

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Untuk memudahkan dalam memahami cara kerja rangkaian maupun dasar-dasar perencanaan dari sistem yang dibuat, maka perlu adanya penjelasan dan uraian mengenai teori penunjang yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini.

Teori penunjang yang akan dijelaskan dalam bab ini adalah:

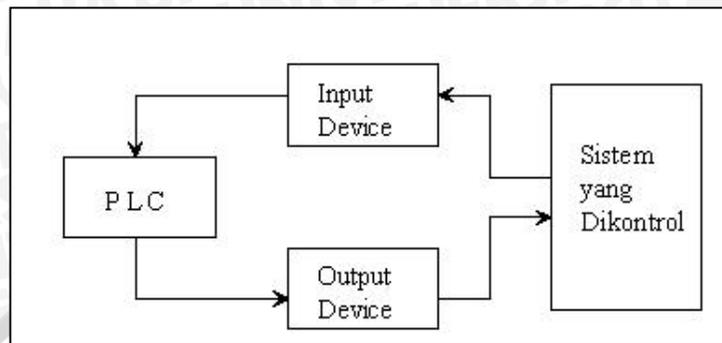
- *Programmable Logic Controller ( PLC )*
- *Sensor Water Level*
- *Solenoid Valve*
- *Relay*
- Model Matematis Pengosongan Tangki Air

#### 2.1 *Programmable Logic Controller ( PLC )*

*Programmable Logic Controller (PLC)* kali pertama diperkenalkan pada tahun 1969 oleh Hydramatic Division-General Motors Corp. untuk menggantikan sistem kawalan menggunakan *relay*. Pada mulanya biaya bagi penggunaan PLC sebagai pengganti sistem *relay* agak tinggi. Walau bagaimanapun, PLC sangat sesuai di dalam berbagai proses perancangan industri karena biaya perawatan dan biaya pemasangan dapat disesuaikan dengan keperluan. PLC menawarkan berbagai kemudahan yang tidak ditemui dalam komputer dan sistem kawalan lainnya (Al-Khudairy et al. 1998). Penggunaan PLC diutamakan pada aplikasi sistem otomatis dan proses kawalan yang berulang (Chirn & McFarlane 2000).

PLC adalah suatu peranti elektronik yang dapat dirancang agar dapat beroperasi secara digital dengan menggunakan memori sebagai media penyimpanan instruksi untuk menjalankan fungsi-fungsi logika, seperti fungsi pencacah, fungsi urutan proses, fungsi pewaktu, fungsi aritmatika, dan fungsi lain yang dapat diprogram. Pembuatan program dapat dilakukan dengan 2 (dua) cara yaitu melalui PLC langsung dan melalui komputer. Bila program dibuat melalui komputer, maka perlu dipindahkan ke PLC untuk dapat dijalankan. Jika sudah selesai, program dapat ditranfer ke PLC dan siap dijalankan.

Pada prinsipnya, sebuah PLC bekerja dengan cara menerima data dari peralatan *input* luar atau "*Input Device*", yang dijelaskan dalam Gambar 2.1

