

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian SCADA

SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) dapat didefinisikan secara sederhana dari kepanjangan SCADA itu sendiri:

S	: <i>Supervisory</i>	- Pengawasan
C	: <i>Control</i>	- Pengendali
ADA	: <i>And Data Acquisition</i>	- Akuisisi Data

Jadi secara sederhana sistem SCADA ialah

“Sistem yang dapat melakukan pengawasan, pengendali dan akuisisi data terhadap sebuah *plant*”.

Definisi yang lebih formal diberikan oleh NIST (*National Institute Of Standards and Technology*) ialah :

“Sistem terdistribusi yang digunakan untuk mengendalikan aset – aset yang terbesar secara geografis, sering terpisah ribuan kilometer persegi, dimana kontrol dan akuisisi data terpusat sangat penting bagi operasi sistem”.

Menurut NIST, sistem SCADA banyak digunakan pada sistem terdistribusi seperti : *water distribution and wastewater collection systems, oil and gas pipelines, electrical power grids, dan railway transportation systems* (Handy Wicaksono, 2012 : 5).

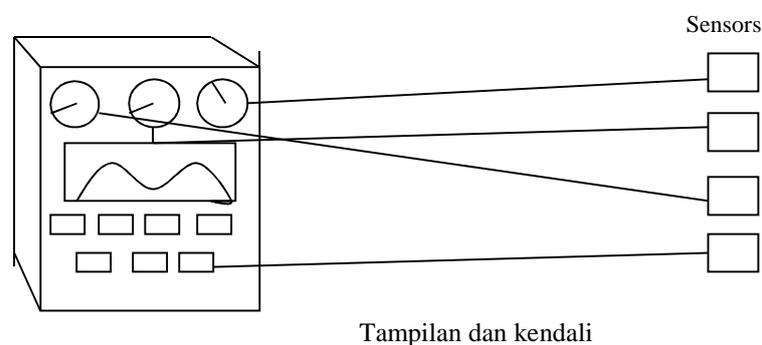
Sedangkan secara definisi menurut ISA (*The Instrumentation, Systems and Automation Society*), SCADA merupakan teknologi yang memberikan kemudahan bagi pengguna untuk mendapatkan data dari satu atau lebih dari beberapa fasilitas yang berjauhan dan/atau mengirimkan beberapa instruksi supervisi ke beberapa fasilitas tersebut (Efendi, 2011 : 1).

Dalam *terminology control, supervisory control* sering mengacu pada kontrol yang tidak langsung, namun lebih pada fungsi koordinasi dan pengawasan. Dengan kata lain, pengendali utama tetap dipegang oleh PLC (pengendali lainnya) sedangkan kontrol pada SCADA hanya bersifat koordinasi dan sekunder.



2.1.1 Sejarah SCADA

Sistem SCADA yang “primitif” sebenarnya telah digunakan oleh industri selama ini. Dengan hanya mengandalkan indikator – indikator sederhana seperti lampu, meter analog, alarm suara, seorang operator sudah dapat melakukan pengawasan terhadap mesin – mesin di pabrik. Pada gambar 2.1 nampak sekema SCADA “primitif” yang masih belum memanfaatkan komputer (pengendali berprosesor lainnya).

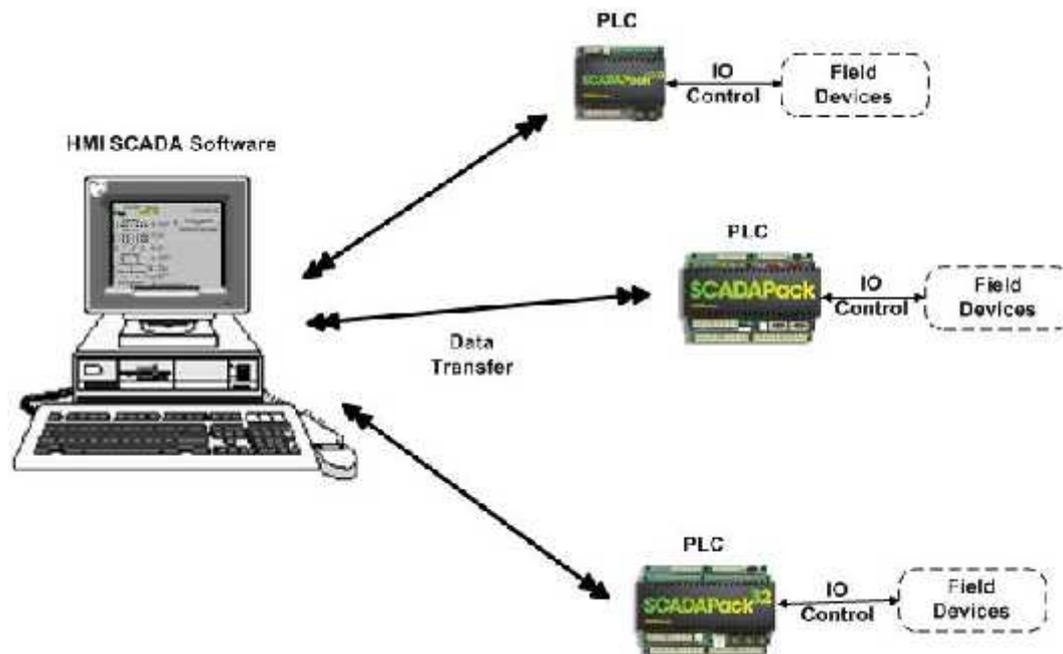


Gambar 2.1 Sistem SCADA “primitif”

Sumber : Handy Wicaksono.2012.*SCADA Software Dengan Woderware InTouch*.

Seiring dengan perkembangan komputer yang yang dahsyat beberapa dekade terakhir maka komputer menjadi komponen penting dalam sebuah sistem SCADA modern. Sistem ini menggunakan komputer untuk menampilkan status dari sensor dan aktuator dalam suatu *plant*, menampilkannya dalam bentuk grafik, menyimpannya dalam *database*, bahkan menampilkannya melalui situs *web*.

Umumnya komputer ini terhubung dengan sebuah pengendali (misal : *Programmable Logic Controller*) melalui sebuah protokol komunikasi tertentu (misal : *fieldbus*). Skema sistem SCADA modern dapat dilihat pada gambar 2.2. (Handy Wicaksono, 2012 : 6 – 7).



Gambar 2.2 Sistem SCADA Modern

Sumber : Handy Wicaksono.2012.SCADA Software Dengan Woderware InTouch.

2.1.2 Arsitektur Sistem SCADA

Arsitektur dasar dari sebuah sistem SCADA dapat dilihat pada gambar 2.3. Berikut ini penjelasan dari masing – masing bagiannya :

1. Operator

Operator manusia mengawasi sistem SCADA dan melakukan fungsi *supervisory control* untuk operasi *plant* jarak jauh.

