

**MODUL LATIHAN AUTOMASI MENGGUNAKAN  
PENGAWAL LOGIK BOLEHATURCARA**

**Oleh**

**Son Kian Chee**

**Disertasi ini dikemukakan kepada  
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat keperluan  
Untuk ijazah dengan kepujian**

**SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN MEKATRONIK)**

**Pusat Pengajian Kejuruteraan  
Elektrik dan Elektronik  
Universiti Sains Malaysia**

**May 2006**

## ABSTRAK

Sejak awal tahun 1990-an, kilang utama di Malaysia telah mula menggantikan tenaga manusia dengan mesin automasi terutamanya dalam bidang elektronik. Mesin automasi tersebut boleh beroperasi secara automatik, atau diselia oleh operator. Namun, pengetahuan operator terhadap mesin automasi adalah sangat terhad disebabkan oleh rekabentuk sistem yang rumit. Oleh itu, projek ini bertujuan untuk merekabentuk suatu modul latihan automasi menggunakan pengawal logik bolehaturcara (PLC) untuk tujuan ujian dan simulasi. Ini merupakan projek yang terdiri daripada gabungan perisian dan perkakasan. Perkakasan yang diimplementasikan ialah litar kuasa dengan semua komponen elektrik yang perlu seperti pemutus litar untuk memastikan keselamatan pengguna. Kefahaman tentang penggunaan kuasa merupakan kunci kejayaan bagi pemilihan pemutus litar yang sesuai untuk aplikasi tertentu. Perisian yang diguna dalam sistem kawalan ialah MATLAB 7.0 dan CX-Programmer. MATLAB digunakan kerana ia boleh berkomunikasi melalui port sesiri menggunakan antaramuka grafik pengguna. Port sesiri pada PC digunakan sebagai port kawalan disebabkan ia mempunyai sambungan terus untuk komunikasi antara PC dengan PLC. Keluaran utama bagi sistem tersebut ialah motor AC pada *conveyor*. Sistem kawalan beroperasi untuk mengawal masa mula dan putaran motor *conveyor*. Pengguna boleh menetapkan masa dan jangka masa untuk motor berputar. Ini bermakna bilangan operator dan kos operasi sesuatu kilang dapat dikurangkan. Diharapkan pada masa akan datang, projek ini dapat dipertingkatkan keupayaannya untuk menyokong fungsi tambahan bagi lebih simulasi yang rumit. Akhirnya, projek ini bertujuan untuk membantu pelajar terutamanya pelajar mekatronik untuk memahami dan menguji kefahaman tentang automasi.

## **ABSTRACT**

Since the early 1990s, several major factories in Malaysia have started to replace human power with automation machine especially in electronics field. Ideally, such automation machine can be operated automatically, or monitored by an operator. Somehow the knowledge of the operator towards automation machine is very limited due to the complicated system design. Therefore, this project is to design an automation training module using programmable logic controller (PLC) for the use of testing and simulation. This is a combination of software and hardware based project. The hardware implemented is a power circuit with all necessary electrical components such as circuit breaker to ensure the safety of the trainee. Understanding the power consumption is the success key of choosing the suitable circuit breaker for specific applications. The software incorporated in the control system are MATLAB 7.0 and CX-Programmer. MATLAB is being used because it can communicate through serial port using graphical user interface. Serial port in the PC is utilized as the control port since it has a direct connectivity for communications between PC and PLC. The main output of the system is an AC motor of a conveyor. The control system is basically controlling the start and stop time of the conveyor motor. The user can set the time and duration for the motor to turn on. This shows that the number of human operators hence the cost of operation for a factory can be reduced. It is hoped that in the future, this project will be upgraded and further developed to support extra functions for more complicated simulation. Finally, this project is to help the student especially mechatronics students to understand and to apply their understanding of automation.

## **PENGHARGAAN**

Thesis ini tidak akan dapat disempurnakan sekiranya tanpa bantuan langsung daripada beberapa pihak yang terlibat, dan di sini saya ucapkan ribuan terima kasih kepada mereka yang telah banyak menyumbang kepada kejayaan projek sepanjang tempoh projek ini dijalankan. Pertama sekali saya ingin berterima kasih kepada penyelia projek saya, iaitu Dr. Anwar Hasni Abu Hassan atas segala tunjuk ajar, nasihat, dorongan serta kepercayaan yang telah diberikan sepanjang proses projek ini.

Penghargaan juga diberi kepada Tan Khaik Koon, bekas rakan sekerja yang telah banyak memberi idea dan bantuan dari segi teknikal. Tidak lupa juga kepada juruteknik-juruteknik Pusat Pengajian Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik terutamanya En. Amir dan En. Azhar yang sentiasa memberi bantuan berhubung keperluan projek ini.

Akhir sekali, penghargaan turut diberi kepada pihak-pihak lain yang terlibat, termasuk keluarga dan rakan pelajar yang memberi sokongan dari segi moral untuk menjayakan projek ini.

Terima kasih!

## KANDUNGAN

	<b>Muka Surat</b>
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PENGHARGAAN	iv
JADUAL ISI KANDUNGAN	v
SENARAI GAMBARAJAH	viii
<b>BAB 1 PENGENALAN</b>	
1.1	Objektif ..... 1
1.2	Pendahuluan ..... 2
1.3	Skop Projek ..... 3
1.4	Panduan Laporan ..... 4
<b>BAB 2 KAJIAN ILMIAH</b>	
2.1	Pengenalan Kepada Komponen Elektrik
2.1.1	<i>Earth Leakage Circuit Breaker</i> (ELCB) ..... 5
2.1.2	<i>Miniature Circuit Breaker</i> (MCB) ..... 7
2.1.3	<i>Magnetic Contactor</i> ..... 9
2.1.4	Penuras Bising ..... 10
2.1.5	Pemegang Fius ..... 11
2.1.6	Geganti ..... 12
2.2	Pengenalan Kepada Sistem Pengawal
2.2.1	Pengawal Logik Bolehaturcara (PLC) ..... 13
2.2.2	Tetangga Logik ..... 15
2.2.3	Pengaturcaraan ..... 18
2.2.4	Bahagian Masukan/Keluaran ..... 19
2.2.5	Unit Pemprosesan Pusat (CPU) ..... 21
2.2.6	Ingatan ..... 22
2.2.7	Organisasi Ingatan ..... 23
2.2.8	Unit Pengaturcaraan ..... 24
2.2.9	Kelebihan PLC Berbanding Sistem Tradisional ..... 24

2.3	Pengetahuan Pemasangan Wayar	
2.3.1	Keselamatan Pemasangan .....	25
2.3.2	Sistem Pendawaian .....	26
2.4	Pengenalan Kepada Port Sesiri .....	27

### **BAB 3 PEMBANGUNAN PERISIAN**

3.1	Pengenalan Kepada MATLAB .....	28
3.1.1	Carta Alir Aturcara MATLAB .....	29
3.1.2	Penggunaan Port Sesiri dalam MATLAB .....	30
3.2	Pengenalan Kepada CX-Programmer .....	31
3.2.1	Gambarajah Tetangga PLC .....	33
3.2.2	Langkah-langkah Mengaturcara PLC .....	34
3.2.3	Kaedah Mengekod PLC .....	35

### **BAB 4 PEMBANGUNAN LITAR KUASA**

4.1	Pengenalan .....	37
4.2	Komponen Utama Pemasangan Litar Kuasa .....	39
4.3	Kaedah Pemasangan .....	41

### **BAB 5 ANALISIS DAN KEPUTUSAN**

5.1	Analisis Penggunaan Kuasa .....	46
5.2	Keputusan Aturcara Kawalan .....	47
5.3	Ujian Pada Litar Kuasa .....	47
5.4	Ujian Simulasi Dan Ujian Pada Keadaan Sebenar PLC .....	49
5.5	Aturcara MATLAB .....	51
5.6	Aturcara CX-Programmer .....	53