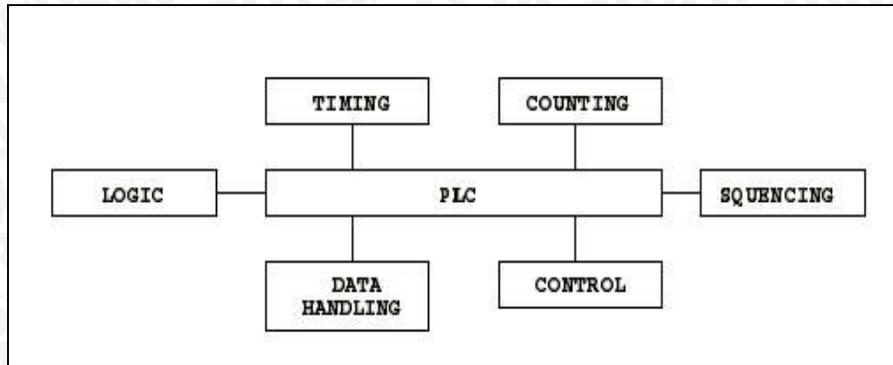


**Gambar 2.1** Diagram blok prinsip kerja PLC

Sumber : Omron, 1993:22

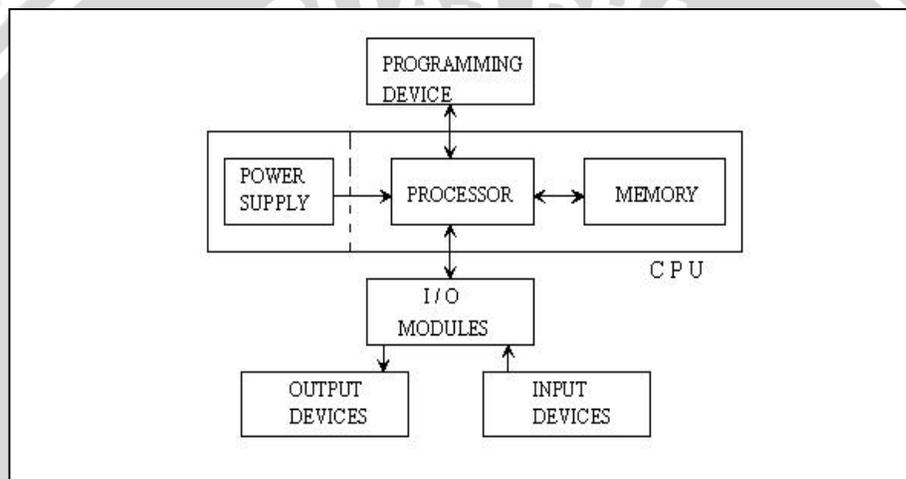
Peralatan *input* dapat berupa sakelar, tombol, sensor, dan peralatan lainnya. Data-data yang masuk dari peralatan *input* ini berupa sinyal-sinyal analog. Oleh modul *input* sinyal-sinyal yang masuk diubah menjadi sinyal-sinyal digital. Kemudian, oleh unit pemroses pusat atau "*Centrall Processing Unit*" (CPU) yang ada didalam PLC ditetapkan di dalam ingatan memorinya. Selanjutnya, CPU mengambil keputusan-keputusan tersebut kemudian dipindahkan ke modul *output* masih dalam bentuk digital. Oleh modul *output* sinyal-sinyal ini diubah kembali menjadi sinyal-sinyal analog. Sinyal-sinyal analog inilah yang nantinya menggerakkan peralatan *output* atau "*Output Device*" yang dapat berupa kontaktor-kontaktur ataupun *relay-relay*. "*Output Device*" inilah yang nantinya akan mengoperasikan sistem atau pengontrol proses.

Berdasarkan pada standar yang dikeluarkan oleh *National Electrical Manufactures Association* (NEMA) ICS3-1978 Part. ICS3-304, PLC didefinisikan bahwa "PLC adalah suatu peralatan elektronik yang bekerja secara digital, memiliki memori yang dapat diprogram, menyimpan perintah-perintah untuk melakukan fungsi-fungsi khusus, seperti *logic*, *sequencing*, *timing*, *counting*, dan aritmatika untuk mengontrol berbagai jenis mesin atau proses melalui analog atau digital *input/output modules*". Gambar 2.2 merupakan gambar fungsi PLC, sedangkan Gambar 2.3 merupakan gambar arsitektur PLC.



Gambar 2.2 Fungsi PLC

Sumber : Omron, 1993:13



Gambar 2.3 Arsitektur PLC

Sumber : Omron, 1993:15

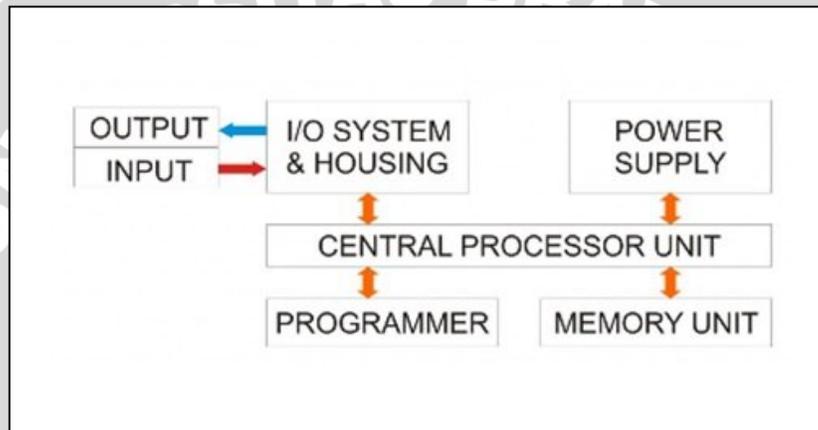
### 2.1.1 Keuntungan dari Penggunaan PLC dalam Otomatisasi

1. Waktu implementasi proyek dipersingkat.
2. Modifikasi lebih mudah tanpa biaya tambahan.
3. Biaya proyek dapat dikalkulasi dengan akurat.
4. *Training* penguasaan teknik lebih cepat.
5. Perancangan dengan mudah diubah dengan *software*, perubahan dan penambahan dapat dilakukan pada *software*.
6. Aplikasi kontrol yang luas.
7. *Maintenance* yang mudah. Indikator *input* dan *output* dengan cepat mudah dapat diketahui pada sebuah sistem. Konfigurasi *output* dengan tipe *relay plug in*.