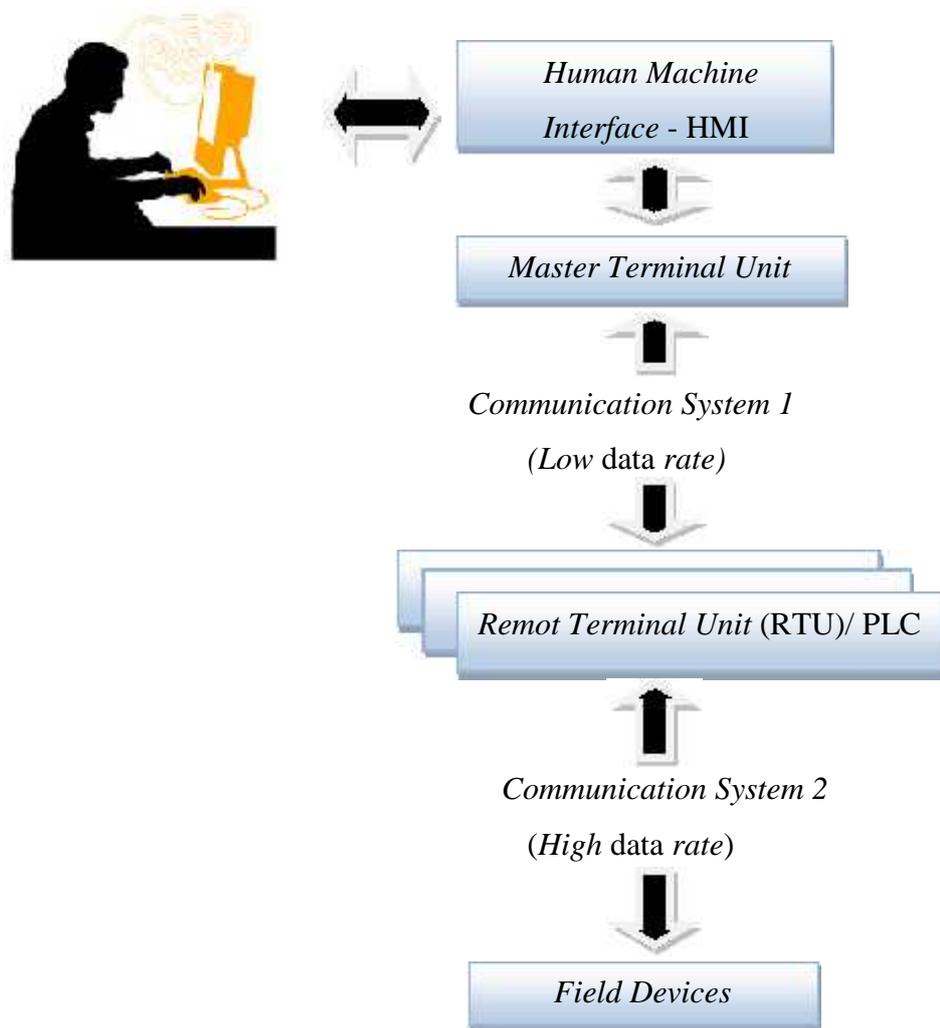
2. Human Machine Interfaces (HMI)

HMI menampilkan data pada operator dan menyediakan *input* kontrol bagi operator dalam berbagai bentuk, termasuk grafik, skematik, jendela, menu *pull-down*, *touch screen*, dan lain sebagainya. HMI dapat berupa *touch screen device* ataupun komputer itu sendiri.



3. Master Terminal Unit (MTU)

MTU merupakan unit *master* pada arsitektur *master/slave*. MTU berfungsi menampilkan data pada operator melalui HMI, mengumpulkan data dari tempat yang jauh, dan mengirimkan sinyal kontrol ke *plant* yang berjauhan. Kecepatan pengiriman data dari MTU ke *plant* jarak jauh relatif rendah dan metode kontrol umumnya *open loop* karena kemungkinan terjadi waktu tunda dan *flow interruption*.



Gambar 2.3 Arsitektur Sistem SCADA Umum

Sumber : Handy Wicaksono.2012.SCADA Software Dengan Woderware InTouch.



Berikut ini fungsi dasar dari suatu MTU :

- a. **Input/Output Task** : *interface* sistem SCADA dengan peralatan di *plant*;
- b. **Alarm Task** : mengatur semua tipe *alarm* ;
- c. **Trends Task** : mengumpulkan data *plant* setiap waktu dan menggambarkan dalam grafik ;
- d. **Report Task** : memberikan laporan yang bersumber dari data *plant*;
- e. **Display Task** : menampilkan data yang diawasi dan dikontrol operator.

4. **Communication System**

Sistem komunikasi antara MTU – RTU ataupun antara RTU – *Field device* diantaranya berupa :

- RS 232
- *Private Network (LAN/RS-485)*
- *Switched Telephone Network*
- *Leased Line*
- Internet
- *Wireless Communication System*
 - *Wireless LAN*
 - *GSM Network*
 - *Radio modems*

Contoh variasi protokol komunikasi dapat dilihat pada gambar 2.4.

5. **Remote Terminal Unit (RTU)**

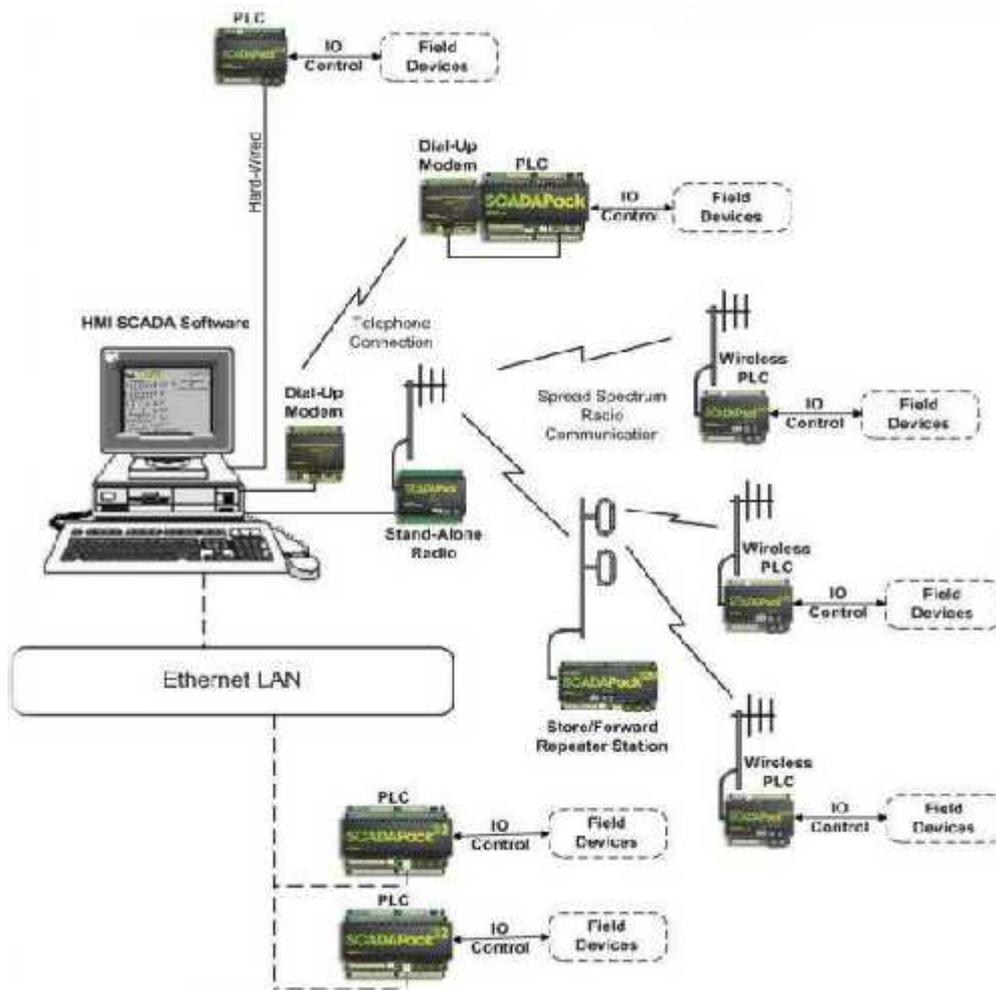
RTU merupakan unit *slave* pada arsitektur *master/slave*. RTU mengirimkan sinyal kontrol pada peralatan yang dikendalikan, mengambil data dari peralatan tersebut, dan mengirimkan data tersebut ke MTU. Kecepatan pengiriman data antara RTU dan alat yang dikontrol relatif tinggi dan metode kontrol yang digunakan umumnya *closed loop*. Sebuah RTU mungkin saja digantikan oleh *Programmable Logic Controller (PLC)*.

