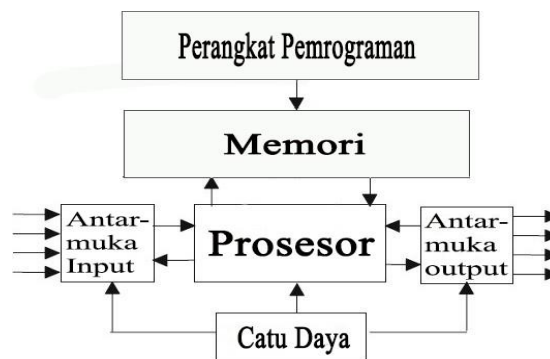


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Programmable Logic Controller (PLC)*

PLC (*Programmable Logic Controller*) merupakan pengontrol berbasis mikroprosesor yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi serta untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi logika, *sequencing*, perwaktuan (*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmatika dengan memanfaatkan memori. PLC di desain untuk mengontrol mesin atau proses secara otomatis [2]. Sistem PLC dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Sistem PLC

(Erlangga, 2003)

PLC serupa dengan komputer, hanya saja PLC lebih dioptimalkan untuk tugas pengontrolan dan pengoperasian yang ada di dalam lingkungan industri. Berikut ini adalah karakteristik PLC:

1. Kokoh dan dirancang untuk tahan terhadap getaran, suhu, kelembapan, serta kebisingan.
2. Antarmuka *input* dan *output* tersedia secara *built-in* di dalam PLC.
3. Bahasa pemrograman yang mudah dipahami, yang sebagian besarnya berkaitan dengan operasi logika dan penyambungan.

2.1.1 Hardware PLC

PLC pada umumnya memiliki lima komponen dasar, yaitu *central processing unit*, memori, unit catu daya, bagian antarmuka *input/output*, dan perangkat pemrograman [14].

1. *Central Processing Unit* (CPU) atau unit pengolahan pusat merupakan unit yang berisi mikroprosesor yang menginterpretasikan sinyal *input* dan melaksanakan tindakan pengontrolan sesuai dengan program yang tersimpan dalam memori. Kemudian tindakan yang telah diambil tersebut digunakan sebagai sinyal kontrol ke *output interface*. CPU merupakan otak dalam PLC, dimana program diolah sehingga sistem kontrol akan bekerja sesuai dengan yang telah diprogramkan.
2. Memori merupakan tempat penyimpanan program yang digunakan untuk melaksanakan pengontrolan oleh mikroprosesor.
3. Unit catu daya digunakan dalam konversi tegangan AC sumber menjadi tegangan DC (5V) yang dibutuhkan oleh *processor* dan rangkaian di dalam modul *input* dan *output interface*.
4. *Input* dan *output* adalah antarmuka di mana *processor* menerima informasi dan mengkomunikasikan informasi kontrol ke perangkat eksternal. *Input interface* bertujuan untuk melingungi CPU dari sinyal-sinyal yang tidak dikehendaki. *Output interface* digunakan untuk memberikan perlindungan antara CPU dengan piranti eksternal.
5. Perangkat pemrograman berfungsi dalam memasukkan program yang dibutuhkan ke dalam memori, mengedit program yang telah dimasukkan, dan melihat proses kerja PLC. Program tersebut dibuat dengan perangkat ini kemudian dipindahkan ke dalam unit memori PLC.

2.1.2 Prinsip Kerja PLC

Pada dasarnya, PLC bekerja apabila modul *input* menerima data berupa sinyal yang berasal dari perangkat *input* eksternal (*external input device*). Perangkat eksternal tersebut dapat berupa saklar, tombol, maupun sensor. Setelah menerima sinyal input dari perangkat eksternal, modul *input* A/D (*analog to*

digital input module) akan mengubah data-data masukan yang masih berupa sinyal analog menjadi sinyal digital. Kemudian CPU akan mengolah sinyal digital sesuai dengan program yang dibuat dan disimpan di dalam memori lalu mengambil keputusan dan memberikan perintah melalui modul *output* dengan bentuk sinyal digital. Kemudian pengoperasian sistem proses kerja yang dikontrol akan dilakukan secara otomatis oleh modul *output D/A (digital to analog module)* dari sistem yang terkontrol seperti *relay* dan motor [3].