8. Keandalan tinggi.
9. Perangkat kontroler standar.
10. Dapat menerima kondisi lingkungan industri yang berat.

### 2.1.2 Komponen PLC

Pada umumnya, terdapat 5 (lima) komponen utama yang menyusun suatu PLC. Semua komponen tersebut harus ada untuk dapat menjalankan suatu PLC secara normal. Komponen-komponen utama dari suatu PLC, seperti terlihat dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Konfigurasi Komponen PLC

#### 2.1.2.1 Unit CPU (*Central Processing Unit*)

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

#### 2.1.2.2 Unit Memori

Secara fisik, memori ini berupa chip dan untuk pengaman dipasang baterai back-up pada PLC. Unit memori ini sendiri dapat dibedakan atas 2 jenis, yaitu :

- *Volatile Memory*, adalah suatu memori yang apabila sumber tegangannya dilepas maka data yang tersimpan akan hilang. Karena itu memori jenis ini

bukanlah media penyimpanan permanen. Untuk penyimpanan data dan program dalam jangka waktu yang lebih lama maka memori ini harus mendapat daya terus-menerus. Hal ini biasanya dilakukan dengan menggunakan baterai. Ada beberapa jenis memori volatil yaitu RAM (*Random Access Memory*), SRAM (*Static RAM*) dan DRAM (*Dynamics RAM*).

- *Non-Volatile Memory*, merupakan kebalikan *Volatile Memory* yaitu suatu memori yang meski sumber tegangan dilepas data yang tersimpan tidak akan hilang. Salah satu jenis memori ini adalah ROM (*Read Only Memory*). Memori jenis ini hanya dapat dibaca saja dan tidak dapat di tambah ataupun dirubah. Isi dari ROM berasal dari pabrik pembuatnya yang berupa sistem operasi dan terdiri dari program-program pokok yang diperlukan oleh sistem PLC. Untuk mengubah isi dari ROM maka diperlukan memori jenis : EPROM (*Erasable Programmable ROM*) yang dapat dihapus dengan mengekspos chip pada cahaya ultra violet pekat.

#### 2.1.2.3 Unit *Power Supply*

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

#### 2.1.2.4 Unit *Programmer*

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

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

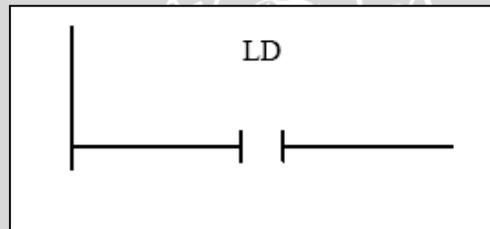
### 2.1.2.5 Unit *Input / Output*

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

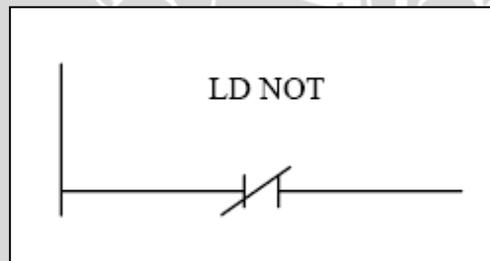
## 2.1.3 Instruksi Dasar PLC dalam *Ladder Diagram*

### 2.1.3.1 LD (*Load*) dan LD NOT (*Load Not*)

Simbol diagram *ladder* seperti terlihat dalam Gambar 2.5 dan Gambar 2.6.



Gambar 2.5 Load

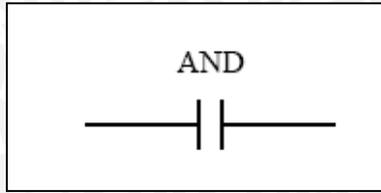


Gambar 2.6 Load Not

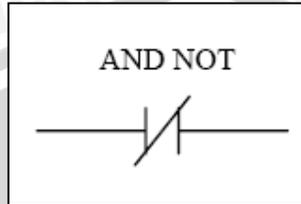
*Load* adalah sambungan langsung dari *line* dengan logika pensakelarnya seperti sakelar NO (*Normally Open*) sedangkan LD NOT logika pensakelarnya adalah seperti sakelar NC (*Normally Close*). Instruksi ini dibutuhkan jika urutan kerja pada suatu sistem kendali hanya membutuhkan satu kondisi *logic* saja untuk mengeluarkan satu keluaran.

### 2.1.3.2 AND dan AND NOT

Simbol diagram *ladder* seperti terlihat dalam Gambar 2.7 dan Gambar 2.8.