Beberapa kelebihan PLC dibanding RTU ialah :

- Solusi ekonomis



- Serbaguna dan fleksibel
- Mudah dalam perancangan dan instalasi
- Lebih *reliable*
- Kontrol yang canggih
- *Troubleshooting* dan diagnosa lebih mudah



Gambar 2.4 Variasi Komunikasi Data Pada Sistem SCADA

Sumber : Handy Wicaksono.2012.*SCADA Software Dengan Woderware InTouch.*



6. Field Device

Merupakan *plant* di lapangan yang terdiri dari objek yang memiliki berbagai sensor dan aktuator. Nilai sensor dan aktuator inilah yang umumnya diawasi dan dikendalikan supaya objek/dengan yang diinginkan pengguna (Handy Wicaksono, 2012 : 7 – 11).

2.1.3 Jenis – Jenis Sistem SCADA

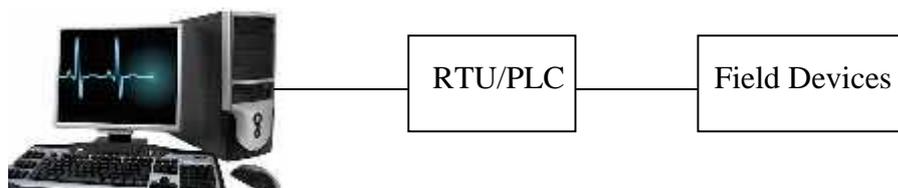
Menurut skala sistem keseluruhan, sistem SCADA dapat dibedakan menjadi :

1. SCADA Dasar

SCADA dasar ini umumnya hanya terdiri dari sebuah RTU/PLC saja yang digunakan untuk mengendalikan suatu *plant* dengan berbagai *field device*. Jumlah MTU yang digunakan juga hanya satu buah. Gambar 2.5 menunjukkan SCADA dasar.

Contoh :

- *Car manufacturing robot*
- *Room temperature control*
- *Water Level Control*



MTU

Gambar 2.5 SCADA Dasar

Sumber : Handy Wicaksono.2012.*SCADA Software Dengan Woderware InTouch*.

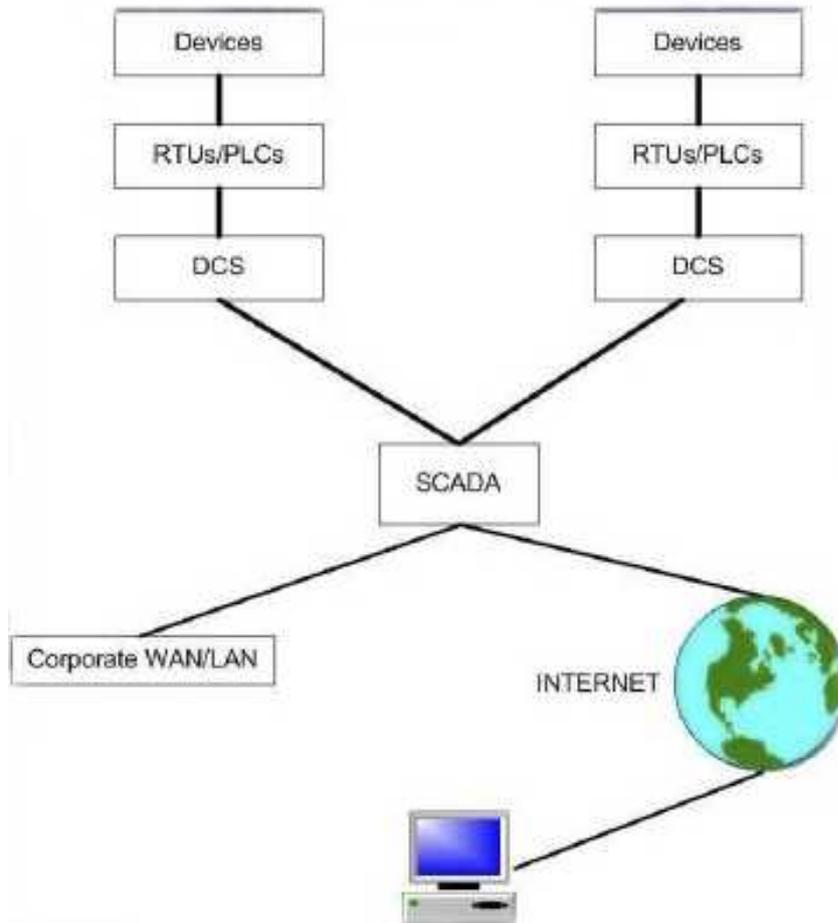
2. *Integrated* SCADA

Sistem ini terdiri dari beberapa PLC/RTU yang terhubung dengan beberapa *Distributed Control System* (DCS), namun hanya menggunakan 1 MTU. MTU ini dapat terhubung dengan komputer lain melalui LAN, WAN ataupun internet. Gambar 2.6 menunjukkan blok sederhananya.



Contoh :

- *Water systems*
- *Subway systems*
- *Security systems*



Gambar 2.6 *Integrated SCADA*

Sumber : Handy Wicaksono.2012..*SCADA Software Dengan Woderware InTouch.*

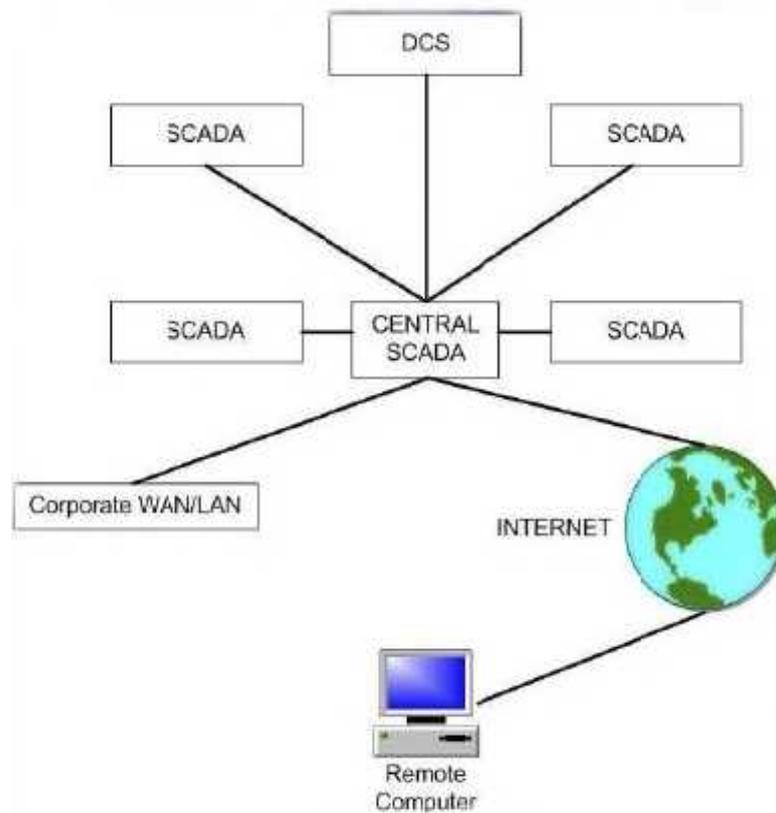


3. Networked SCADA

Sistem ini memiliki lebih dari 1 MTU yang saling terhubung. Ada 1 MTU pusat sebagai koordinator dari sistem – sistem yang lain. MTU pusat ini juga dapat terhubung dengan dunia luar melalui LAN, WAN, maupun internet. Blok sederhana dapat dilihat pada Gambar 2.7.

