebuah saklar yang digunakan untuk memilih keadaan pengendalian. Biasanya digunakan untuk memilih pilihan auto atau manual. *Selector switch* tersebut digerakkan oleh tuas putar. Untuk memilih keadaan, dilakukan dengan cara memutar *selector switch*. Dari berbagai tipe

¹ Eko Arianto dan Maryono, Op.Cit., hlm. 21.

jenis *selector switch* yang ada, untuk jenis auto dan manual terdapat 2 tipe, yaitu tipe 3 posisi (Manual-OFF-Auto) dan 2 posisi (Manual-Auto).¹



Gambar 2.14 *Selector Switch*

(Sumber: <https://www.gudanglistrik.com/produk/571/selector-switch-2-pole>)

C. Pelampung Otomatis atau *Float Switch*

Pelampung otomatis atau *float switch* merupakan sebuah unit saklar otomatis yang memiliki fungsi untuk mengontrol level permukaan air di dalam sebuah wadah penampungan seperti toren dan lain-lain. Lalu posisi level air dalam toren digunakan untuk mengaktifkan kontak saklar. Posisi *level switch* ada yang horizontal dan ada yang vertikal.



Gambar 2.15 *float switch*

(Sumber: <https://inviro.id/fungsi-kegunaan-radar-pelampung/>)

¹ Ibid, hlm 23.

D. Saklar

Saklar merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk memutuskan dan menghubungkan arus listrik. Berdasarkan kegunaannya saklar sangat banyak macam dan jenisnya, misalnya saklar penerangan, saklar tegangan tinggi, saklar instalasi tenaga, saklar elektronika dan sebagainya. Namun sebagai material pengetahuan untuk pekerjaan dalam bidang instalasi, yang dijelaskan disini adalah saklar yang umum dipakai pada Instalasi Listrik Bangunan Sederhana (Rumah Tinggal, Sekolah, Rumah Ibadah).



Gambar 2.16 Saklar Tunggal

(Sumber: www.s-gala.comblog-postsaklar-otomatis)

2.3.2 Output

Berikut ini penjelasan berbagai macam peralatan yang biasa dipadukan dengan PLC sebagai peralatan *output*.

A. Kontaktor (*Magnetic Contactor*)¹



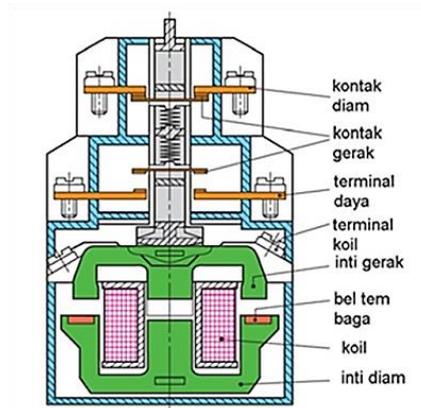
Gambar 2.17 Kontaktor (*Magnetic Contactor*)

(Sumber: www.se.com/id/id/download/document/LC1D09S7_DATASHEET/)

¹ Ibid, hlm. 31.

Magnetic Contactor (MC) adalah sebuah komponen yang berfungsi sebagai penghubung/kontak dengan kapasitas beban yang besar dan dilengkapi dengan kendali menggunakan daya minimal. MC Juga merupakan sebuah *relay* dengan kapasitas yang besar. Umumnya MC terdiri dari 3 pole kontak utama dan kontak bantu (*aux. contact*). Untuk menghubungkan kontak utama hanya dengan cara memberikan tegangan pada koil MC sesuai spesifikasinya.

Komponen utama sebuah MC adalah koil dan kontak utama. Koil dipergunakan untuk menghasilkan medan magnet yang akan menarik kontak utama sehingga terhubung pada masing-masing pole. Aplikasi *Magnetic Contactor* atau kontaktor AC biasa digunakan pada perangkat pengendalian *otomatis* dan digunakan untuk mengendalikan beban dengan arus besar. Kontaktor dengan struktur lebih simple/kompak, ukuran kecil dan ringan dapat digunakan pada rangkaian pengendalian. Contohnya, untuk mengendalikan motor atau perangkat listrik lainnya. MC juga mempunyai kontak bantu. jika kontak bantu yang telah tersedia kurang, dapat dilakukan penambahan di samping atau depan. Adapun konstruksi kontaktor seperti berikut.