### **BAB 6 PENUTUP**

6.1	Perbincangan .....	54
6.2	Kesimpulan .....	56
6.3	Cadangan .....	57

## **RUJUKAN**

**LAMPIRAN A: ATURCARA MATLAB**

**LAMPIRAN B: HELAIAN DATA MCB**

**LAMPIRAN C: HELAIAN DATA *MAGNETIC CONTACTOR***

**LAMPIRAN D: HELAIAN DATA PEMEGANG FIUS**

## SENARAI GAMBARAJAH

	Muka Surat
Rajah 2.1: Gambar Rupabentuk ELCB .....	5
Rajah 2.2 : <i>Miniature Circuit Breaker</i> (MCB) .....	7
Rajah 2.3 : Rupabentuk <i>magnetic contactor</i> .....	9
Rajah 2.4 : Rupabentuk penuras bising .....	10
Rajah 2.5 : Rupabentuk pemegang fius .....	11
Rajah 2.6 : Rupabentuk geganti .....	12
Rajah 2.7 : Peranti-peranti asas dalam PLC .....	14
Rajah 2.8 : Skematik Ringkas Geganti .....	16
Rajah 2.9 : Pengawal Geganti Ringkas .....	17
Rajah 2.10 : Gambarajah Tetangga Logik Ringkas .....	18
Rajah 2.11 : Blok bahagian masukan .....	19
Rajah 2.12 : Blok bahagian keluaran .....	21
Rajah 3.1 : Antaramuka perisian CX-Programmer dengan gambarajah tetangga .....	31
Rajah 4.1 : Rekabentuk Litar Kuasa .....	40
Rajah 4.2 : Contoh sambungan selang-seli blok terminal .....	42
Rajah 4.3 : Gambar rupabentuk <i>cable lug</i> .....	43
Rajah 4.4 : Fabrikasi panel litar kuasa .....	44
Rajah 4.5 : Conveyor yang dikawal .....	45
Rajah 4.6 : PLC set yang digunakan .....	45
Rajah 5.1 : Litar antaramuka geganti .....	50
Rajah 5.2 : Menu utama .....	51
Rajah 5.3 : Panel kawalan mod operasi manual .....	51
Rajah 5.4 : Gambarajah tetangga sistem kawalan .....	53



# BAB 1

## Pengenalan

### 1.1 **Objektif**

Tujuan utama projek ini adalah untuk menghasilkan suatu modul latihan automasi dengan menggunakan PLC sebagai pengawal utama. Projek ini menggunakan pengangkut (*conveyer*) sebagai keluaran untuk simulasi program daripada PLC. PLC akan menggerakkan pengangkut mengikut kehendak pengguna yang diprogramkan dalam aturcara PLC.

Kawalan tambahan melalui perisian MATLAB menggunakan GUI (*Graphical User Interface*) dihasilkan untuk kemudahan pengguna supaya dapat memilih untuk mengawal secara manual atau automatik. Komunikasi antara PC dan PLC adalah melalui port sesiri.

Kajian penyelidikan tentang komponen-komponen elektrik dibuat supaya dapat memahami rekabentuk sistem utama kuasa elektrik. Tumpuan diberi kepada penyelidikan tentang pemutus arus dalam litar kuasa bagi aspek keselamatan.

## **1.2    Pendahuluan**

Dalam menuju era teknologi yang serba canggih ini, teknologi kejuruteraan kawalan adalah salah satu cabang teknologi yang boleh digunakan sebagai kayu ukur kepada teknologi yang terdapat di sesebuah negara. Ia bermula dengan suatu sistem pembangunan yang paling asas dan kemudian diperkembangkan menjadi suatu teknologi yang agak kompleks sehingga tiada batasannya pada suatu hari nanti. Maka, dengan itu, teras utama kepada penghasilan teknologi terkini adalah sistem kawalan yang direka khas untuk mengawal alatan baru yang boleh memberi manfaat kepada manusia di alam semesta ini.

Industri automasi merupakan industri yang berkembang pesat pada hari ini. Hampir kesemua kilang pada hari ini menggunakan mesin automasi. Ini kerana ia dapat mempercepatkan masa pemprosesan dan juga menjimatkan tenaga manusia. Mesin automasi pada hari ini telah mampu mencapai kelajuan dan ketepatan yang amat tinggi dengan kos yang munasabah.

Robot merupakan contoh mesin automasi yang dikenali orang ramai. Sebuah robot boleh melakukan pelbagai jenis pekerjaan tetapi ia mestilah diprogramkan terlebih dahulu. Kelebihan robot masa kini ialah ia boleh diaturcara semula untuk penggunaan lain. Program robot telah disimpan oleh pengilang tetapi program ini boleh ditukar, ditambah atau dipadamkan oleh pengguna.

### **1.3 Skop Projek**

- a. Merencanakan litar kuasa elektrik mengikut piawai umum mesin automasi industri.
- b. Mengawal motor AC *conveyor* supaya dapat dikawal melalui aturcara secara manual atau automatik.
- c. Menggunakan perisian MATLAB untuk menghantar isyarat kepada PLC.
- d. Menulis aturcara menggunakan CX-Programmer.

## **1.4 Panduan Laporan**

Laporan ini terdiri daripada 6 bab yang telah disusun mengikut proses-proses pelaksanaan projek ini. Berikut merupakan panduan laporan ringkas mengenai kandungan dalam bab-bab di dalam laporan ini.

Bab 1 memberi tinjauan ringkas mengenai pengenalan dan objektif projek tersebut. Skop projek diterangkan dengan agak jelas bagi memudahkan pemahaman mengenai projek ini.

Bab 2 mengandungi segala maklumat yang diperlukan dalam pelaksanaan projek ini. Kajian ilmiah telah dibuat mengenai semua komponen elektrik dan juga PLC, fungsi dan cara pengoperasian setiap komponen disampaikan dengan jelas. Juga diterangkan konfigurasi dan penggunaan port sesiri.

Bab 3 menjelaskan tentang penggunaan perisian yang terlibat iaitu MATLAB dan juga CX-Programmer. Aturcara MATLAB diterangkan dan cara kawalan MATLAB ke atas PLC juga dijelaskan.

Bab 4 merupakan bahagian fabrikasi litar kuasa dan kaedah pemasangan yang merupakan bahagian utama dalam pengawalan motor.

Bab 5 menganalisis segala pemerhatian dan keputusan yang didapati daripada ujian yang dilakukan.

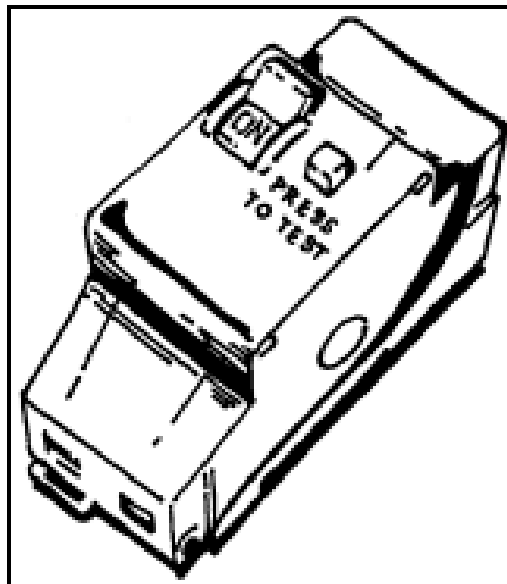
Bab 6 menyampaikan perbincangan dan kesimpulan terhadap projek ini. Selain itu, cadangan diberikan bagi tujuan penambahbaikan pada masa depan.