2.1.3 PLC Omron CP1L-M30DR-A

PLC ini merupakan jenis dari PLC Omron seri CP1L. Penerapan dari PLC jenis ini dapat dilihat pada penggerak mekanisme alat industri, alat rumah tangga, dan juga tugas teknik lainnya yang bersifat logika elektronika.

Arti dari M30 pada PLC ini merupakan jumlah *input* dan *output* yang terdapat pada PLC. PLC Omron CP1L-M30 DR-A memiliki I/O berjumlah 30, yaitu 24 *input* dan 16 *output*. Pada *input* PLC, tegangan kerja minimumnya adalah 5 VDC dan tegangan kerja maksimumnya adalah 24 VDC. Pada masing-masing *output* PLC terdapat *internal relay* yang memiliki maksimum arus kerja sebesar 10A. PLC Omron seri CP1L bekerja dengan tegangan yang dapat diubah dari 100 VAC sampai dengan 240 VAC. Gambar PLC Omron CP1L-M30 DR-A dapat dilihat pada gambar 2.2.

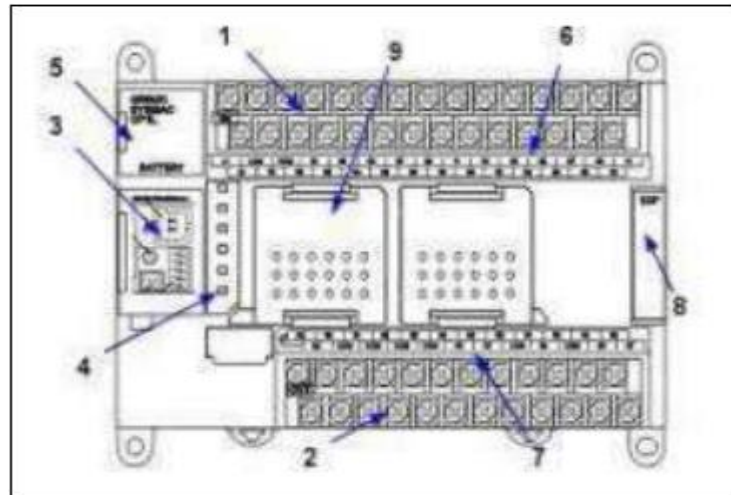


Gambar 2.2 PLC Omron CP1L-M30 DR-A

(Mochammad Fauzi, 2016)

2.1.4 Bagian-Bagian Umum PLC OMRON CP1L

Bagian-bagian umum dari PLC Omron CP1L dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Bagian-bagian Umum PLC OMRON CP1L

(Mochammad Fauzi, 2016)

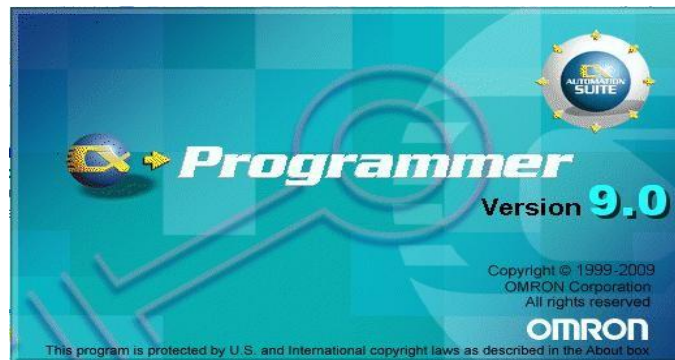
Berikut ini adalah bagian-bagian dari PLC OMRON CP1L

1. Blok *power supply*, *ground*, dan *input terminal*
2. Blok eksternal *power supply* dan *output terminal*
3. *Peripheral USB port*. Bagian ini berfungsi untuk menghubungkan perangkat PLC dengan komputer. Komputer digunakan untuk memprogram dan memantau jalannya program.
4. *Operation indicator*. Bagian ini berfungsi dalam mengidentifikasi status operasi dari CP1L yang diantaranya *power status*, mode operasi, *errors*, dan komunikasi USB.
5. Baterai. Bagian ini berfungsi untuk mempertahankan *internal clock* dan isi RAM ketika *supply* dalam keadaan *OFF*.
6. *Input indicator*. *Input indicator* hanya menyala ketika kontak terminal *input* dalam kondisi menyala.
7. *Output indicator*. *Output indicator* hanya menyala jika kontak terminal *output* dalam kondisi menyala.