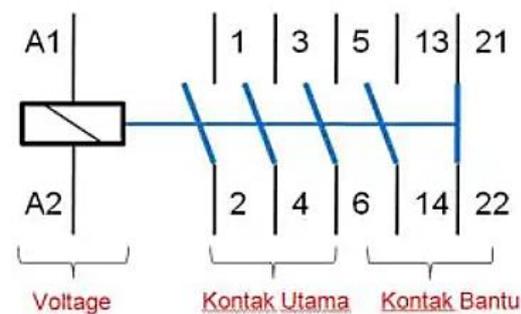


Gambar 2.18 Konstruksi Kontaktor

(Sumber: <https://kopilis.blogspot.com/2017/03/kontaktor-magnet.html>)

Sebuah kontaktor terdiri dari koil atau lilitan, beberapa kontak yang bersifat *Normally Open* (NO) dan beberapa *Normally Close* (NC). Pada saat satu kontaktor normal, NO akan membuka dan saat keadaan koil diberi tegangan dengan arus yang sudah terpenuhi maka kontaktor akan bekerja. Dengan dialiri

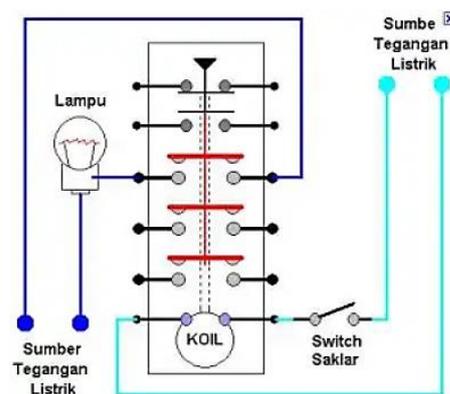
lilitan, maka lilitan akan menjadi magnet sehingga NO akan menutup. Sedangkan kontak NC sebaliknya, yaitu pada saat keadaan tidak bekerja NC akan menutup dan saat keadaan bekerja kontak NC akan membuka. Koil adalah lilitan yang melilit pada logam. Jika diberi tegangan akan menjadi magnet dan menarik kontak-kontak sehingga terjadi perubahan posisi yang tadinya tertutup menjadi terbuka atau yang tadinya terbuka menjadi tertutup. Adapun ilustrasi kontak dalam kondisi belum termagnetisasi seperti berikut.¹



Gambar 2.19 Simbol Kontaktor Magnet

(Sumber: <https://listrikpemakaian.wordpress.com/2011/07/11/kontaktor-magnetik-magnetic-contactor-mc/>)

Apabila dihubungkan dengan rangkaian beban berupa lampu, maka dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.20 Cara Kerja MC

(Sumber: <https://listrikpemakaian.wordpress.com/2011/07/11/kontaktor-magnetik-magnetic-contactor-mc/>)

¹ Ibid, hlm. 32.

Pada aplikasi pengendalian, penanganan arus yang besar atau dengan tegangan yang tinggi akan sulit untuk dapat secara langsung dikendalikan oleh PLC. *Output* PLC karena bekerja pada tegangan tertentu atau dengan arus yang kecil. Selain itu, pada beberapa aplikasi pengendalian beban dengan arus yang besar akan sulit pengoperasiannya jika dikendalikan secara manual.¹

B. Lampu Indikator

Lampu indikator adalah sebuah instrumen berupa beban yang berfungsi sebagai tanda bagi pengguna bahwa telah terjadi suatu aktifitas pengendalian. Lampu ini layaknya lampu yang akan menyala jika diberi tegangan dan arus yang sesuai, dilengkapi dengan bermacam-macam warna yang disesuaikan dengan kebutuhan. Pada sistem kendali PLC, lampu indikator berfungsi sebagai penanda terhadap aktifitas pengendalian yang dilakukan oleh PLC. Contoh penggunaan lampu indikator, yaitu pada aplikasi kegagalan phasa pada generator 3 phasa.