## BAB 2

### KAJIAN ILMIAH

#### 2.1 Pengenalan Kepada Komponen Elektrik

##### 2.1.1 *Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)*



**Rajah 2.1:** Gambar Rupabentuk ELCB

ELCB juga boleh dikenali sebagai pemutus litar residual atau nama umum suis keselamatan. ELCB merupakan suatu alat keselamatan elektrik yang direka khas untuk mematikan bekalan elektrik dengan segera apabila bekalan elektrik yang membocor ke bumi dikesan mencapai sesuatu tahap yang boleh membahayakan seseorang yang menggunakan kemudahan elektrik. Sesuatu ELCB menawarkan perlindungan yang bertahap tinggi terhadap individu daripada kejutan elektrik. Fius atau pemutus litar arus yang lain tidak menawarkan perlindungan yang setaraf dengan ELCB terhadap kesilapan yang melibatkan kebocoran arus ke bumi.

Walau bagaimanapun, sekiranya rintangan elektrik pada laluan arus bumi adalah terlalu tinggi untuk membolehkan pemutus litar untuk *trip* (atau fius membakar), bekalan elektrik akan terus mengalir ke bumi untuk suatu jangka masa tertentu. ELCB (tidak kira sama ada alat pengesan kelebihan arus yang lain) akan dapat mengesan aras arus yang sangat rendah yang mengalir ke bumi dan seterusnya memutuskan bekalan elektrik dengan segera.

ELCB mempunyai kelebihan penting yang lain iaitu ia boleh mengurangkan risiko pembakaran berlaku dengan pembocoran arus ke bumi dikesan pada wayar-wayar dan juga aksesori. Ini adalah ketara dalam kaedah pemasangan yang lama.

### **Operasi ELCB**

ELCB bekerja atas prinsip “Apa yang masuk mesti keluar”. Ia beroperasi dengan membandingkan kedua-dua arus yang mengalir di Aktif (bekalan) dan Neutral (pemulangan) sesuatu litar elektrik secara berterusan.

Jikalau arus yang mengalir menjadi tidak seimbang dengan nyata, bermaksud sebahagian arus pada konduktor Aktif tidak dipulangkan melalui konduktor Neutral dan mengalir ke bumi.

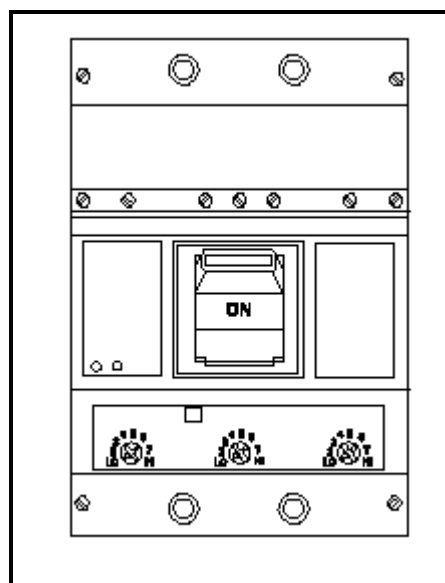
ELCB direka untuk beroperasi dalam lingkungan 10 hingga 50 milisaat dan memutuskan bekalan elektrik apabila ia mengesan pembocoran yang membahayakan, iaitu sebanyak 30 miliamp.

Kepekaan dan kelajuan pemutusan litar oleh ELCB membolehkan bekalan diputuskan sekiranya terdapat pembocoran arus ke bumi dikesan sebelum kerosakan dan kecederaan berlaku. ELCB tidak melindungi pemintasan litar dari fasa ke fasa. Analisis kemalangan elektrik menunjukkan bahawa kebarangkalian kejutan elektrik berlaku yang paling tinggi ialah kejutan yang berlaku apabila sentuhan berlaku di antara bahagian *Live* dan bumi.

Suatu ELCB memang akan mengurangkan risiko berlakunya kejutan elektrik, tetapi, sesuatu ELCB tidak akan mewujudkan perlindungan terhadap segala bentuk kejutan elektrik. Sekiranya seseorang bersentuhan dengan kedua-dua bahagian Aktif dan Neutral konduktor sementara memegang plug yang rosak atau alat yang membolehkan arus mengalir melalui badan orang tersebut, keadaan tersebut tidak akan dilindungi oleh ELCB kecuali terdapat arus yang mengalir ke bumi.

### 2.1.2 *Miniature Circuit Breaker (MCB)*

MCB membolehkan litar elektrik disambung dan diputuskan secara manual. Tambahan pula, MCB membekalkan perlindungan automatik terhadap kelebihan arus dalam sesuatu litar. MCB membenarkan sesuatu litar diaktifkan semula dengan cepat selepas litar pintas atau beban berlebihan dialihkan. Berlainan dengan fius yang mesti diganti apabila terbakar, MCB cuma perlu mengembalikan kedudukan tangkai untuk membolehkan litar disambung semula.



**Rajah 2.2 :** *Miniature Circuit Breaker (MCB)*

MCB telah dipasang dalam kebanyakan unit pengguna dengan menggantikan kegunaan fius. MCB mempunyai kelebihan di mana ia boleh *direset* tanpa perlu menggantikan wayar baru seperti mana fius tradisional. MCB biasanya mempunyai suatu butang untuk *meresetkannya*.

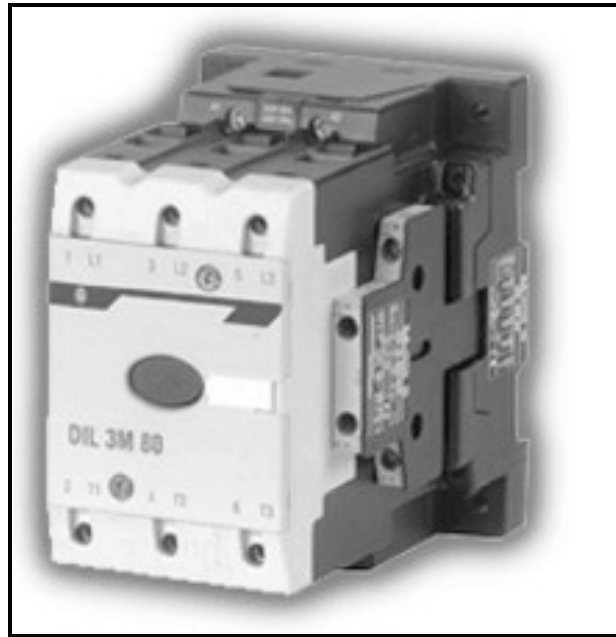
Apabila berlaku *tripping* pada MCB, ini mungkin disebabkan oleh litar dilampaui beban atau berlaku litar pintas pada mana-mana litar dalam sistem. Sebelum *meresetkan* MCB, adalah mustahak untuk mengenalpasti apa sebenarnya yang berlaku. Semua alat yang disambung dengan litar perlu dipadam untuk memastikan ia bukan disebabkan oleh beban dilampaui.

Setiap MCB mempunyai suatu kadar arus yang spesifik. Kadar arus merupakan kadar arus berterusan maximum yang boleh dibawa oleh suatu MCB tanpa melampaui kadar. Tujuan utama MCB adalah untuk melindungi konduktor dan perkakas. Konduktor digred bergantung kepada berapa arus yang boleh dibawa secara berterusan, iaitu dikenali sebagai ampaciti. Bagi pemasangan biasa, kadar ampere MCB mestilah sama dengan ampaciti sesuatu konduktor.

MCB juga digred bergantung kepada voltan maximum yang boleh dikendalikan. Kadar voltan sesuatu MCB mestilah sekurang-kurangnya sama dengan voltan litar. Kadar voltan bagi sesuatu MCB boleh lebih tinggi berbanding voltan litar, tetapi tidak boleh lebih rendah daripada itu. Contohnya MCB 480VAC boleh diguna dalam litar 240VAC tetapi MCB 240VAC tidak boleh diguna dalam litar 480VAC.