8. *Expansion I/O unit connector*. Bagian ini digunakan untuk menambah *input/ output* PLC.
9. *Option board slot*. Bagian ini digunakan untuk menginstal RS-232C.

2.1.5 CX-Programmer

CX-Programmer merupakan *software* khusus untuk memprogram PLC buatan OMRON dan salah satu bagian dari CX-One. Dengan menggunakan *software* ini, kita dapat memprogram bermacam-macam PLC buatan omron. Pada *software* ini, *ladder* dapat disimulasikan tanpa harus terhubung dengan PLC dan juga dapat dihubungkan dengan HMI PLC Omron yang dibuat dengan menggunakan CX-Designer. Gambar 2.4 menunjukkan CX-Programmer versi 9.0 Omron.



Gambar 2.4 CX-Programmer Version 9.0 Omron
(Ade Saputra, 2019)

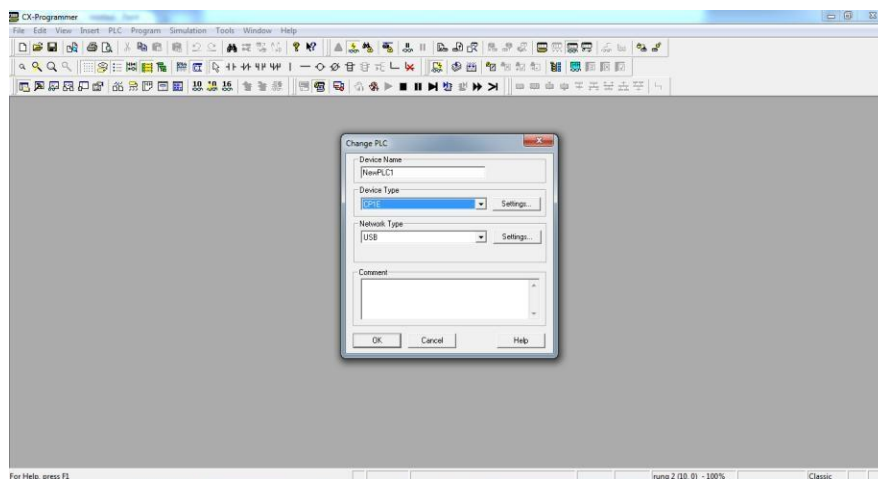
CX-Programmer beroperasi di bawah sistem operasi Windows. Untuk menjalankan *software* program aplikasi, membuat *file*, menyimpan *file*, mencetak *file*, menutup *file*, membuka *file*, dan menutup *software* program serupa dengan sistem operasi Windows.

Ada beberapa persyaratan minimum yang harus dipenuhi untuk bisa mengoperasikan CX Programmer secara optimal yaitu:

- Komputer IBM PC/AT kompatibel
- CPU Pentium I minimal 133 MHz

- RAM 32 Mega bytes
- *Hard disk* dengan ruang kosong kurang lebih 100 MB
- *Monitor SVGA* dengan resolusi 800 x 600