Gambar 2.21 Lampu Indikator

(Sumber: www.sinarmandirisejahtera.co.id/products/ELECTRICAL/pilot-lamp-indicator-lamp)

2.4 Komponen Proteksi⁴

a. *Miniatur Circuit Breaker* (MCB)

Miniature Circuit Breaker (MCB) adalah salah satu komponen penting dalam instalasi listrik. MCB sendiri berfungsi sebagai sistem proteksi di dalam

¹ Ibid, hlm. 34.

⁴ Heru Nuryanto dan Slamet Akuwan, *Instalasi Motor Listrik* (Jakarta: 2019), hlm. 71.

instalasi listrik jika terjadi beban lebih serta hubung singkat arus listrik atau korsleting.

MCB dapat dijumpai pada panel MDP (*Main Distribution Panel*), Panel MCC (*Motor Control Centre*) dan pada Panel LCC (*Ligthing Control Center*) MCB pada panel listrik umumnya digunakan hanya untuk pengaman rangkaian control, lampu-lampu, dan instrumen alat ukur.



Gambar 2.22 *Miniature Circuit Breaker*

(Sumber: <https://www.se.com/id/id/product-range/65817-easy9-devices>)

b. *Thermal Overload Relay (TOR/TOL)*

Alat pengaman yang digunakan bila pada motor terjadi beban lebih disebut *Thermal Overload 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



Gambar 2.23 *Thermal Overload Relay*

(Sumber: <https://www.se.com/id/id/product-range/1885-tesys-deca-overload-relays/?No=48&Nrpp=12>)



Prinsip kerja *Thermal Overload Relay* (TOR/TOL) 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.

2.5 Macam-Macam Pengendali Motor Listrik⁴

Sistem pengendali motor listrik berupa cara pengaturan motor listrik yang dimulai dari proses mulai atau start, selama motor berputar dan berhenti motor baik dengan pengereman maupun tidak.

Tahapan pengoperasian motor listrik terdapat 3 tahapan yaitu:

1. *Starting* (Mulai Jalan)

Pengoperasian motor secara langsung (DOL) bisa dilakukan pada motor dengan daya <4 kW, sedangkan motor dengan daya besar menggunakan pengendali awal motor, hal ini dilakukan untuk mengurangi arus starting yang besar.

2. *Running* (Berputar)

Beberapa saat setelah motor mulai jalan, arus yang mengalir secara bertahap segera menurun ke posisi arus normal. Selanjutnya motor dapat dikendalikan sesuai keperluan, misalnya dengan pengaturan kecepatan, pembalik arah putaran dan sebagainya.

3. *Stopping* (Berhenti)

Tahapan ini merupakan tahapan akhir dari pengoperasian motor dengan cara memutuskan aliran arus listrik dari sumber tegangan listrik, yang prosesnya bisa dikendalikan sedemikian rupa (misalnya dengan pengereman/ break), sehingga motor berhenti sesuai keperluan.

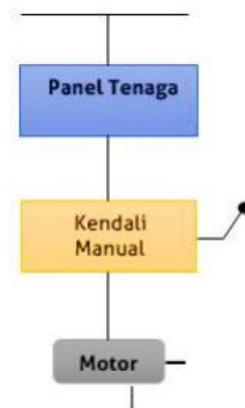
Sistem pengendalian motor listrik banyak macamnya serta menggunakan beberapa komponen pengendali, sebagai berikut.

⁴ Ibid, hlm. 26.

A. Pengendalian berdasarkan penggunaan alat pengendali⁴

1. Kendali manual

Sistem pengendalian secara manual adalah sistem pengawatan, pengamanan, dan pengoperasian motor listrik dengan menggunakan peralatan mekanik yang dilakukan oleh manusia. Dengan demikian jika terjadi gangguan pada sistem, motor listrik tidak dapat berhenti sendiri. Bila terjadi beban lebih tidak ada proteksi yang akurat untuk memutuskan rangkaian, karena MCB atau pengaman lebur kurang sensitif untuk mendeteksi adanya beban lebih.