### 2.1.3 *Magnetic Contactor*

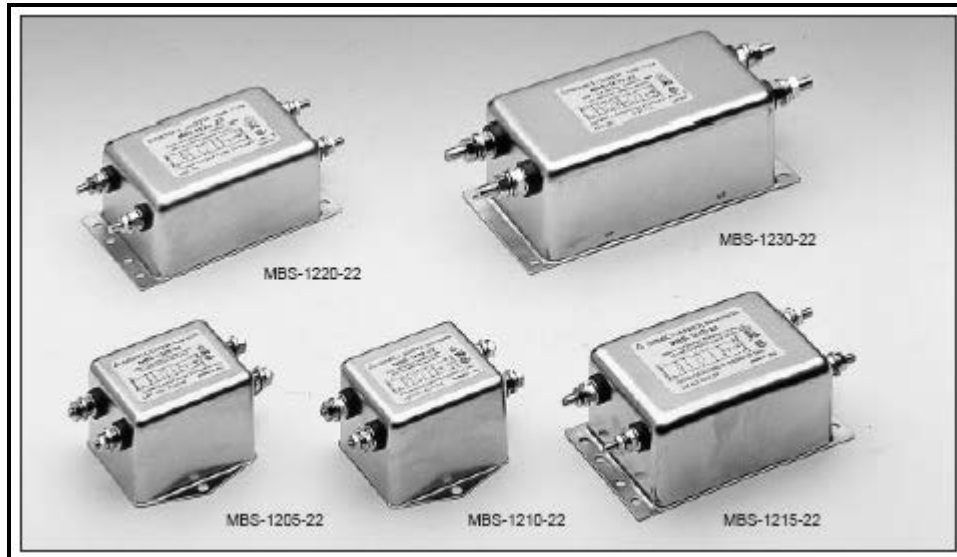


**Rajah 2.3 :** Rupabentuk *magnetic contactor*

*Magnetic contactor* biasanya diguna dalam alat arus tinggi seperti penghawa dingin yang menggunakan dua suis tekan untuk menghidup dan mematikan alat elektrik. Ia berfungsi seperti geganti untuk menyambungkan kuasa daripada sumber yang berlainan, tetapi bezanya ialah ia berfungsi dalam bekalan voltan sumber arus ulang-alik, manakala geganti berfungsi dengan bekalan arus terus.

*Magnetic contactor* diguna untuk mengancing (*latch*) suatu sumber kuasa supaya bekalan dapat terus dibekalkan walaupun selepas suis tekan dilepaskan. Contohnya dalam suis utama penghawa dingin. Penghawa dingin akan dihidupkan selepas butang ditekan dan terus berfungsi walaupun selepas butang dilepaskan. Ia hanya akan dimatikan dengan menekan suis yang berlainan.

#### 2.1.4 Penuras Bising



**Rajah 2.4** : Rupabentuk penuras bising

Isyarat bising merujuk kepada isyarat yang tidak dihendaki wujud dalam sesuatu sistem. Bising biasanya wujud apabila kabel AC diletak berdekatan dengan kabel sumber DC. Pada mesin automasi yang biasa, ruang yang ada adalah sangat terhad untuk merendahkan kos, maka pengasingan kabel AC dan kabel DC tidak senang dijalankan. Untuk mengatasi masalah tersebut, penuras bising perlu dipasang bagi mengurangkan masalah bising walaupun tidak boleh menghapuskan sepenuhnya. Bagi mesin yang besar, mungkin beberapa penuras bising perlu dipasang pada jarak tertentu, akan tetapi, mesin yang biasa hanya mempunyai satu penuras bising utama yang dipasang pada litar kuasa untuk menapis bising.

### 2.1.5 Pemegang Fius



**Rajah 2.5** : Rupabentuk pemegang fuis

Pemegang fuis diperlukan dalam sambungan sebelum sumber kuasa AC dihantar kepada alatan keluaran seperti motor, bekalan kuasa DC dan lain-lain. Pemegang fuis hanya berfungsi sebagai suatu pemegang untuk memegang fuis pada kedudukannya. Ini menyenangkan pengguna untuk memeriksa litar apabila terdapat litar pintas pada mana-mana bahagian litar. Fuis yang terbakar boleh ditukar ganti dengan senang sahaja iaitu dengan membuka pemegang fuis dan menukar fuis yang terbakar dengan fuis yang baru.

### 2.1.6 Geganti



**Rajah 2.6** : Rupabentuk geganti

Geganti merupakan suatu sistem yang menggunakan prinsip elektromagnet dan mekanikal. Secara umumnya geganti hanya berfungsi sebagai pengantara bagi membenarkan arus mengalir ataupun menyekat aliran arus. Ia biasanya digunakan dalam keadaan di mana terdapat dua sumber kuasa yang berlainan. Satu sumber voltan digunakan untuk mengaktifkan gegelung geganti untuk menyambung litar sumber kuasa yang kedua.

Di dalam geganti terdapat plat besi yang sentiasa menyambungkan kaki *common* dengan kaki lazim tutup (*Normally Closed*). Apabila sumber voltan yang mencukupi dibekalkan merentasi gegelung geganti, ia akan diaktifkan. Plat besi yang terdapat dalam geganti akan tertarik ke arah kaki lazim buka (*Normally Open*) dan membolehkan kuasa dan arus mengalir melaluinya.

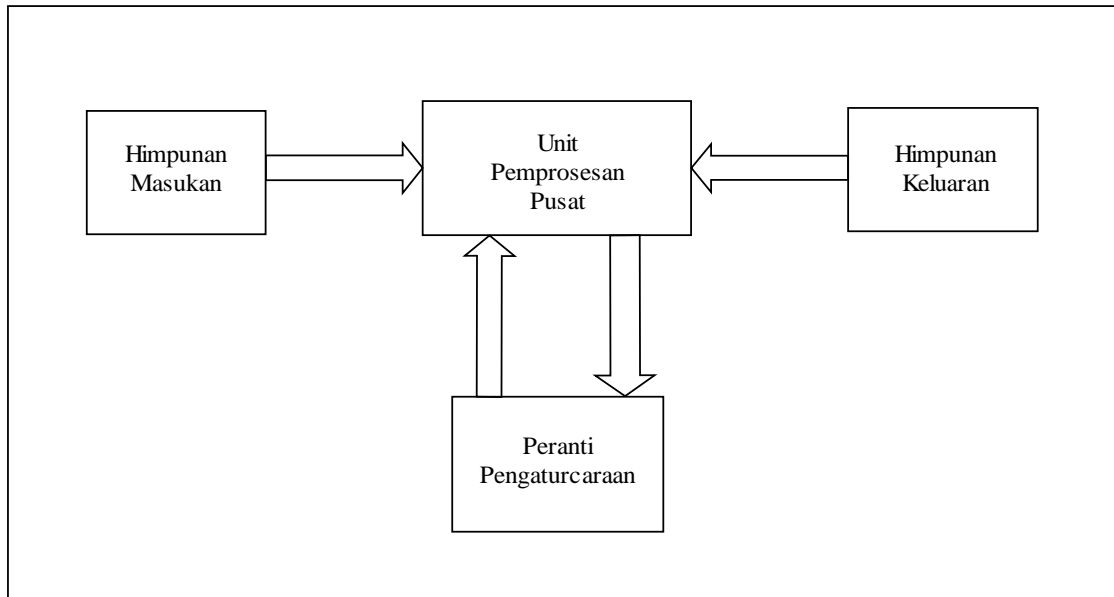
## **2.2 Pengenalan Kepada Sistem Pengawal**

### **2.2.1 Pengawal Logik Bolehaturcara (PLC)**

Kejuruteraan kawalan telah diperkembangkan dari semasa ke semasa. Pada masa dahulu, manusia merupakan komponen utama dalam pengawalan sesuatu system. Tetapi selepas itu, kuasa elektrik telah diguna dalam bidang pengawalan untuk menggantikan sumber manusia. Pada awal era kawalan elektrik, kawalan dilakukan dengan menggunakan geganti. Geganti tersebut membenarkan kuasa bertukar antara menyambung dan memutuskan litar tanpa menggunakan suis mekanikal. Penggunaan geganti dalam keputusan kawalan logik ringkas adalah perkara yang umum. Perkembangan pesat dalam penghasilan komputer kos rendah telah membawa kepada revolusi baru, iaitu Pengawal Logik Bolehaturcara (PLC).