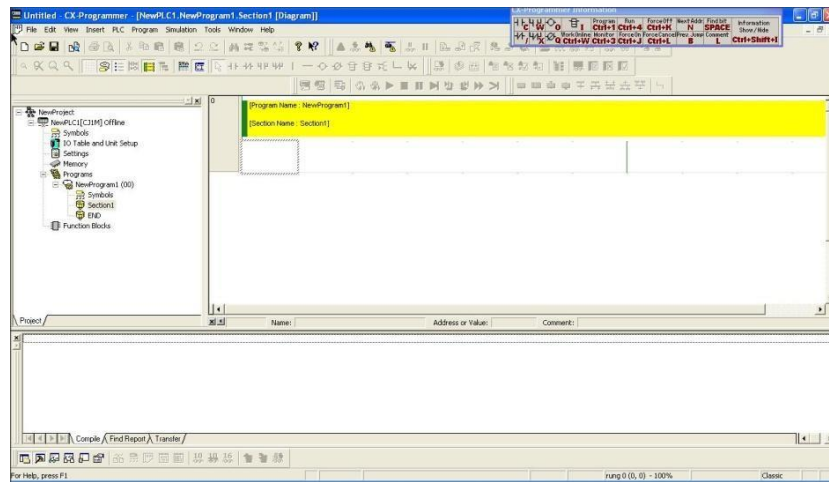
Untuk menjalankan CX-Programmer langkah awal yang harus dilakukan adalah mengklik *file* pada menu, lalu klik *new*, atau dengan mengklik gambar kertas putih pada *toolbar* untuk memulai *new project*. Untuk membuka *file project* yang telah dibuat sebelumnya, klik *file* pada menu lalu klik *open* atau bisa juga dengan mengklik gambar yang ada di samping gambar kertas putih. Setelah itu akan muncul tampilan seperti pada gambar 2.5 berikut ini:



Gambar 2.5 Tampilan Pemilihan *Device PLC* Pada Program

(Ade Saputra, 2019)

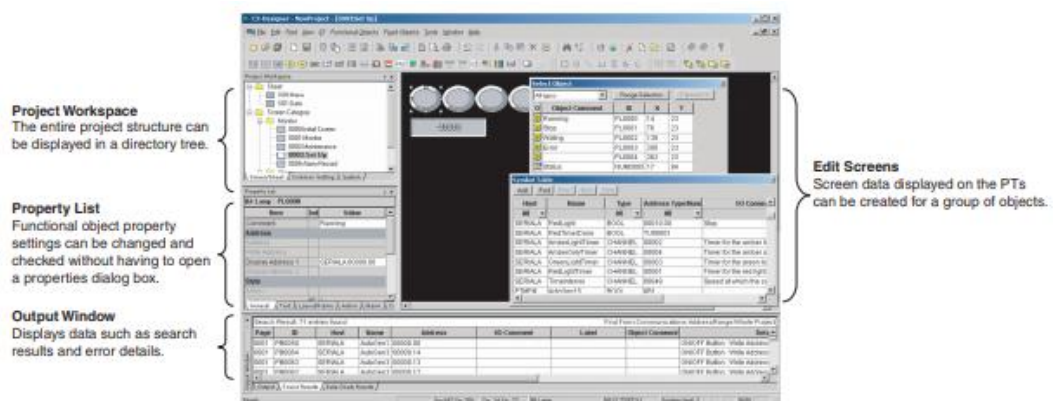
Pengguna dapat memilih tipe PLC dan juga *network type* yang akan digunakan. Untuk pengaturan lanjutan dapat dilakukan dengan mengklik *setting* kemudian klik OK. Kemudian akan muncul tampilan seperti pada gambar 2.6 berikut:



Gambar 2.6 Tampilan *Project Program CX-Programmer*
(Ade Saputra, 2019)

2.1.6 CX-Designer

CX-Designer adalah sebuah software HMI buatan Omron yang berfungsi untuk memvisualisasikan kejadian, peristiwa, atau pun proses yang sedang terjadi di plant secara nyata sehingga dengan HMI operator lebih mudah dalam melakukan pekerjaan. Biasanya HMI digunakan juga untuk menunjukkan kesalahan mesin, status mesin, memudahkan operator untuk memulai dan menghentikan operasi, serta memonitor beberapa bagian pada mesin produksi. CX-Designer bisa dijalankan pada Windows 98 SE, NT, Me, 2000, XP, atau Vista untuk membuat *screen data* untuk *NS-series Programmable Terminals (PTs)*. Gambar 2.7 memperlihatkan tampilan dari perangkat lunak CX-Designer Ver 3.1.