Gambar 2.7 And

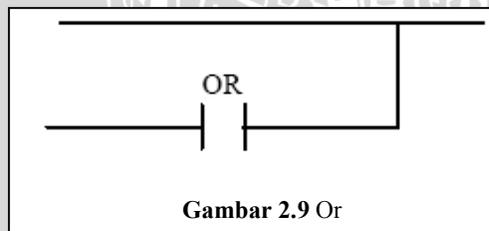


Gambar 2.8 And Not

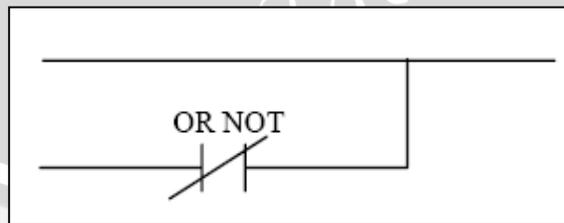
Apabila memasukkan logika AND maka harus ada rangkaian yang berada di depannya, karena penyambungannya seri. Logika pensakelarnya AND seperti sakelar NO dan AND NOT seperti sakelar NC. Instruksi tersebut dibutuhkan jika urutan kerja pada suatu sistem kendali membutuhkan lebih dari satu kondisi *logic* yang harus terpenuhi semuanya untuk memperoleh satu keluaran.

### 2.1.3.3 OR dan OR NOT

Simbol diagram *ladder* seperti terlihat dalam Gambar 2.9 dan Gambar 2.10.



Gambar 2.9 Or



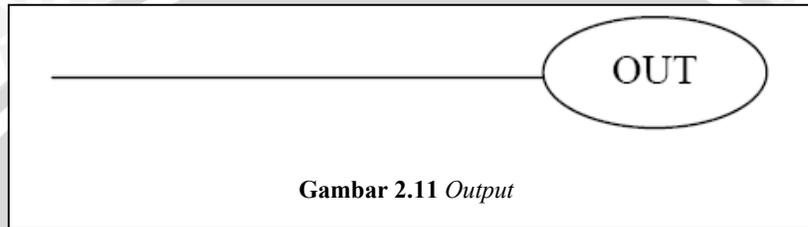
Gambar 2.10 Or Not

OR dan OR NOT dimasukkan seperti sakelar yang posisinya paralel dengan rangkaian sebelumnya. Instruksi tersebut dibutuhkan jika *sequence* pada

suatu sistem kendali membutuhkan salah satu saja dari beberapa kondisi *logic* yang terpasang paralel untuk mengeluarkan satu keluaran. Logika OR logika pensakelarnya adalah seperti sakelar NO dan OR NOT logika pensakelarnya seperti sakelar NC.

#### 2.1.3.4 OUTPUT

Simbol diagram *ladder* seperti terlihat dalam Gambar 2.11.

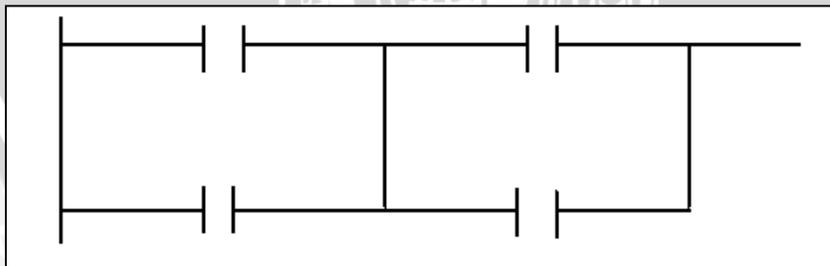


**Gambar 2.11** Output

*Output* digunakan sebagai keluaran dari beberapa instruksi yang terpasang sebelumnya yang telah membentuk suatu logika pengendalian tertentu. Logika pengendalian dari instruksi OUT sesuai dengan pemahaman pengendalian sistem PLC yang telah dibahas diatas dimana instruksi OUT ini sebagai koil *relay* yang mempunyai konak di luar perangkat lunak. Sehingga jika OUT memperoleh sinyal dari instruksi program yang terpasang maka kontak di luar perangkat lunak akan bekerja.

#### 2.1.3.5 AND LD (AND Load)

Simbol diagram *ladder* seperti terlihat dalam Gambar 2.12.

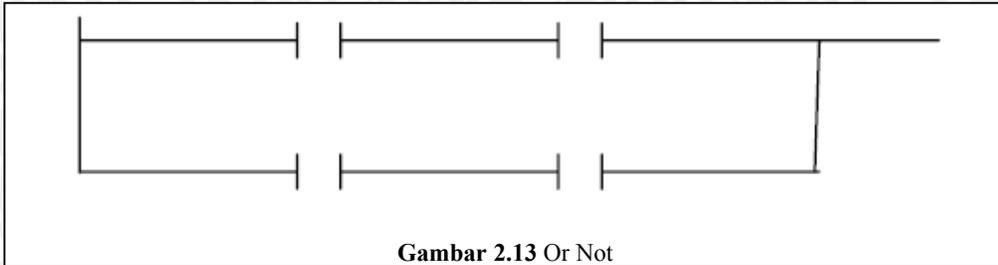


**Gambar 2.12** And Not

Penyambungan AND LD terlihat pada Gambar 2.12, dimaksudkan untuk mengeluarkan satu keluaran tertentu.