Contoh :

- *Power systems*
- *Communication systems*



Gambar 2.7 Networked SCADA

Sumber : Handy Wicaksono.2012.*SCADA Software Dengan Woderware InTouch.*



2.2 Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis *microprocessor* yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi – instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi – fungsi semisal logika, *sequencing*, pewaktu (*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmatika berguna mengontrol mesin – mesin dan proses – proses serta dirancang untuk dioperasikan oleh para insinyur yang hanya memiliki sedikit pengetahuan mengenai komputer dan bahasa pemrograman (Bolton, 2004 : 3). Sebagian besar industri telah menerapkan sistem otomatis dalam proses produksi. Pada umumnya sistem otomatis yang diterapkan terdiri dari atas dua metode yaitu otomatisasi berbasis control *relay* dan otomatisasi berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC). Otomatisasi berbasis *relay* banyak digunakan pada mesin – mesin yang memiliki urutan – urutan (*sekuens*) yang sederhana, sedangkan otomatisasi PLC dapat memiliki *sekuens* yang lebih kompleks dari *relay*. Otomatisasi berbasis PLC dapat diintegrasikan dengan sistem *monitoring*. Sistem *monitoring* berbasis PLC adalah suatu sistem yang berguna untuk mengontrol proses suatu kerja tertentu, dimana parameter atau *inputan* data diambil dan diolah oleh *Personal Computer* (PC) dan melalui sebuah program tertentu (Bolton, 2006 : 3).

Pada umumnya, sebuah sistem PLC memiliki lima komponen dasar, yaitu :

1. Unit *processor* atau *Central Processing Unit* (CPU) adalah unit yang berisi mikroprosesor yang menginterpretasikan sinyal – sinyal *input* dan melaksanakan pengontrolan, sesuai dengan program yang disimpan di dalam memori, lalu mengkomunikasikan keputusan – keputusan yang diambilnya sebagai sinyal – sinyal kontrol ke *interface output*.
2. Unit catu daya diperlukan untuk mengkonversi tegangan sumber menjadi tegangan rendah DC (5V dan 24V) yang dibutuhkan oleh *processor* dan rangkaian - rangkaian di dalam modul – modul antarmuka *input* dan *output*.
3. Perangkat pemrograman dipergunakan untuk memasukan program yang dibutuhkan ke dalam memori. PLC sekarang kebanyakan sudah menggunakan



program melalui *software* untuk memasukan program yang dibuat ke dalam PLC.

4. Unit memori adalah tempat program yang digunakan untuk melaksanakan tindakan - tindakan pengontrolan oleh mikroprosesor disimpan.
5. Bagian *input* dan *output* adalah antarmuka dimana *processor* menerima informasi dari dan mengkonsumsi informasi kontrol ke perangkat – perangkat eksternal. Sinyal – sinyal *input* dapat berasal dari saklar – saklar serta sensor – sensor. Ada dua tipe I/O pada PLC yaitu I/O *digital* dan I/O *analog*. Pada I/O *digital*, *input* dan *output* – nya dapat menerima dan menghasilkan sinyal *digital* yang berbentuk *biner* ‘1’ dan ‘0’ atau kondisi *on – off*. Sedangkan, pada I/O *analog*, *input* atau *output analog*nya dapat menerima dan menghasilkan sinyal *analog* yang tidak hanya *on – off* saja (Ahmad Fahlufi, 2010 : 18 – 19).

2.2.1 PLC Omron CPM1A 30 – CDR – A



Gambar 2.8 PLC Omron CPM1A 30 CDR A

Sumber : <http://www.terapeak.com/worth/new-omron-cpm1a-30cdr-a-v1-programmable-i-o-controller-100-240vac-module-din>, diakses pada tanggal 20 Mei 2016 pukul 21:15 WIB

Gambar 2.8 diatas adalah PLC Omron CPM1A 30 CDR A yang merupakan salah satu tipe dari dari PLC Omron CPM1A. PLC tipe ini memiliki 30 I/O terdiri dari 18 *input* dan 12 *output*, maksud dari DR – A yang tertera pada *body* PLC yaitu ‘D’ memiliki arti bahwa *output* dari PLC ini berupa tegangan DC, selanjutnya ‘R’



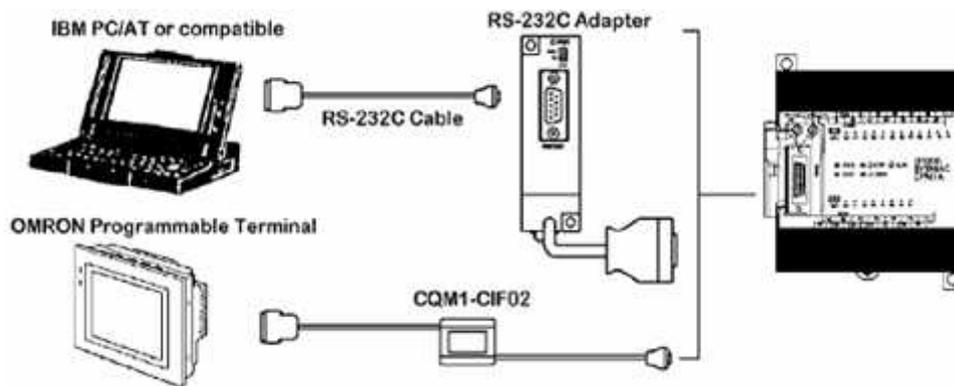
memiliki arti bahwa *output* dari PLC ini berupa *relay* dan yang terakhir yaitu 'A' memiliki arti bahwa *input* dari PLC ini berupa tegangan AC.

Berikut ciri – ciri dari PLC Omron CPM1A 30 CDR A :

1. PLC CPM1A 30 CDR A bisa dihubungkan dengan tambahan 3 *Expansion*, untuk masing – masing *expansion* dapat ditambahkan 8 atau 100 I/O.
2. PLC CPM1A 30 CDR A ini dilengkapi dengan fungsi *filter* untuk mencegah operasi yang salah disebabkan oleh *noise* pada sinyal masukan.
3. Murah nya biaya pemeliharaan.
4. PLC CPM1A 30 CDR A dapat menangani 4 interupsi *input*. Selain interupsi masukan normal, CPM1A memiliki *mode counter* yang dapat menghitung sinyal masukan kecepatan tinggi dan memicu interupsi pada kelipatan jumlah tetap.
5. Respon *input* cepat dapat mendeteksi sinyal *input* dengan lebar pulsa sekitar 0,2 ms. Respon *input* cepat dan interupsi *input* menggunakan terminal *input* yang sama.
6. PLC CPM1A 30 CDR A memiliki 2 kontrol *volume analog* yang dapat digunakan untuk membuat pengaturan *analog manual*.
7. Sampai 3 unit *analog I/O* dapat dihubungkan untuk memberikan *input analog* dan *output*. Setiap unit memberikan 2 *input analog* dan 1 *output analog*, sehingga maksimal 6 *input analog* dan 3 *output analog* dapat dicapai dengan menghubungkan 3 unit *analog I/O* (Sysmac CPM1A, Cat. No. W317 – E1 – 11).