Gambar 2.7 Tampilan CX-Designer Ver 3.1
(Irvan Indrawan, 2013)

Fungsi dari komponen utama dari tampilan CX-Designer seperti pada gambar 2.9 adalah sebagai berikut:

1. *Title bar* menunjukkan nama aplikasi, nama *project* dan nomor layar.
2. *Menu bar* menunjukkan kumpulan menu dengan berbagai fungsi. Masing-masing nama dari menu ditampilkan di menu bar dan fungsinya ditunjukkan pada menu *pull down* di bawah setiap nama grup.
3. *Project Workspace*. Data *project screen* dan pengaturan ditampilkan dalam tiga hirarki dalam *project workspace*. Layar dan lembaran kerja dapat dibuat, disalin, dan dihapus di *project workspace*. Layar dari project yang berbeda dapat disalin diantara *workspace* jika lebih dari satu salinan CX-Designer sedang berjalan dalam satu waktu. *Project Workspace* dapat ditampilkan dan disembunyikan dengan cara memilih *View-Window-Project Workspace*.
4. *Property Display* menunjukkan pengaturan properti untuk *functional object* yang telah dipilih di layar. Pengaturan bisa dipilih dan diubah tanpa membuka *Property Setting Dialog Box*. Perubahan yang dilakukan dari *Property List* akan langsung ditampilkan di layar, sehingga dapat dilakukan pengecekan terhadap perubahan yang dilakukan. *Property List* dapat ditampilkan dan disembunyikan dengan memilih menu *View - Window - Property List*.
5. *Screen Creation Window*. Layar yang ditampilkan pada PTs bisa dibuat dengan menggunakan objek *functional* dan *fixed*.
6. Status bar dapat ditampilkan dan disembunyikan dengan memilih menu *View - Status Bar*.
7. *Output Window* menampilkan berbagai macam data seperti pencarian CX-Designer, *data check*, dan hasil *processing* lain dan detail *error*. *Output Window* dapat ditampilkan dan disembunyikan dengan memilih menu *View - Window - Output Window*.

2.1.7 Program PLC

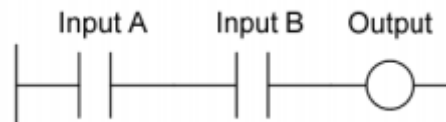
Ada 2 sistem pemrograman pada PLC Omron CP1L-M30DR-A diantaranya adalah:

1. *Function Block Diagram*. Sistem pemrograman ini adalah jenis teknik pemrograman *logic* yang tersusun dari *block-block* diagram dalam fungsi blok diagram khusus.
2. *Ladder Diagram*. Sistem pemrograman ini merupakan jenis teknik pemrograman *logic* yang disusun dalam satuan-satuan kontak untuk menghasilkan fungsi tertentu dalam menghasilkan logika yang terdiri dari kontak NC, NO, *Timer*, *Counter*, dan lain-lain.

2.1.8 Instruksi Dasar Pada PLC

1. Logika AND

Gerbang AND pada sebuah *Ladder Diagram* diperlihatkan pada Gambar 2.7 untuk menghasilkan *Output ON* (logika 1) maka *Input A* dan *Input B* harus dalam keadaan *ON*.

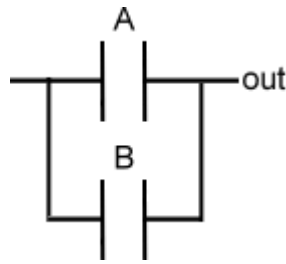


Gambar 2.8 Logika AND

(Irvianti Yulia, 2017)

2. Logika OR

Sistem gerbang OR pada sebuah *Ladder Diagram* diperlihatkan pada Gambar 2.8 untuk menghasilkan *Output ON* (logika 1) maka *Input A* atau *Input B* (atau keduanya) dalam keadaan *ON*.