### 2.1.3.6 OR LD (OR Load)

Simbol diagram *ladder* seperti terlihat dalam Gambar 2.13.



**Gambar 2.13** Or Not

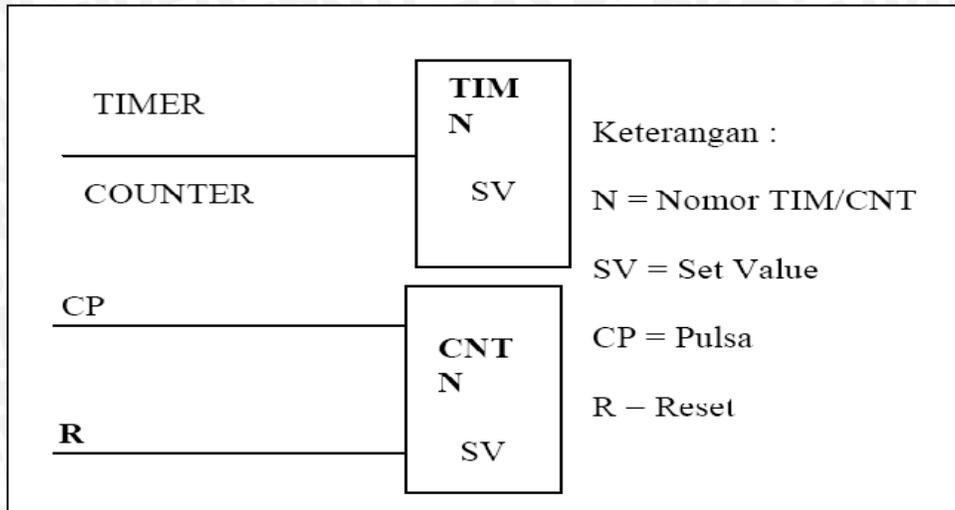
Sistem penyambungannya seperti Gambar 2.13 pada prinsipnya sama dengan AND NOT untuk memberikan keluaran sesuai dengan instruksi yang telah terpasang pada gambar tersebut.

### 2.1.3.7 TIMER (TIM) dan COUNTER (CNT)

*Timer/counter* pada PLC Omron jenis CPM 1A berjumlah 128 buah yang bernomor TC 000 sampai TC 127 (tergantung tipe PLC). Jika suatu nomor sudah dipakai sebagai *timer/counter*, maka nomor tersebut tidak boleh dipakai lagi sebagai *timer* ataupun *counter* yang lain.

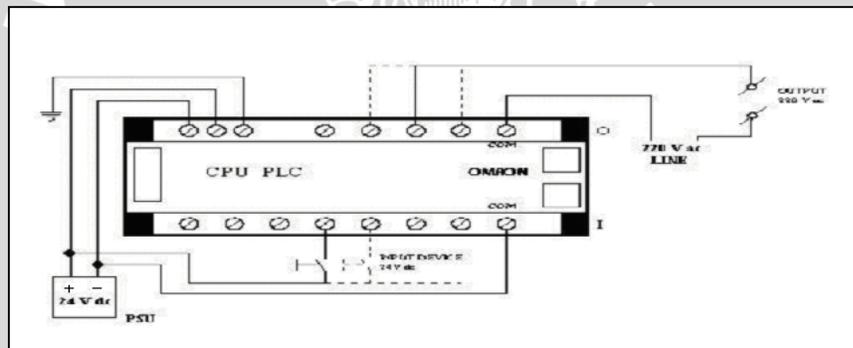
a) Nilai *timer/counter* pada PLC bersifat *countdown* (menghitung mundur) dari nilai awal yang ditetapkan oleh program. Setelah hitungan mundur tersebut mencapai angka nol, maka kontak NO *timer/counter* akan bekerja.

b) *Timer* mempunyai batas antara 0000 sampai dengan 9999 dalam bentuk BCD (*Binary Code Decimal*) dan dalam orde sampai 100 ms. *Counter* mempunyai orde angka BCD dan mempunyai batas antara 0000 sampai dengan 9999. Simbol diagram *ladder* seperti terlihat dalam Gambar 2.14



Gambar 2.14 Timer dan Counter

### 2.1.4 Pengawatan dan Bagian-bagian pada PLC



Gambar 2.15 Pengawatan PLC

Sumber : Omron, 1993:36

Dalam Gambar 2.15 diperlihatkan bahwa pada bus bar (jalur) input diberikan tegangan 24 V<sub>dc</sub>, dengan output tegangan 220 V<sub>ac</sub>. Tegangan input dan output tersebut dapat diganti besaran tegangannya atau jenis tegangannya (AC/DC), yang tentunya juga memerlukan sedikit tambahan komponen untuk mengubah tegangan I/O-nya.