2.2.2 *Host Link Communication*

Komunikasi serial pada PLC Omron CPM1A ini pada umumnya digunakan untuk komunikasi PLC dengan komputer ataupun dengan *touch screen* dari Omron juga. Ada 2 konfigurasi komunikasi antara PC – PLC yang digunakan, akan tetapi yang dibahas hanya 1 yaitu tipe komunikasi 1 – 1, seperti pada gambar 2.9 dibawah ini.

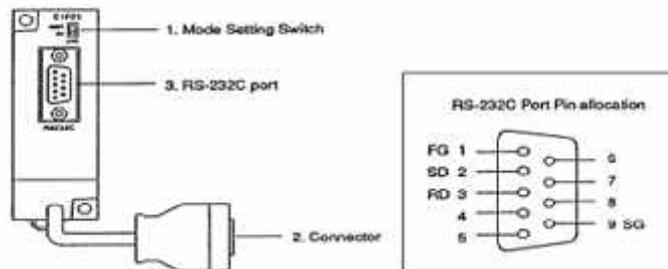


Gambar 2.9 Komunikasi PC – PLC Keseluruhan

Sumber : <https://learnautomation.files.wordpress.com/2009/05/picture11.png>, diakses pada tanggal 20 Mei 2016 pukul 21:45 WIB

Dari gambar 2.9 diatas, terlihat bahwa PLC Omron CPM 1A memerlukan modul komunikasi serial RS 232 (disebut CPM1 CIF – 01) untuk dapat berkomunikasi dengan *serial device* lainnya (PLC CPM1A *DataSheet*). Berikut gambar 2.10 yang merupakan tampilannya.

Communications Adapter Components
RS-232C Adapter



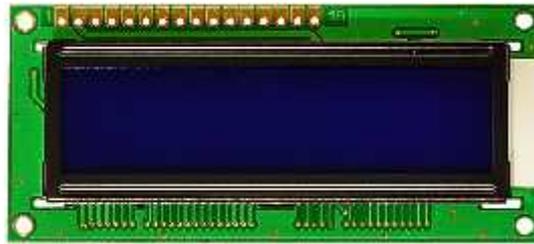
Gambar 2.10 RS 232C Adapter

Sumber : <https://learnautomation.files.wordpress.com/2009/05/picture2.png?w=625>, diakses pada tanggal 20 Mei 2016 pukul 21:45 WIB.



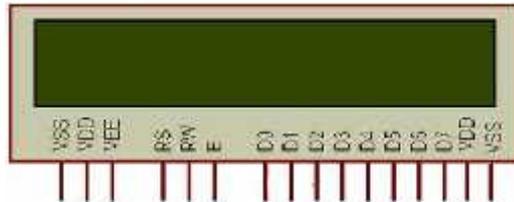
2.3 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Liquid Crystal Display (LCD) adalah komponen yang dapat menampilkan tulisan dengan memanfaatkan kristal cair, salah satu jenisnya adalah LCD 16 x 2 yang memiliki dua baris, setiap baris terdiri dari 16 karakter (Eko Saputro, 2016 : 41). Gambar LCD 16 x 2 dapat dilihat pada gambar 2.11 dan 2.12.



Gambar 2.11 LCD 16 x 2

Sumber : http://site.gravitech.us/MicroResearch/Others/LCD-16x2B/LCD-16x2B_2R.jpg, diakses pada tanggal 20 Mei 2016 pukul 22:00 WIB



Gambar 2.12 Skema LCD 16 x 2

Sumber : http://site.gravitech.us/MicroResearch/Others/LCD-16x2B/LCD-16x2B_2R.jpg, diakses pada tanggal 20 Mei 2016 pukul 22:00 WIB

LCD ini memiliki 16 *pin* dengan fungsi *pin* masing – masing diperlihatkan pada tabel 2.1.


Tabel 2.1 Fungsi Masing – Masing *Pin* LCD 16 x 2

No. <i>Pin</i>	Nama <i>Pin</i>	I/O	Keterangan
1	VSS	<i>Power</i>	Catu daya, <i>ground</i> (0V)
2	VDD	<i>Power</i>	Catu daya positif
3	VEE/VO	<i>Power</i>	Pengatur kontras, <i>pin</i> ini perlu dihubungkan dengan VSS dan VDD melalui trimpot 10k
4	RS	<i>Input</i>	<i>Register Select</i> RS = <i>HIGH</i> : untuk mengirim data RS = <i>LOW</i> : untuk mengirim instruksi
5	R/W	<i>Input</i>	<i>Read/Write control bus</i> R/W = <i>HIGH</i> : <i>mode</i> untuk membaca data di LCD R/W = <i>LOW</i> : <i>mode</i> penulisan ke LCD Dihubungkan ke <i>LOW</i> untuk mengirim data ke layar
6	E	<i>Input</i>	Data <i>enable</i> untuk mengontrol LCD
7	D0	<i>I/O</i>	Data
8	D1	<i>I/O</i>	Data
9	D2	<i>I/O</i>	Data
10	D3	<i>I/O</i>	Data
11	D4	<i>I/O</i>	Data
12	D5	<i>I/O</i>	Data
13	D6	<i>I/O</i>	Data
14	D7	<i>I/O</i>	Data



15	NC/A	Power	Catu daya layar, <i>positive</i> (<i>backlight</i>)
16	NC/K	Power	Catu daya layar, <i>negative</i> (<i>backlight</i>)

2.3.1 Prinsip Kerja LCD

Proses *display* karakter pada LCD diatur oleh pin E, RS dan RW. Jalur E dinamakan *enable*. Jalur ini digunakan untuk memberitahukan LCD bahwa sedang mengirimkan sebuah data. Untuk mengirimkan data ke LCD, maka melalui program, E harus dibuat logika *low* “0” dan kemudian *setting* pada dua jalur kontrol yang lain yaitu RS dan RW. Ketika dua jalur yang lain telah siap, *set* kaki E dengan logika “1” dan tunggu untuk beberapa waktu tertentu (sesuai dengan *datasheet* dari LCD tersebut) dan berikutnya set kaki E ke logika *low* “0” lagi.

Jalur RS adalah jalur *Register Select*. Ketika RS berlogika *low* “0”, data akan dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti *clear screen*, posisi kursor). Ketika RS berlogika *high* “1”, data yang dikirim adalah data *text* yang akan ditampilkan pada *display* LCD. Sebagai contoh, untuk menampilkan huruf “T” pada layar LCD maka RS harus diset logika *high* “1”. Jalur RW adalah jalur kontrol *Read/Write*. Ketika RW berlogika *low* “0”, maka informasi pada bus data akan dituliskan pada layar LCD. Ketika RW berlogika *high* “1”, maka program akan melakukan pembacaan memori dari LCD. Sedangkan pada aplikasi umum pin RW selalu diberi logika *low* “0”, hal ini dilakukan untuk men – *set* agar informasi selalu dituliskan ke LCD. Kemudian, *bus* data terdiri dari 4 atau 8 jalur (bergantung pada *mode* operasi yang dipilih oleh *user*). Pada kasus 8 bit jalur diacukan sebagai DB0 s/d DB7.



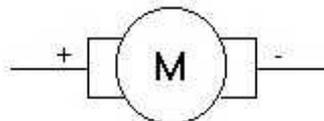
2.3.2 Register LCD

Pada LCD ini mempunyai dua buah *register* yaitu *register* perintah dan *register* data, yang aksesnya diatur dengan kaki RS. Pada saat RS berlogika 0, maka *register* yang diakses adalah *register* perintah dan pada saat RS berlogika 1, maka *register* yang diakses adalah *register* data (Venti Nuryati, 2010 : 23 – 24).