Gambar 2.9 Logika OR
(Irvianti Yulia, 2017)

3. Logika NOT

Sistem gerbang NOT pada sebuah diagram tangga diperlihatkan pada Gambar 2.9 *Output* kan bernilai *ON* justru jika *input* A sedang tidak aktif (*OFF* atau logika 0). *Input* A disini dikatakan sebagai kontak *normally closed* (NC).



Gambar 2.10 Logika NOT
(Irvianti Yulia, 2017)

4. Logika NOR

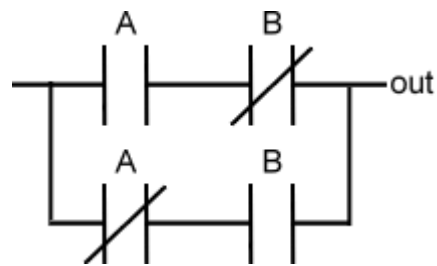
Gambar 2.10 memperlihatkan sebuah *Ladder Diagram* yang mengimplementasikan sebuah gerbang logika NOR. Prinsip kerjanya kebalikan dari gerbang AND.



Gambar 2.11 Logika NOR
(Irvianti Yulia, 2017)

5. Logika XOR

Gambar 2.11 memperlihatkan sebuah *Ladder Diagram* yang mengimplementasikan sebuah gerbang logika XOR. Prinsip kerjanya jika *input* A dan B berlogika sama 1 atau 0 maka *output* akan berlogika 0.



Gambar 2.12 Logika XOR

(Irvianti Yulia, 2017)

6. Instruksi TIMER (TIM)

Instruksi TIM pada program PLC dapat digunakan sebagai *timer* (pewaktu) *On delay* pada rangkaian *relay*. Instruksi TIM membutuhkan angka *timer* (N) dan nilai *set* (SV) yang berkisar antara 0000 sampai 9999 yang artinya 000,0 detik sampai 999,9 detik. Gambar 2.13 memperlihatkan penggunaan instruksi *timer*.

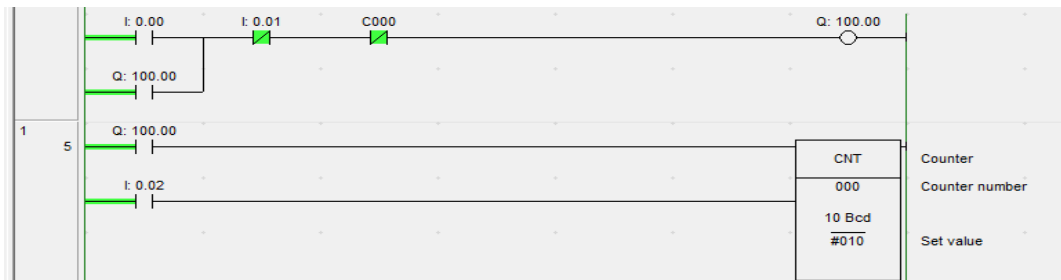


Gambar 2.13 Ladder Diagram Penggunaan Instruksi TIMER (TIM)

(Ade Saputra, 2019)

7. Instruksi COUNTER (CNT)

Instruksi CNT yang digunakan adalah *counter* penurunan yang diset awal. Setiap kali sinyal berubah dari *OFF* ke *ON*, dihitung sebagai satu kali penurunan. Untuk menjalankan instruksi *counter* harus diprogram dengan *input* hitung, *reset*, angka *counter*, dan nilai *set* (SV) dari 0000 sampai 9999. Contoh penggunaan instruksi *counter* dapat dilihat pada gambar 2.14.