### 2.1.5 Konsep Pembuatan Program dengan Diagram Tangga

Hubungan kontak-kontak diagram tangga yang ada dalam CPU PLC terangkai secara elektronik, sehingga tidak memerlukan kawat penghubung seperti pada rangkaian kontrol secara konvensional.

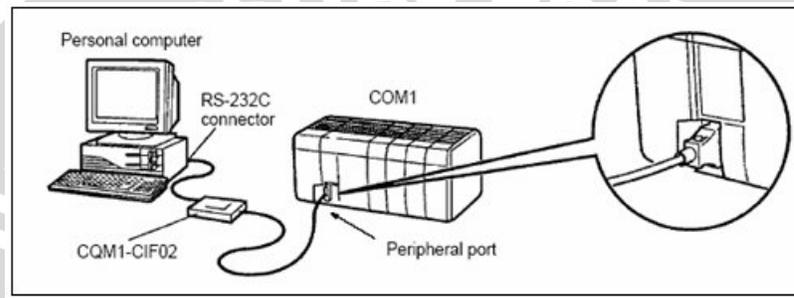
Adapun ketentuan-ketentuan dalam penyusunan rangkaian ke diagram tangga adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan rangkaian kontrol diusahakan untuk menggunakan kontak seminimum mungkin, sehingga efisiensi kerja dari PLC dapat ditingkatkan dan alamat-alamat serta data-data dalam register digunakan sehemat mungkin, sehingga tidak melebihi kapasitas memori yang telah ditetapkan.
2. Kondisi sinyal yang mengalir pada rangkaian logika PLC selalu datang dari arah kiri menuju ke arah kanan.
3. Tidak ada satu koil atau *relay output* yang dapat dihubungkan langsung pada busbar bagian kiri. Jika diperlukan *relay output* bekerja terus menerus, maka di antara busbar kiri dengan *output* diberi kontak NC dari internal *Auxiliary Relay* yang tidak digunakan.
4. Busbar sebelah kanan dari diagram tangga boleh tidak digambar, karena hubungan busbar tersebut telah tersambung secara otomatis pada PLC.
5. Semua *output* dilengkapi dengan kontak-kontak bantu yang dapat digunakan secara seri maupun paralel.
6. Jumlah kontak-kontak NO dan NC dapat dihubungkan secara seri maupun paralel dengan tak terbatas sesuai dengan kebutuhan.
7. Tidak ada kontak yang dapat diprogram atau disisipkan setelah *output* atau dengan kata lain antara *bus bar* sebelah kanan dan hasil *output* tidak boleh disisipi kontak.
8. Pengkodean nomor-nomor kontak dan nomor-nomor koil *output*, termasuk *timer*, *counter* dan lain-lain disesuaikan dengan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh pabriknya.
9. Sebuah *output* koil, termasuk *timer*, *counter* tidak dapat digunakan untuk lebih dari dari satu kali.
10. Dua atau lebih koil *output*, termasuk *timer*, *counter* dapat dihubungkan secara paralel.
11. Program rangkaian dieksekusi oleh CPU secara berurutan, mulai dari alamat yang pertama sampai dengan alamat yang terakhir pada program.

### 2.1.6 Penggunaan Program SYSWIN dan Hubungan dengan PC

SYSWIN adalah sebuah *software* untuk menuliskan program *ladder* dengan memberikan kemudahan dan lebih fleksibel kepada pemakai-pemakainya pada *software windows*.

CQM1 dapat dihubungkan dengan PC lewat kabel RS-232C seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.16. Setelah RS-232C terhubung dengan serial port PC (9 pin atau 24 pin adaptor), saat yang lain sudah terhubung bilamana kabel dari adaptor RS-232C dihubungkan ke CQM1. DIP *switch* dari adaptor harus di set pada kondisi Host selama berhubungan dengan PC.