Kewujudan PLC bermula sejak tahun 1970an, dan ia telah menjadi pilihan utama secara umum dalam bidang kawalan pembuatan. PLC menjadi semakin popular bagi kilang-kilang dan pasti akan menjadi semakin berkuasa pada masa akan datang. Ini adalah disebabkan oleh kelebihan PLC berbanding dengan sistem tradisional.

Secara amnya, Pengawal Logik Bolehaturcara (PLC) adalah suatu komputer yang ditugaskan untuk mengawal dan melakukan kerja-kerja berat dalam persekitaran industri. Khususnya, PLC direka untuk memudahkan pendawaian dengan menggunakan terminal masukan/keluaran dan boleh diaturcara semula melalui kemahiran pengaturcaraan khas iaitu gambarajah tetangga. PLC adalah sistem yang lebih ekonomi untuk pengautomasian barisan produk dari sesebuah kilang. Ia terdiri daripada tiga peranti asas iaitu bahagian masukan dan keluaran, unit pemprosesan pusat (CPU) dan peranti pengaturcaraan iaitu komputer peribadi (PC) ataupun *programming console* [5,6].



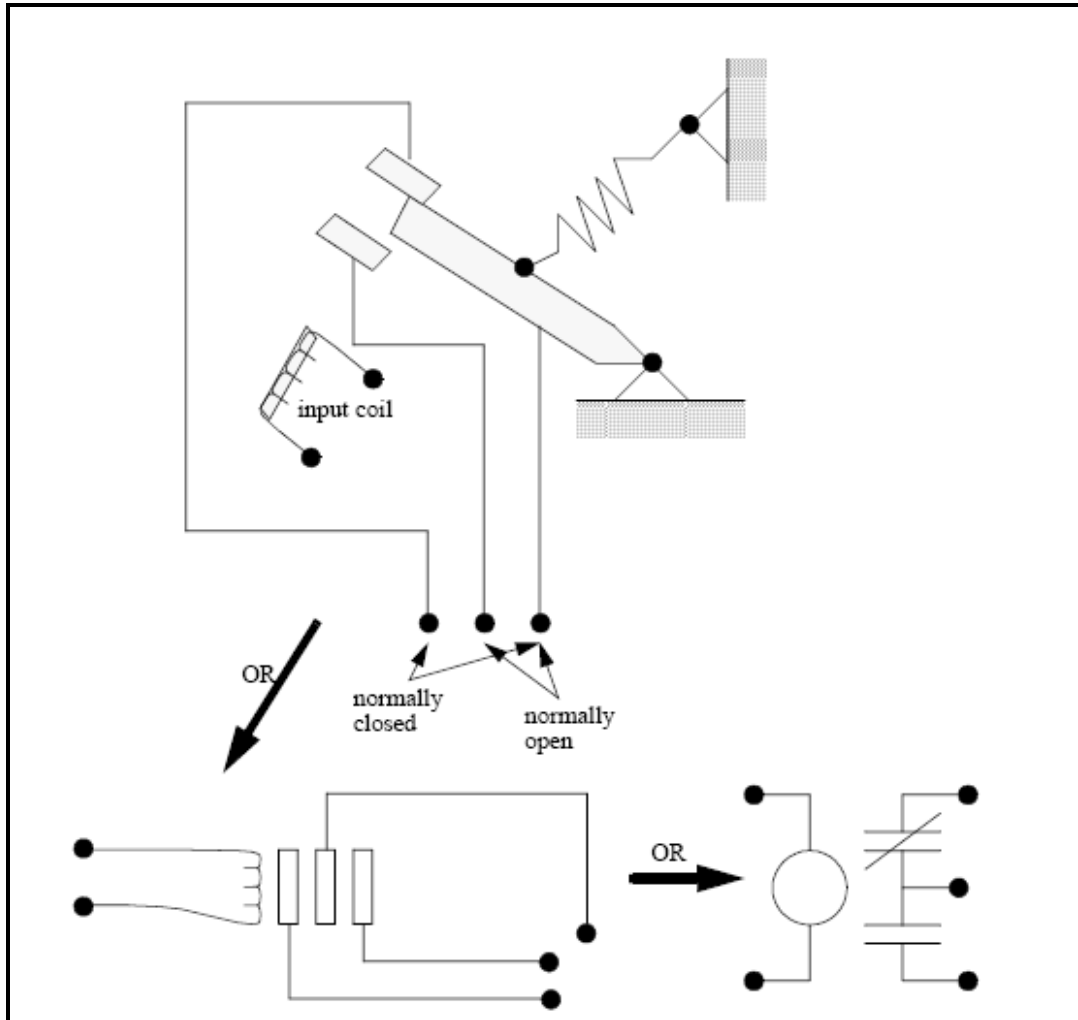
**Rajah 2.7** : Peranti-peranti asas dalam PLC

PLC beroperasi melalui pengawasan isyarat masukan dari beberapa sumber seperti penderia, suis tekan dan suis pengehad. Apabila sesuatu perubahan dikesan dalam isyarat tersebut, sistem pengawal ini akan memberikan tindakbalas berdasarkan aturcara logik dalaman pengguna untuk menghasilkan isyarat keluaran. Isyarat keluaran ini akan mengoperasikan beban sistem luaran seperti geganti, pengawal motor, lampu pemandu dan penggera. Sistem pengawal sebegini akan mengurangkan pendawaian yang kompleks dalam sistem pengawal konvensional yang berasaskan geganti.

### 2.2.2 Tetangga Logik

Tetangga logik merupakan kaedah utama dalam pengaturcaraan PLC. Tetangga logik telah dibangunkan sehingga menyerupai geganti logik. Keputusan untuk menggunakan gambarajah geganti logik adalah strategik. Dengan memilih tetangga logik sebagai kaedah utama dalam pengaturcaraan, latihan yang diperlukan bagi jurutera atau pengguna telah dikurangkan dengan nyata. Ini boleh menjimatkan masa dan kos dalam pengeluaran sesuatu produk.