2.4 Motor DC (*Direct Current*)

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower* dan lain – lain.

Motor DC (*Direct Current*) adalah motor listrik yang memerlukan *supply* tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah – ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak – balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang biasa berputar berputar diantara kutub – kutub medan magnet permanen. Berikut simbol motor DC yang ditunjukkan pada gambar 2.13 (Ahmad Fahlufi, 2010 : 25).



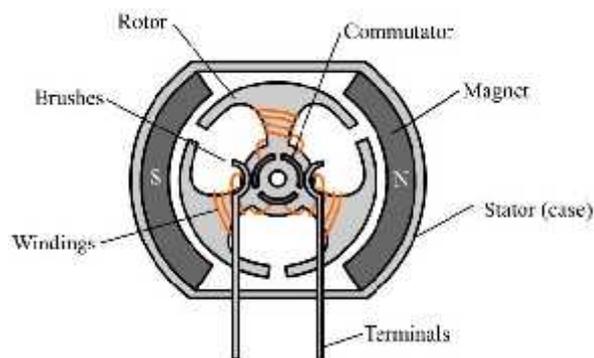
Gambar 2.13 Simbol Motor DC

Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/wp-content/uploads/2012/05/Simbol-Motor-DC.jpg>, diakses pada tanggal 21 Mei 2016 pukul 08:00 WIB



Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung (*direct-undirectional*). Motor DC memiliki 3 bagian atau komponen utama untuk dapat berputar. Yang ditunjukkan seperti gambar 2.14.

1. **Kutub medan.** Secara sederhana bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan *bearing* pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan yaitu kutub utara dan kutub selatan.
2. **Rotor.** Bila arus masuk menuju rotor (bagian motor yang bergerak), maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Rotor yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, rotor berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub – kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub – kutub utara dan selatan dinamo.
3. **Komutator.** Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikkan arah arus listrik dalam dinamo. *Commutator* juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya (Mohammad Hamdani, 2010 : 9 – 10).



Gambar 2.14 Bagian Motor DC (*Direct Current*)

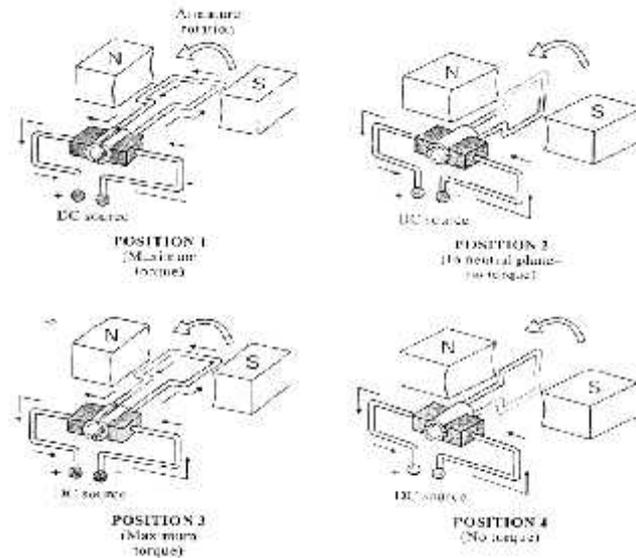
Sumber : http://artikel-teknologi.com/wp-content/uploads/2014/09/IMG_1822.jpg, diakses pada tanggal 21 Mei 2016 pukul 08:02 WIB



2.4.1 Prinsip kerja Motor DC

Arus mengalir melalui kumparan jangkar dari sumber tegangan DC, menyebabkan jangkar beraksi sebagai magnet. Gambar 2.15 menjelaskan prinsip kerja motor DC magnet permanent.

1. Pada posisi 1 arus elektron mengalir dari sikat negative menuju ke sikat positif. Akan timbul torsi yang menyebabkan jangkar berputar berlawanan arah jarum jam.
2. Ketika jangkar pada posisi 2, sikat terhubung dengan kedua segmen komutator. Aliran arus pada jangkar terputus sehingga tidak ada torsi yang dihasilkan. Tetapi, kelembaban menyebabkan jangkar tetap berputar melewati titik netral.
3. Pada posisi 3, letak sisi jangkar berkebalikan dari letak sisi jangkar pada posisi 1. Segmen komutator membalik arah arus elektron yang mengalir pada kumparan jangkar. Oleh karena itu arah arus yang mengalir pada kumparan jangkar sama dengan posisi 1. Torsi akan timbul yang menyebabkan jangkar tetap berputar berlawanan arah jarum jam.
4. Jangkar berada pada titik netral. Karena adanya kelembaman pada poros jangkar, maka jangkar berputar terus – menerus (muhammad zamroni, 2013 : 4 – 5).

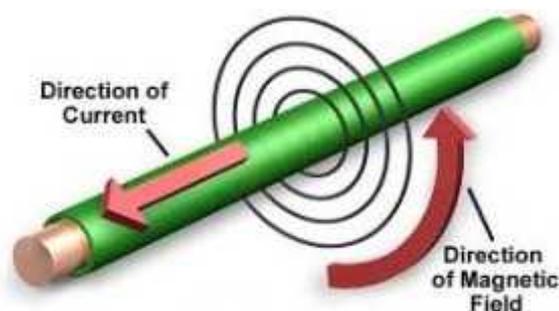


Gambar 2.15 Prinsip Kerja Motor DC

Sumber : <http://blogs.itb.ac.id/e12244k01122110/files/2013/04/prinsip-kerja-motor-DC.jpg>, diakses pada tanggal 21 Mei 2016 pukul 08:07 WIB.

Pada dasarnya, motor arus searah merupakan suatu transduser yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Proses konversi ini terjadi melalui medan magnet.

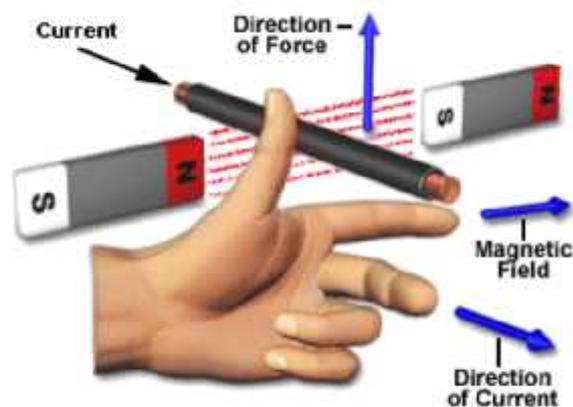
Ketika arus (I) melalui sebuah konduktor, akan dihasilkan garis – garis gaya magnet (*fluks*) B . Arah dari *fluks* bergantung pada arus yang mengalir atau dimana terjadi perbedaan potensial tegangan. Hubungan arah arus dan arah medan magnet ditunjukkan oleh gambar 2.16. Menggunakan kaidah tangan kanan dari gaya *lorentz*.



Gambar 2.16 Konduktor Yang Dilalui Arus Listrik



Berdasarkan aturan tangan kiri *Fleming*, ditunjukkan oleh gambar 2.17, ibu jari menunjukkan arah gerak, jari telunjuk menunjukkan arah medan, dan jari tengah menunjukkan arah arus. Jika sebuah kumparan yang dialiri arus listrik diletakkan disekitar medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen, maka pada penghantar tersebut akan mengalami gaya. Prinsip inilah kemudian yang digunakan pada motor (Denna maulana, 2012 : 4 – 5).