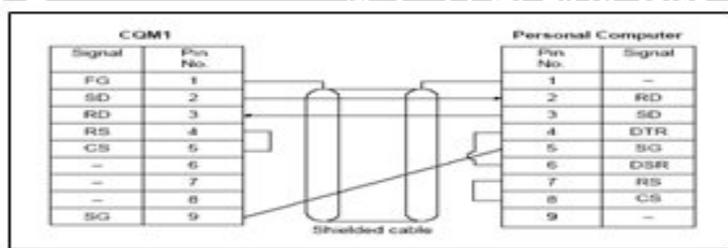


Gambar 2.16 Hubungan CQM1 dengan PC

Sumber : Omron, 1993:48

### 2.1.7 Konfigurasi Konektor RS-232C

Gambar 2.17 adalah gambar konfigurasi konektor RS-232C, dapat dilihat hubungan masing-masing pin antara PC dengan RS-23

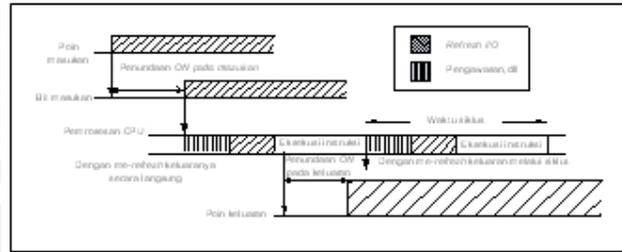


Gambar 2.17 Konfigurasi konektor RS-232C

Sumber : Omron, 1993:49

### 2.1.8 Waktu Respon Minimal

Respon CQM1 pada umumnya cepat pada saat menerima sinyal masukan hanya yang menuju sebelum fase *refresh* masukan pada siklus, seperti ditunjukkan ilustrasi dalam Gambar 2.18.



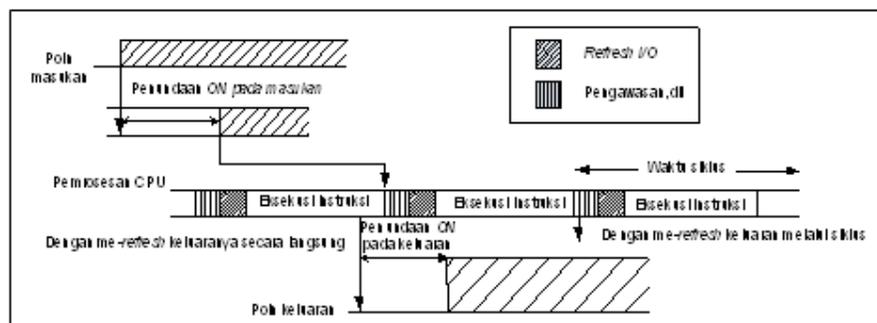
**Gambar 2.18** Rincian waktu minimal PLC CQM1

Sumber : Omron, 1993:321

- Saat me-*refresh* keluaran siklus digunakan :  
Waktu respon I/O minimal = waktu penundaan ON masukan + waktu pengawasan + waktu eksekusi instruksi + waktu penundaan ON keluaran
- Saat me-*refresh* keluaran secara langsung digunakan :  
Waktu respon I/O minimal = waktu penundaan ON masukan + waktu pengawasan + waktu penundaan ON keluaran

### 2.1.9 Waktu Respon Maksimal

CQM1 mengambil waktu paling panjang untuk merespon pada saat sinyal masukan hanya yang setelah fase *refresh* masukan dari siklus, seperti yang ditunjukkan oleh ilustrasi dalam Gambar 2.19.



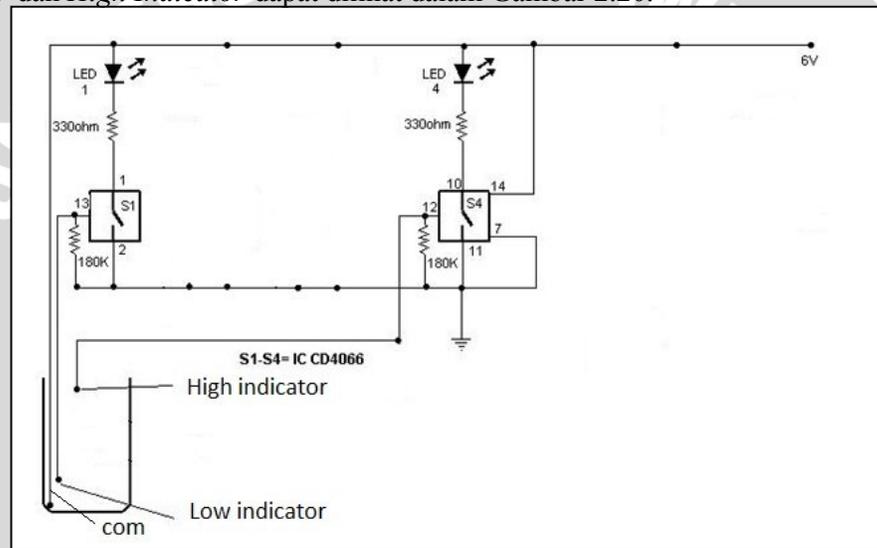
**Gambar 2.19** Rincian waktu maksimal PLC CQM1

Sumber : Omron, 1993:321

- Saat *me-refresh* keluaran melalui siklus digunakan :  
Waktu respon *I/O* minimal = waktu penundaan *ON* masukan + (waktu pengawasan+ waktu eksekusi instruksi) x 2 + waktu penundaan *ON* keluaran.
- Saat *me-refresh* keluaran secara langsung digunakan :  
Waktu respon *I/O* minimal = waktu penundaan *ON* masukan + waktu pengawasan + waktu eksekusi instruksi + waktu penundaan *ON* keluaran.