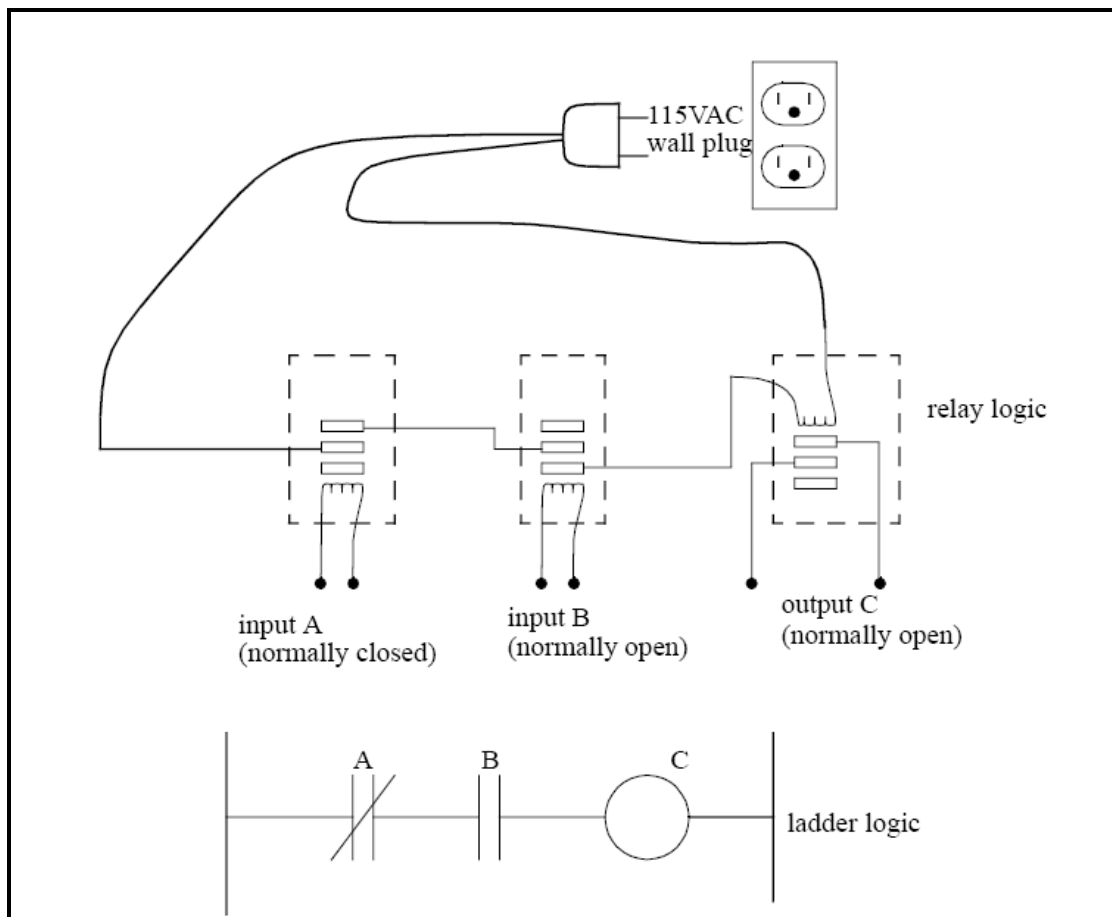
Sistem pengawal moden masih lagi menggunakan geganti, tetapi penggunaan dalam logik telah nyata dikurangkan [1]. Geganti merupakan suatu komponen ringkas yang menggunakan medan magnet untuk mengawal suis, seperti yang ditunjuk dalam Rajah 2.8. Apabila voltan dibekalkan kepada gelungan dawai masukan, arus dijana akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet yang dihasilkan akan menarik suis logam dan menyambung kedua-dua pin menjadikan ia beroperasi seperti suis ditutup. Sambungan yang ditutup apabila gelungan dawai masukan diaktifkan dinamakan sebagai lazim buka (*normally open*). Sambungan lazim tutup (*normally closed*) menghubungkan kedua-dua pin apabila gelungan dawai masukan tidak diaktifkan. Geganti biasanya dilukis dalam bentuk skematik menggunakan bulatan untuk mewakili gelungan dawai masukan. Sambungan keluaran pula diwakili dengan dua garisan selari. Sambungan lazim buka ditunjuk dengan dua garisan, dan akan buka (tidak menyambung) apabila masukan tidak diaktif. Sambungan lazim tutup ditunjuk dengan dua garisan dan satu garisan pepenjuru antara mereka. Apabila gelungan dawai masukan tidak diaktifkan, sambungan lazim tutup akan menutup (mengalir).



**Rajah 2.8 : Skematik Ringkas Geganti**

Geganti diguna untuk membolehkan suatu sumber kuasa menutup suis bagi sumber kuasa yang lain (biasanya arus tinggi), sementara kekalkan mereka dalam keadaan berasingan. Contoh geganti dalam aplikasi pengawalan ringkas ditunjuk dalam Rajah 2.9. Dalam sistem tersebut, geganti pertama pada sebelah kiri adalah lazim tutup, dan ia akan membenarkan arus untuk mengalir sehingga voltan dibekalkan kepada masukan A. Geganti yang kedua adalah lazim buka dan tidak membenarkan arus mengalir melaluinya sehingga voltan dibekalkan kepada masukan B. Sekiranya arus mengalir melalui kedua-dua geganti pertama, maka arus akan mengalir melalui gelungan dawai geganti ketiga dan menutup suis untuk keluaran C. Litar ini boleh dilukis dalam bentuk tetangga logik, dan dibaca sebagai C akan hidup jikalau A mati dan B hidup.

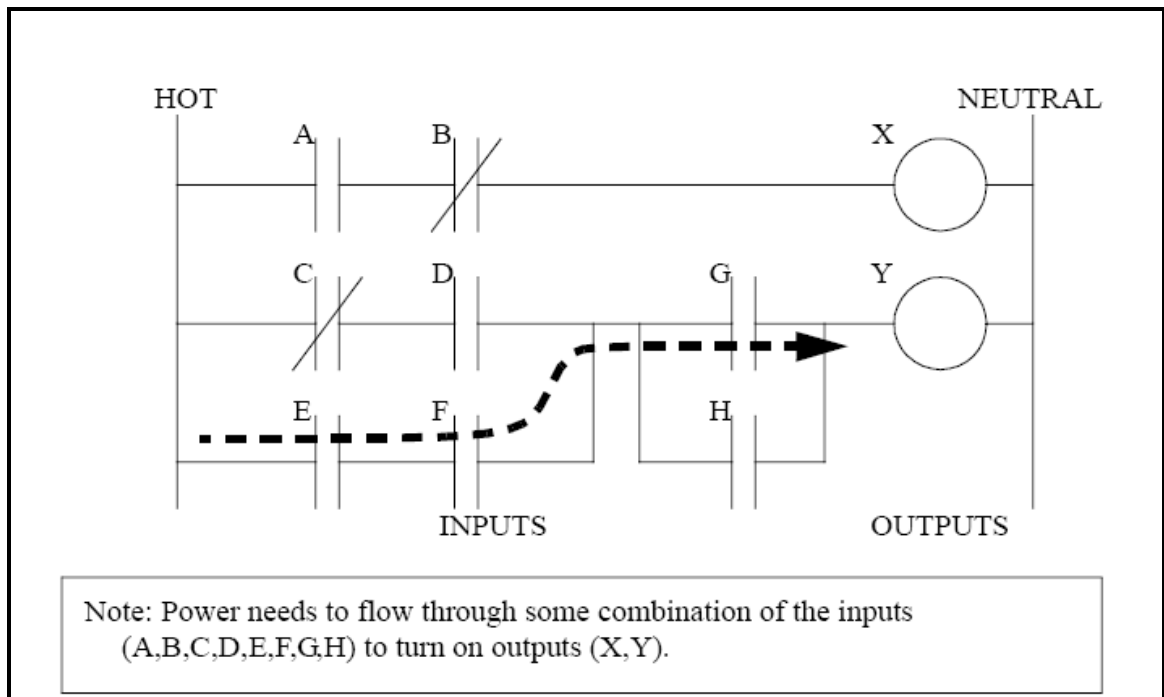




**Rajah 2.9** : Pengawal Geganti Ringkas

### 2.2.3 Pengaturcaraan

PLC pertama diprogramkan berasaskan teknik skematik wayar ganti logik [4]. Ini dapat menjimatkan masa untuk mengajar juruteknik, juruelektrik, dan jurutera cara untuk memprogramkan sesuatu komputer. Kaedah tersebut telah menjadi kaedah paling umum untuk pengaturcaraan PLC hari ini. Contoh tetangga logik ditunjukkan pada Rajah 2.10. Kuasa dialir dari sebelah kiri ke sebelah kanan dalam gambarajah tetangga. Masukan biasanya terdiri daripada suis mekanikal atau pengesan. Manakala keluaran biasanya adalah motor, lampu atau semboyan.