Gambar 2.17 Kaidah Tangan Kiri *Fleming*

Sumber : http://artikel-teknologi.com/wp-content/uploads/2014/09/IMG_2227.png, diakses pada tanggal 21 Mei 2016 pukul 10:00 WIB

Secara matematis, gaya *Lorentz* dapat dituliskan dengan persamaan :

$$\mathbf{F} = \mathbf{B} \mathbf{I} L$$

dengan :

- F = Gaya magnet pada sebuah arus (Newton)
- B = Medan magnet (Tesla)
- I = Arus yang mengalir (Ampere)
- L = Panjang konduktor (meter)



2.5 Relay

Relay adalah sebuah saklar *magnetic* yang biasanya menggunakan medan magnet atau menutup suatu kontak saklar pada saat *relay* dialiri arus listrik. Pada dasarnya *relay* terdiri dari sebuah lilitan kawat yang terlilit pada suatu inti besi dari besi lunak berubah menjadi magnet yang menarik atau menolak suatu pegas sehingga kontakpun menutup atau membuka. *Relay* mempunyai anak kontak yaitu NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). Cara kerja komponen ini dimulai pada saat mengalirnya arus listrik melalui koil, lalu membuat medan magnet sekitarnya merubah posisi saklar sehingga menghasilkan arus listrik yang lebih besar. Bentuk komponen *relay* dapat dilihat pada gambar 2.18 (K.B.A Walangare dkk, 2013 : 5 – 6).

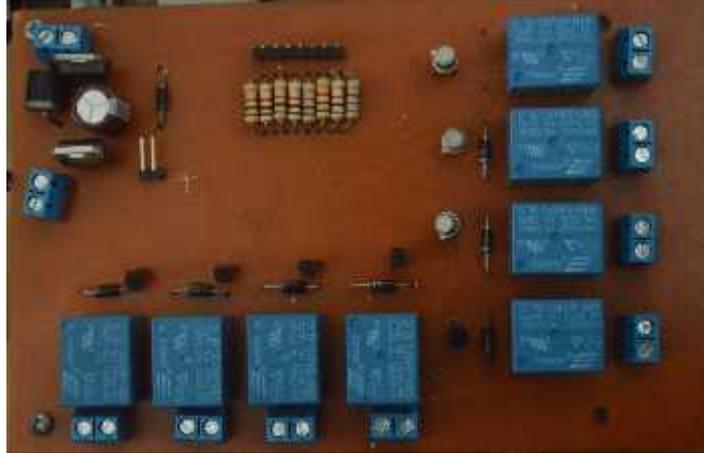


Gambar 2.18 Relay

Sumber : <http://img.fasttechcdn.com/145/1453707/1453707-3.jpg>, diakses pada tanggal 21 Mei 2016 pukul 11:00 WIB



2.5.1 *Driver Relay 8 Channel*

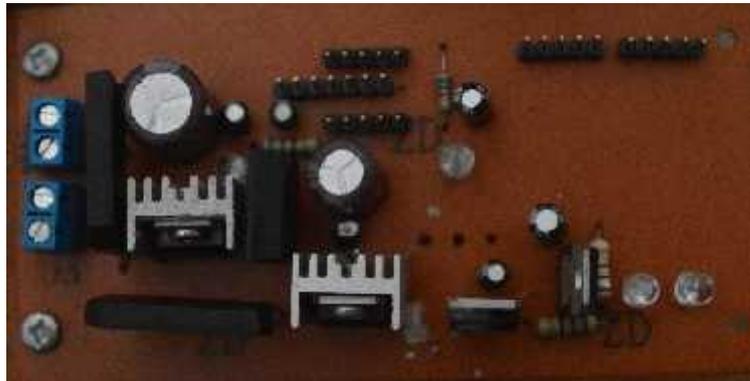


Gambar 2.19 Rangkaian *Driver Relay 8 Channel*

Gambar 2.19 diatas merupakan rangkaian *driver relay 8 channel* digunakan untuk menghubungkan *pin mikrokontroler* sebagai *controller* dengan *hardware* luar berupa pengaktifan *relay*. *Driver relay 8 channel* ini nantinya akan menyalakan atau mematikan PLC sesuai dengan perintah yang diberikan oleh *controller* (Syukron Makmun, 2010 : 24).

2.6 *Power Supply*

Power Supply adalah referensi ke sumber daya listrik. Perangkat atau sistem yang memasok listrik atau jenis energi ke output beban atau kelompok beban disebut *power supply* unit atau PSU. Perangkat elektronika mestinya dicatu oleh *supply* arus searah DC (*Direct Current*) yang stabil agar dapat bekerja dengan baik. Baterai adalah sumber catu daya DC yang paling baik. Namun untuk aplikasi yang membutuhkan catu daya lebih besar, sumber dari baterai tidak cukup. Sumber catu daya yang besar adalah sumber bolak – bolak AC (*Alternating Current*) dari pembangkit tenaga listrik. Untuk itu diperlukan suatu perangkat catu daya yang dapat mengubah arus AC menjadi DC (Friedolin H.T, 2010 : 4). Gambar 2.20 dibawah ini adalah salah satu contoh dari *power supply*.



Gambar 2.20 *Power Supply*

2.7 Sensor

Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Variabel keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik disebut transduser. Dalam sistem ini yang digunakan adalah sensor suhu karena sistem ingin mengukur *temperature plant*. Sensor suhu adalah alat yang digunakan untuk mengubah besaran panas menjadi besaran listrik yang dapat dengan mudah dianalisis besarnya. Ada beberapa metode yang digunakan untuk membuat sensor ini, salah satunya dengan cara menggunakan material yang berubah hambatannya terhadap arus listrik sesuai dengan suhunya (Ahmad Zubaida, 2011 : 6).

2.7.1 Thermistor

Adalah salah satu jenis sensor suhu yang mempunyai koefisien *temperature* yang tinggi, dimana komponen ini dapat mengubah nilai resistansi karena adanya perubahan *temperature*.

Termistor dibedakan dalam 3 jenis, yaitu termistor yang mempunyai koefisien negatif, disebut NTC (*Negative Temperature Coefisient*), termistor yang mempunyai koefisien positif, disebut PTC (*Positive Temperature Coefisient*) dan termistor yang mempunyai tahanan kritis, yaitu CTR (*Critical Temperature Resistance*).



2.7.1.1 Karakteristik

Pada dasarnya, sensor PTC meningkatkan nilai resistansi nya, ketika suhu naik. Dari karakteristik ini, ada tiga karakteristik dapat dibuat, yang dijelaskan pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Karakteristik Sensor PTC

	Karakteristik Hambatan (Ω) – Suhu (°C)	Karakteristik Tegangan (Volt) – Arus (A)	Karakteristik Arus (A) - Waktu (s)
Karakteristik Dasar			
Hambatan (Ω) Saat Suhu 25 C			
Suhu Lingkungan (Ta)			
Ciri – ciri	Perubahan suhu bisa terdeteksi karena hambatan dari PTC berubah oleh suhu lingkungan	Karakteristik ini menunjukkan hubungan antara percobaan tegangan dan kestabilan arus, ketika thermistor melakukan pemanasan sendiri sama panas radiasi oleh termistor keluar (keadaan keseimbangan). Setiap grafik di atas terdiri dari area hambatan konstan	Karakteristik ini menunjukkan hubungan antara arus dan waktu keseimbangan yang dicapai antara pemanasan sendiri dan panas disipasi bawah tegangan.