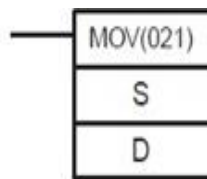


Gambar 2.14 Ladder Diagram Penggunaan Instruksi COUNTER (CNT)

(Ade Saputra, 2019)

8. Instruksi MOV

Instruksi MOV adalah proses pemindahan sebuah nilai/konstanta atau alamat DM tertentu (Data Sumber) dengan panjang data tertentu ke alamat DM yang lain (Data Tujuan) tanpa melakukan perubahan apa pun pada status bit data sumber atau dengan melakukan perubahan tertentu. Prinsip dari instruksi ini adalah mengganti/menghapus nilai pada data tujuan dengan nilai dari data sumber [14]. Untuk instruksi MOV dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 Instruksi MOV

(Samsul Eka, 2018)

Untuk *S* adalah *source* dan *D* adalah *destination*. MOV(021) adalah instruksi untuk memindahkan data dengan kapasitas 1 *word* atau 16 bit, tanpa menrubah status data tersebut. Sedangkan MOVL(498) adalah instruksi untuk memindahkan data dengan kapasitas 2 *word* atau 32 bit. Contoh perintah MOV dapat dilihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.16 Contoh Penggunaan Instruksi MOV

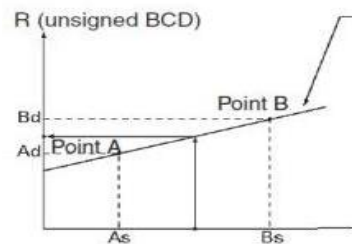
(Samsul Eka, 2018)

Pada Gambar di atas adalah pemindahan data 1 *word Unsigned Integer*, yaitu dengan cakupan data 0 – 65535. Instruksi Mov pertama memindahkan data konstanta desimal senilai 30 ke alamat data memory D0 ketika Kontak W0.00 diaktifkan. Sedangkan Instruksi MOV ke dua memindahkan nilai yang ada pada data memori D2 ke data memori D3.

9. Instruksi SCL

Penggunaan Skala di PLC bertujuan untuk memudahkan dalam perhitungan, memudahkan dalam menyampaikan informasi atau memberikan perintah. Contohnya sensor analog untuk mengukur jarak suatu benda. Kemudian sensor tersebut dihubungkan pada Modul *Analog to Digital Converter* (ADC) agar nilai analognya dapat terbaca sebagai nilai Digital oleh PLC [13]. Disini memerlukan 2 besaran, yaitu besaran metering sensor jarak (20 cm – 80 cm) dan besaran digital melalui ADC (misal resolusi ADC 4000). Data yang masuk ke dalam memori PLC tentu berupa data digital yang mewakili nilai jaraknya. Misalkan nilai digital 0 mewakili jarak 20 cm dan nilai 4000 mewakili 80 cm.

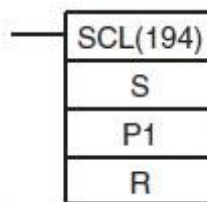
Persamaan garis lurus dapat digunakan sebagai metode untuk menyelesaikan permasalahan skala yang memiliki 2 variable. Dimana variable yang telah diketahui nilainya ditetapkan sebagai X, sedangkan variable yang belum diketahui nilainya sebagai Y. Persamaan paling umum yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Grafik Persamaan SCL

(Samsul Eka, 2018)

Untuk X adalah nilai digital yang masuk ke PLC, sedangkan Y adalah nilai jarak yang akan ditampilkan. Titik A dan B adalah 2 titik minimum yang kita perlukan untuk melakukan operasi Skala di PLC. Koordinat dari titik A menurut gambar di atas adalah (A_s, A_d) dan koordinat titik B adalah (B_s, B_d) . Maka dengan persamaan garis lurus nilai yang berada di antara A_s dan B_s (misalnya titik C_s) dapat diketahui hasilnya pada C_d , dan seterusnya. Instruksi SCL dapat dilihat pada gambar 2.18.