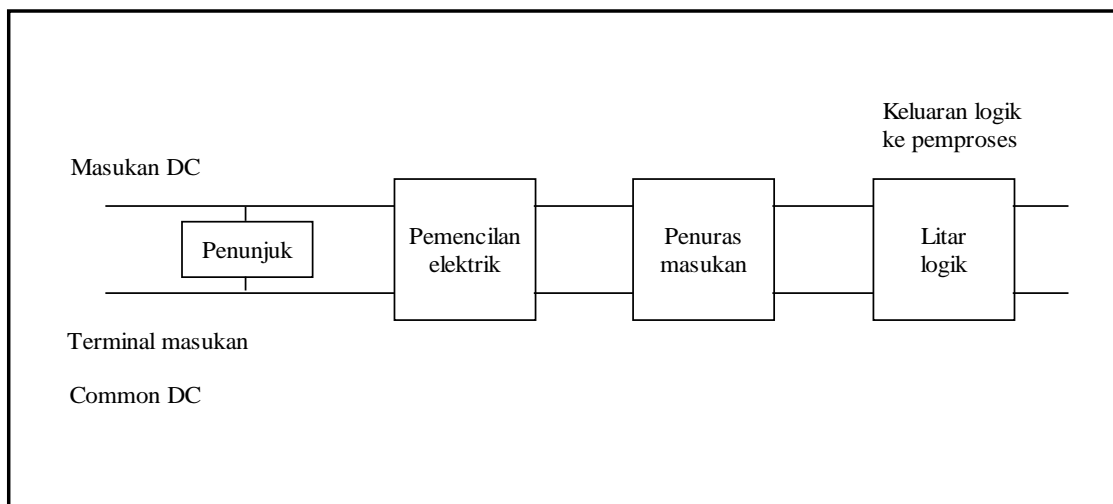
**Rajah 2.10** : Gambarajah Tetangga Logik Ringkas

## 2.2.4 Bahagian Masukan/Keluaran

Bahagian ini mengandungi pendawaian dan antaramuka geganti yang menghubungkan system pengawal dengan peralatan yang dikawal. Terdapat banyak modul masukan dan keluaran yang boleh disambung dengan PLC dan ianya boleh dibahagikan kepada dua kumpulan iaitu digital dan analog. Masukan dan keluaran digital beroperasi apabila berlaku perubahan keadaan diskret. Manakala masukan dan keluaran analog pula berubah secara selanjur melebihi julat yang dibenarkan. Masukan digital menerima operasi luar dari suis pengehad, suis apungan, suis tekanan, dan suis beroda manakala keluaran digital pula mengoperasikan lampu, penanda, geganti, solenoid, motor dan sebagainya. PLC juga mempunyai nombor atau kod kursus untuk masukan dan keluaran yang membenarkan ia mengoperasikan peralatan luaran [6].

### a. Bahagian Masukan

Terdapat dua bentuk masukan iaitu AC dan DC [6]. Bahagian masukan digunakan untuk menerima isyarat voltan tinggi AC atau DC dan isyarat voltan rendah DC. Ia mempunyai beberapa bahagian umum dan fungsi yang tertentu. Sila rujuk Rajah 2.11.



**Rajah 2.11** : Blok bahagian masukan

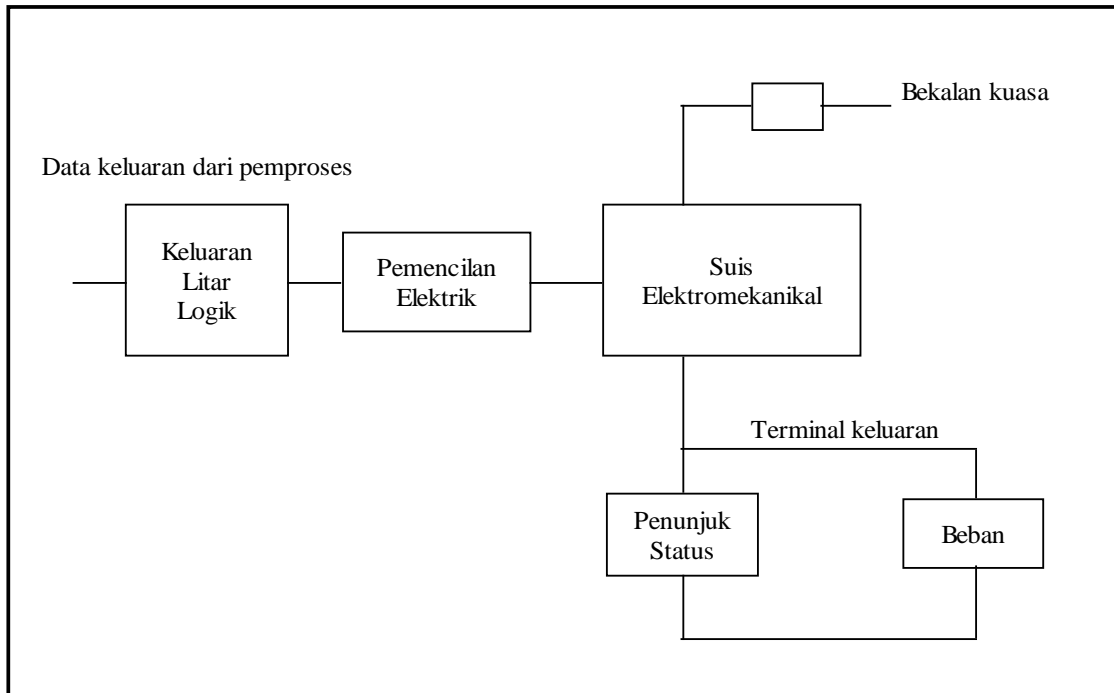
Fungsi setiap bahagian adalah seperti berikut:

- i. Penunjuk masukan menunjukkan status TUTUP/BUKA masukan ke himpunan.
- ii. Pemencilan elektrik melengkapkan perlindungan kepada logik dalaman PLC dengan memisahkannya dari pendawaian medan dan penamatan.
- iii. Penuras masukan mengurangkan kebarangkalian hangar elektrik dikesan ketika operasi sentuhan medan berlaku.
- iv. Litar logik memproses isyarat masukan yang sesuai disuap pada pemproses PLC.

#### **b. Bahagian Keluaran**

Himpunan keluaran pada PLC terdiri daripada beberapa bahagian utama (rujuk Rajah 2.12). Isyarat keluaran yang terbit daripada isyarat dalam pemproses disuap ke litar logik keluaran yang mana ia melindungi logik dari aplikasi kemalangan voltan lampau ke pendawaian medan [6]. Keluaran biasanya dilengkapi dengan perlindungan seperti fius untuk menghentikan bahagian ini daripada sorak jika litar pintas berlaku pada pendawaian medan. Bahagian ini bertindak sebagai suis ke bekalan kuasa pengguna untuk mengoperasikan keluaran. Keluaran yang telah disetkan dalam aturcara dihantar dari pemproses ke litar logik yang akan menerima dan menyimpan arahan pemproses dan seterusnya mengaktifkan keluaran. Peranti pensuisan yang selalu digunakan untuk mensuiskan kuasa ke beban luar PLC ialah [6],

- a. Geganti untuk beban AC dan DC.
- b. Triac untuk beban AC sahaja.
- c. Transistor untuk beban DC sahaja.