## 2.2 Sensor Water Level

Rangkaian sensor ketinggian yang digunakan untuk mendeteksi *low Indicator* dan *High Indicator* dapat dilihat dalam Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Sensor Ketinggian

Sensor ini bekerja untuk mendeteksi level ketinggian air yang digunakan sebagai *input* dari PLC. Ketika *input* rangkaian sensor tidak terhubung dengan air yang disambungkan dengan *com* maka keluaran dari IC CD 4066 akan berlogika *low* ( 0 volt) sedangkan ketika ada air yang mengenai *input* rangkaian sensor maka *output* dari IC TTL akan berlogika *high* (5 volt). Data sensor ini dikirim menuju rangkaian *switching* yang dialamatkan sebagai *input* dari PLC

## 2.3 Solenoid Valve

Valve berfungsi untuk mengatur atau mengendalikan katup yang akan bekerja menggerakkan aktuator. Secara tidak langsung, maka valve dapat

diandalkan untuk mengatur besar kecilnya *flow*, rendah tingginya level, rendah tingginya suatu objek baik temperatur ataupun tekanan. Contoh *solenoid valve* dapat dilihat dalam Gambar 2.21.

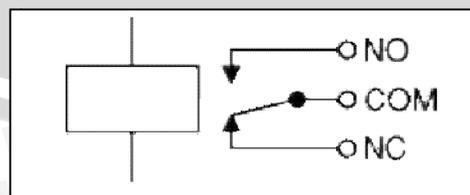


Gambar 2.21 solenoid valve

Ketika valve telah dipasang dalam suatu rangkaian pipa. Pada saat valve dibuka, fluida mengalir dan ketika valve ditutup maka fluida berhenti mengalir. Valve seperti ini bertugas menutup penuh (*fully closed*) ataupun membuka penuh (*fully opened*) suatu aliran. Karena tugasnya hanya untuk membuka atau menutup valve jenis ini dinamakan *ON/OFF valves* atau *Isolation valve*. Prinsip kerja untuk solenoid valve untuk membuka dan menutup valve menggunakan listrik dengan tegangan tertentu.

#### 2.4 Relay

*Relay* adalah suatu peranti yang menggunakan elektromagnet untuk mengoperasikan seperangkat kontak sakelar. Susunan paling sederhana terdiri dari kumparan kawat penghantar yang dililit pada inti besi. Bila kumparan ini dienergikan, medan magnet yang terbentuk menarik armatur berporos yang digunakan sebagai pengungkit mekanisme sakelar. Konfigurasi pin pada *relay* dapat dilihat dalam Gambar 2.22.

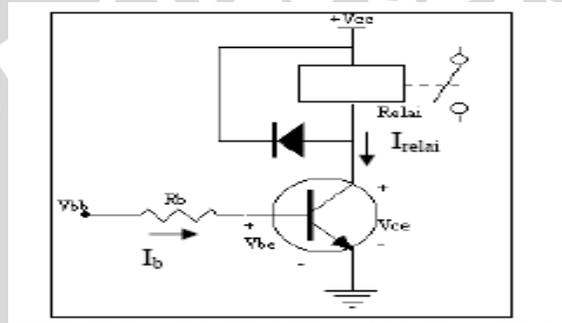


Gambar 2.22 Konfigurasi pin pada relay

Ada beberapa macam kaki – kaki pada *relay* yaitu *Normally Open* (NO), *Normally Close* (NC), dan *Common* (COM). *Normally Open* artinya hubungan

terbuka jika lilitan *relay* tidak diberi tegangan. *Normally Close* artinya hubungan tertutup jika lilitan *relay* tidak diberi tegangan. Keuntungan menggunakan *relay* adalah *relay* dapat menjadi saklar pada rangkaian AC dan DC, *relay* dapat menjadi saklar pada tegangan tinggi, *relay* dapat menjadi saklar pada arus besar (wito-chandra.blogspot.com.2009).

*Relay* pada prinsipnya sama dengan sebuah saklar yang diaktifkan dengan memberikan tegangan. Rangkaian yang umum digunakan adalah rangkaian *common emitter* dengan *relay* sebagai beban, seperti terlihat dalam Gambar 2.23



Gambar 2.23 Rangkaian Driver penggerak pompa