Gambar 2.24 Kendali Manual

(Sumber: Direktorat Pembinaan SMK Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia 2019)

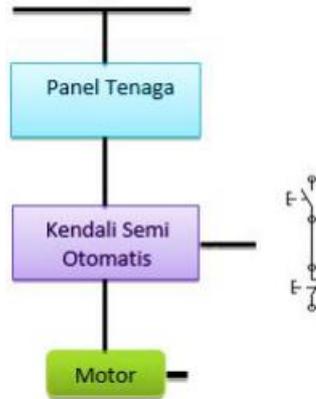
Pada prinsipnya, pengawatan motor listrik yang bekerja secara manual hanya terdapat satu rangkaian utama saja. Untuk pengoperasian motor listrik secara manual digunakan alat penghubung berupa saklar mekanik, seperti saklar SPDT, DPST, TPST dan lain-lain ditambah pengaman lebur atau MCB sebagai proteksi kalau pada sistem instalasi terjadi gangguan hubung singkat.

2. Kendali Semi Otomatis

Pada kendali semi otomatis pada umumnya menggunakan kontaktor. Kontaktor digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik yang dilengkapi pengaman arus lebih (*Thermal Overload relay*). Pada kendali semi

⁴ Ibid, hlm. 27-29.

otomatis kerja operator sedikit ringan karena cukup dengan menekan tombol *start* dan *stop*.

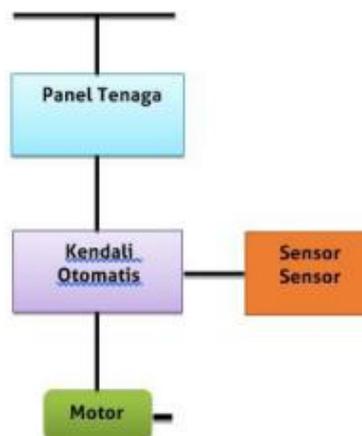


Gambar 2.25 Kendali Semi Otomatis

(Sumber: Direktorat Pembinaan SMK Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia 2019)

3. Kendali Otomatis

Dengan kendali otomatis, kerja operator semakin ringan, yaitu cukup memonitor kerja dari sistem, sehingga dapat menghemat energi fisiknya. Deskripsi kerja dari sistem kendali otomatis dibuat dengan suatu program dalam bentuk rangkaian kontaktor yang dikendalikan oleh sensor-sensor sehingga motor dapat bekerja maupun berhenti secara otomatis.



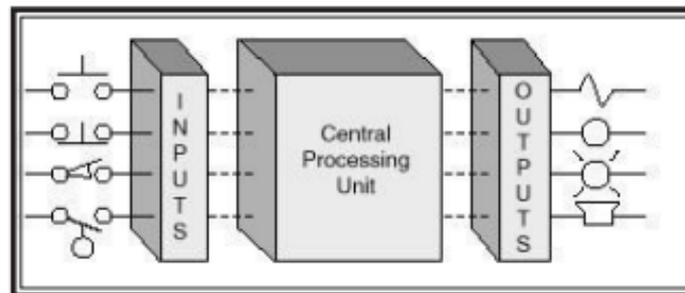
Gambar 2.26 Kendali Otomatis

(Sumber: Direktorat Pembinaan SMK Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia 2019)

Pengendali otomatis menggunakan alat kendali semi otomatis dikombinasikan dengan kendali otomatis, seperti *Time Delay Relay (TDR)*, *float switch*, *limit switch*, dengan dilengkapi pengaman.

4. Kendali Terprogram

Merupakan jenis kendali menggunakan pemrograman untuk mengontrol suatu proses. Saat ini pengembangan pengendali terprogram yang ada dan digunakan secara luas adalah pemrograman berbasis logika atau *Programmable Logic Controller (PLC)*.



Gambar 2.27 Kendali Terprogram

(Sumber: Direktorat Pembinaan SMK Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia 2019)