**Rajah 2.12** : Blok bahagian keluaran

### 2.2.5 Unit Pemrosesan Pusat (CPU)

Unit pemroses mengandungi sistem mikropemroses yang terdiri daripada sistem ingatan dan unit pembuat keputusan sistem PLC [5]. Unit pemroses membuat pemeriksaan dengan mengimbas data dari bahagian masukan dan keluaran serta menyimpan isyaratnya dalam ingatan. Unit ini kemudiannya mengimbas aturcara pengguna yang disimpan dalam ingatan dan pada masa yang sama membuat keputusan untuk menerima perubahan masukan dan menyebabkan keluaran berubah semasa mengimbas masukan/keluaran yang seterusnya.

Proses imbasan adalah satu prosedur berkitar melainkan terdapatnya sampukan oleh arahan luar. Masa yang diambil untuk melengkapkan satu imbasan adalah masa yang diambil untuk mengimbas masukan, keluaran dan aturcara pengguna. Satu keistimewaan PLC ialah unit pemrosesnya melaksanakan operasi membilang, pemaasan, perbandingan data, jujukan dan melengkapkan maklumat diagnosis kepada operator. Status penunjuk yang boleh didapati ialah:

- a. Imbas proses - yang menunjukkan bahawa aturcara pengguna tidak boleh diimbis oleh pemproses.
- b. Kesilapan ingatan - yang menunjukkan bahawa data dalam ingatan diganggu atau tidak boleh dipindahkan melalui PLC dengan betul.
- c. Penunjuk operasi – yang menunjukkan bahawa pemproses menjalankan aturcara dengan betul pada ketika suis berada pada mod operasi.

### **2.2.6 Ingatan**

Ingatan terdiri daripada dua jenis iaitu Ingatan Baca Sahaja (ROM) dan Ingatan Capaian Rawak (RAM) [5]. *RAM* ialah sejenis ingatan yang mana kandungan data boleh dibaca atau diubah dengan hanya menulis data baru ke atasnya. Manakala *ROM* pula ialah sejenis ingatan yang mana kandungan data adalah kekal dan tidak boleh diubah. Semua komputer memerlukan ingatan ini untuk membolehkan ia beroperasi dan bersedia menerima maklumat daripada papan kekunci. Sekiranya sesuatu komputer itu memerlukan bahasa khusus untuk mengoperasikannya (PLC sebagai contoh), aturcara bahasa tersebut mestilah kekal di dalam ingatan supaya ia boleh memahami dan bekerja dengan bahasa tersebut.

#### **a. Ingatan Capaian Rawak (RAM)**

*RAM* digunakan untuk menyimpan pelbagai maklumat dalam bentuk aturcara. Ingatan ini dikategorikan mudah berubah (*volatile*) iaitu maklumat yang terkandung di dalamnya akan hilang jika bekalan kuasa ke ingatan dimatikan atau terganggu. Terdapat dua jenis *RAM* iaitu statik dan dinamik. *RAM* statik menyimpan aturcara dalam bentuk binari dalam ingatannya. Kandungan ingatan akan kekal selagi bekalan kuasa disambung ke litar terkamir *RAM* statik. Satu bateri sokongan ingatan digunakan untuk mengelakkan maklumat di dalamnya hilang apabila bekalan kuasa utama terganggu atau dimatikan. *RAM* dinamik juga menyimpan aturcara dalam binari tetapi dalam bentuk cas elektrik pada kaki get kapasitans transistor *MOS (Metal Oxide Semiconductor)*. Operasi *RAM* dinamik lebih kompleks dan sukar untuk disegerakkan berbanding *RAM* statik.

### **b. Ingatan Baca Sahaja (ROM)**

ROM adalah sejenis ingatan yang tidak mudah berubah (*nonvolatile*) dan ia digunakan untuk menyimpan aturcara operasi kekal dalam PLC. Aturcara operasi adalah aturcara yang mengoperasikan PLC. Ia mengandungi jadual, penjana rangkap, aturcara diagnosis dan utusan ralat. ROM tidak menghilangkan aturcara yang tersimpan selagi ia tidak dikeluarkan dari papan litar tercetak (*printed circuit board*). Terdapat lima jenis ROM iaitu Topeng Teraturcara (*mask programmed*), Baca Ingatan Sahaja Boleh Aturcara (*PROM*), Ingatan Baca Sahaja Boleh Aturcara Boleh Padam (*EPROM*), Ingatan Baca Sahaja Boleh Aturcara Boleh Pindah Elektrik (*EAPROM*) dan Ingatan Baca Sahaja Boleh Aturcara Padam Elektrik (*EEPROM*) [5]. ROM lebih mudah berhubung dengan pemproses berbanding dengan RAM kerana ia adalah peranti statik, tidak memerlukan denyut jam dan beroperasi dengan satu bekalan kuasa.

### **2.2.7 Organisasi Ingatan**

Ingatan PLC boleh dibahagikan kepada tiga kawasan iaitu ingatan simpanan, aturcara pengguna dan ingatan jaga rumah [5]. Ingatan simpanan digunakan untuk menyesuaikan peranti-peranti nyata masukan dan keluaran, menumpukan pemasa dan pembilang serta nilai praset. Ingatan aturcara pengguna digunakan untuk menyimpan aturcara pengguna bagi mengoperasikan PLC. Ingatan ini menyimpan data dalam 16 bit perkataan yang mana setiap perkataan mengandungi satu arahan aturcara. Ingatan jaga rumah adalah kawasan ingatan yang tidak boleh dicapai oleh pengguna. Ia digunakan semasa operasi PLC membawa keluar fungsi yang diperlukan untuk membuat pemproses beroperasi, membawa keluar fungsi aritmatik dan membawa keluar operasi dalaman yang lain.

### 2.2.8 Unit Pengaturcaraan

Unit pengaturcaraan membolehkan pengguna PLC menginput, menyunting dan mengawasi aturcara dengan menyambungkannya ke unit pemproses dan membenarkan capaian ke ingatan pengguna. Unit pengaturcaraan adalah paparan cecair kristal (*LCD*). Unit ini berkomunikasi dengan pemproses melalui talian komunikasi data sesiri (*serial*) atau selari (*parallel*). Terdapat beberapa kaedah pengaturcaraan dan umumnya kaedah aturcara gambarajah tetangga geganti digunakan kerana ia mudah difahami.

### 2.2.9 Kelebihan PLC Berbanding Sistem Tradisional

- a. Berkebolehan untuk bekerja dalam suasana persekitaran yang sibuk seperti di lombong emas, di mana suasana panas, berdebu, suhu yang tinggi dan keadaan hingar [6].
- b. Antaramuka yang digunakan iaitu PLC mempunyai pelbagai fungsi seperti mengawal motor induksi 3 fasa, pengawal pam dan juga '*solenoid valve*' jika dibandingkan dengan kaedah sistem konvensional.
- c. Lebih sempurna terutamanya bagi industri pembuatan dan pelombongan.
- d. Kadar pelaburan yang lebih murah di mana hampir keseluruhan litar kawalan menggunakan aturcara yang telah diprogramkan di dalam PLC jika dibandingkan dengan kaedah pendawaian konvensional.
- e. Mudah melakukan penyelenggaraan ke atas sistem kawalan kerana penunjuk masukan dan keluaran dapat memberikan gambaran untuk menyelesaikan masalah kepada sistem tersebut.
- f. Sistem kawalan yang lebih kecil serta penggunaan bekalan kuasa yang rendah.
- g. Lebih mudah dilakukan pengubahsuaian tanpa sebarang kos penalti.
- h. Kos sesuatu projek boleh dianggarkan dengan lebih tepat.
- i. Mengambil masa yang begitu singkat untuk tujuan penyelenggaraan.
- j. Mempunyai bahasa aturcara yang mudah difahami dan dipelajari.
- k. Komponen berkualiti yang digunakan menjadikannya boleh beroperasi selama bertahun sebelum mengalami kerosakan.
- l. Boleh dipakai semula untuk mengawal sistem yang lain dengan cepat dan mudah [1].