		, titik arus maksimum dan daerah daya konstan.	
Fungsi dan Aplikasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pendeteksi suhu, penggantian suhu. 2. Perlindungan panas berlebih pada peralatan listrik, perangkat listrik, perangkat <i>heater</i>, <i>power supply</i>. IC Power / FET 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kontrol arus, perlindungan arus berlebih. 2. Pemanas suhu konstan 3. Elemen detektor menggunakan perubahan faktor disipasi panas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elemen motor starter (Motor starter relay). 2. Elemen waktu tunda

2.7.1.2 PTC



Gambar 2.21 Sensor PTC

Sumber : <http://circuiteasy.com/component/sensor/PTC%20Thermistor.jpg>, diakses pada tanggal 21 Mei 2016 pukul 11:17 WIB

Gambar 2.21 diatas merupakan contoh sensor PTC yang digunakan. Sensor PTC adalah jenis resistor non linier yang nilai resistansinya terpengaruh oleh perubahan suhu. Makin tinggi suhu yang mempengaruhi makin besar nilai resistansinya. PTC merupakan resistor dengan koefisien positif. dalam hal ini, termistor PTC berbeda dengan thermistor NTC, antara lain:

1. Koefisien temperatur dari thermistor PTC bernilai positif hanya dalam interfal temperatur tertentu, sehingga diluar interval tersebut akan bernilai nol atau negatif.
2. Harga mutlak dan koefisien temperatur dari termistor PTC jauh lebih besar dari pada thermistor NTC (*datasheet* sensor PTC).



Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung naiknya nilai resistansi dari sensor PTC terhadap kenaikan suhu :

$$R = \frac{V}{I}$$

Keterangan :

R = Resistansi (Ω)

V = Tegangan (Volt)

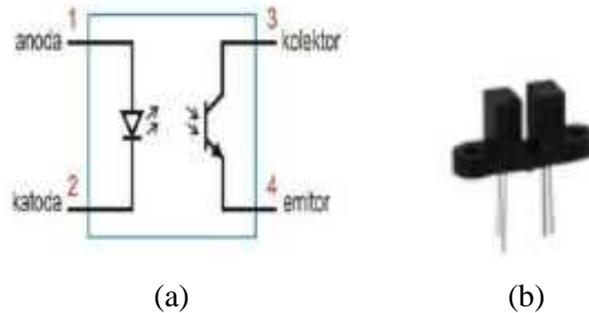
I = Arus (A)

2.7.2 Sensor *Optocoupler*

Optocoupler adalah piranti elektronika yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu *on – off*. *Opto* berarti optik dan *coupler* berarti pemicu. Jadi dapat diartikan bahwa *optocoupler* merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan pemicu cahaya optik, yang terdiri dari dua bagian yaitu *transmitter* dan *reciever*.

1. *Transmitter* dibangun dari sebuah LED inframerah yang cahayanya tidak terlihat oleh mata telanjang. Jika dibandingkan dengan menggunakan LED biasa, LED inframerah memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap sinyal tampak.
2. *Reciever* dibangun dari sebuah phototransistor yaitu suatu transistor yang peka terhadap tenaga cahaya. Spektrum inframerah yang merupakan sumber cahaya menghasilkan energi panas yang lebih besar dari cahaya tampak.

Dasar rangkaian ditunjukkan pada gambar 2.22a, bentuk fisiknya ditunjukkan pada gambar 2.22b dan modul sensor *optocoupler* ditunjukkan pada gambar 2.23.



Gambar 2.22 (a) Rangkaian Dasar *Optocoupler*
(b) Bentuk Fisik *Optocoupler*

Sumber : teknikelektronika.com/wp-content/uploads/2014/10/Simbol-dan-Bentuk-Optocoupler.jpg, diakses pada tanggal 27 Mei 2016 pukul 12:09 WIB



Gambar 2.23 Modul Sensor *Optocoupler*

Sumber : https://s1.bukalapak.com/img/667942971/medium/Modul_Infrared.jpg, diakses pada tanggal 27 Mei 2016 pukul 12:17 WIB

2.7.2.1 Prinsip Kerja *Optocoupler*

- Jika antara *phototransistor* dan LED
- Terhalang maka *phototransistor* tersebut akan *off* sehingga keluaran dari kolektor akan berlogika *high*.
- Sebaliknya jika antara *phototransistor* dan LED tidak terhalang maka *phototransistor* tersebut akan *on* sehingga keluarannya akan berlogika *low* (Mery Subito, 2012 : 185).



Untuk mengubah data pulsa yang dibaca oleh modul sensor *optocoupler* yang berguna sebagai sensor kecepatan dengan satuan adalah RPM, digunakan rumus sebagai berikut (Yudi Andriana, 2002) :

$$R_i = \frac{f \times 60}{4}$$

Keterangan : f = Frekuensi (Hz)
 60 = Dalam satuan per menit = 60 detik
 4 = Banyaknya lubang pada piringan motor

2.8 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan papan mikrokontroler berbasis ATmega2560 (*datasheet* ATmega2560). Arduino Mega2560 memiliki 54 pin digital *input/output*, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai *input* analog, dan 4 pin sebagai UART (*port serial hardware*), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, *jack power*, *header ICSP*, dan tombol *reset*. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau *power* dihubungkan dengan *adaptor* AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya. Arduino Mega2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega. Adapun spesifikasi dari mikrokontroler ATMega 2560 ini adalah sebagai berikut :

- a. Saluran I/O sebanyak 54 buah yaitu *port A*, *port B*, *port C*, dan *port D*
- b. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
- c. 13µs - 260µs Waktu konversi
- d. Kecepatan transfer data sampai 400 kHz
- e. 16 MHz kristal osilator
- f. 15 *pin* sebagai *output* PWM
- g. 16 *pin* sebagai *input* analog
- h. 4 *pin* sebagai UART (*port serial hardware*)
- i. Koneksi USB



- j. Tegangan Operasi 5V
- k. *Input Voltage* (disarankan) 7-12V
- l. Arus DC per pin I/O 40 mA
- m. *Flash Memory* 256 KB (8 KB digunakan untuk *bootloader*)
- n. SRAM 8 KB
- o. EEPROM 4 KB
- p. *Clock Speed* 16 MHz

Papan Arduino ATmega 2560 dapat beroperasi dengan pasokan daya eksternal 6 Volt sampai 20 volt. Jika diberi tegangan kurang dari 7 Volt, maka *pin* 5 Volt mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 Volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Volt. Gambar 2.24 dibawah ini merupakan *board* arduino mega 2560 R3



Gambar 2.24 Arduino Mega 2560 R3

Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino adalah sebagai berikut :

1. **VIN** : Adalah *input* tegangan untuk papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal. Dan dapat memberikan tegangan melalui *pin* ini, atau jika memasok tegangan untuk papan melalui *jack power*, bisa mengakses/mengambil tegangan melalui *pin* ini.
2. **5V** : Sebuah *pin* yang mengeluarkan tegangan 5 Volt, dari *pin* ini tegangan sudah diatur dari *regulator* yang tersedia (*built-in*) pada papan. Arduino



dapat diaktifkan dengan sumber daya baik berasal dari *jack power* DC (7-12 Volt), konektor usb (5 Volt), atau VIN pada *board* (7-12 Volt).

3. **3V3** : Sebuah *pin* yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh *regulator* yang terdapat pada papan (*on-board*). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
4. **GND** : *Pin Ground* atau Massa.
5. **IOREF** : *Pin* ini pada papan Arduino berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada mikrokontroler. Sebuah perisai (*shield*) dikonfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan IOREF dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan penerjemah tegangan pada *output* untuk bekerja pada tegangan 5 Volt atau 3,3 Volt (Arrosyiqu Bik, 2016 : 44-48).