Gambar 2.18 Instruksi SCL

(Samsul Eka, 2018)

Untuk S sebagai sumber data memori yang akan dilakukan skala, P1 adalah informasi 2 titik *sampling*. Data pada P1 memakai panjang data 4 *word* yang berfungsi menyimpan nilai A_s , A_d , B_s dan B_d . R adalah data memori yang menampilkan hasil skala. Contoh penggunaan instruksi SCL dapat dilihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.19. Contoh Penggunaan Instruksi SCL

(Samsul Eka, 2018)

Untuk penggunaan SCL, data yang ditampilkan berupa data BCD, sedangkan untuk menampilkan data real dapat menggunakan instruksi *floating* dengan memasukkan rumus sebagai berikut:

Rumus *Scaling*:

$$y = mx + b / y = \frac{(x_1 - x_0) data\ ADC}{(y_1 - y_0)} + y_0 - (x_0 \times slope) \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

- y = *Scaled Output*
- x₁ = *maximum result*
- x₀ = *minimum result*
- y₁ = *maximum source*
- y₀ = *minimum source*
- slope = resolusi (6000)

2.2 ADC (Analog to Digital Converter)

ADC (*Analog to Digital Converter*) adalah perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog (sinyal kontinyu) menjadi sinyal digital. Perangkat ADC (*Analog to Digital Converter*) dapat berbentuk suatu modul atau

rangkaian elektronika maupun suatu chip IC. ADC (*Analog To Digital Converter*) berfungsi untuk menjembatani pemrosesan sinyal analog oleh sistem digital.

Converter adalah alat bantu digital yang paling penting untuk teknologi kontrol proses adalah yang menerjemahkan informasi digital ke bentuk analog dan juga sebaliknya. Sebagian besar pengukuran variabel-variabel dinamik dilakukan oleh piranti ini yang menerjemahkan informasi mengenai variabel ke bentuk sinyal listrik analog. Untuk menghubungkan sinyal ini dengan sebuah komputer atau rangkaian logika digital, sangat perlu untuk terlebih dahulu melakukan konversi *analog* ke *digital* (A/D). Hal-hal mengenai konversi ini harus diketahui sehingga ada hubungan antara sinyal analog dan digital. Secara matematis, proses ADC dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$ADC = (V_{in}/V_{ref}) \times ADC_{max} \dots \dots \dots (2.2)$$

- ADC = data ADC
- V_{in} = tegangan *input*
- V_{ref} = tegangan referensi
- ADC_{max} = nilai ADC maksimum (resolusi)

ADC yang digunakan adalah *expansion board* CP1W-AD041 yang merupakan perangkat tambahan pada PLC yang berfungsi sebagai ADC (*Analog to Digital Converter*) dimana perangkat ini memiliki 4 buah *analog input* dengan *range* 0-5V, 1-5V, 1-5V, 0-10V, -10-10V, 0-20mA, dan 4-20mA dengan resolusi 1/6000 dengan konversi A/D 16 bit biner atau 4 digit hexadesimal. Gambar fisik dari Omron CP1W-AD041 dapat dilihat pada gambar 2.20, sedangkan spesifikasi Omron CP1W-AD041 dapat dilihat pada tabel 2.7 di bawah ini.



Gambar 2.20 Bentuk Fisik Omron CPIW-AD041
(Omron, 2020)

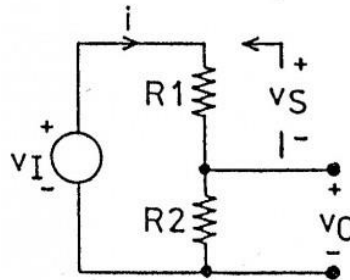
Tabel 2.1 Spesifikasi Omron CPIW-AD041

Item	Voltage Input	Current Input
Number of inputs	4 input (4 words allocated)	
Input signal range	0 to 5 VDC, 1 to 5 VDC 0 to 10 VDC, or -10 to 10 VDC	0 to 20 mA or 4 to 20 mA
Max. rated input	±15V	±30mA
External input impedance	1MΩ min.	Approx. 250Ω
Resolution	1/6000 (full scale)	
Overall Accuracy	0.3% full scale	0.4% full scale
	0.6% full scale	0.8% full scale
A/D Conversion data	16-bit binary (4-digit hexadecimal) Full scale for -10 to 10V: F448 to 0BB8 Hex Full scale for other ranges: 0000 to 1770 Hex	
Averaging function	Supported (Set in output words n+1 and n+2.)	
Open-circuit detection function	Supported	
Conversion time	2 ms/point (8 ms/all points)	
Isolation Method	Photocoupler isolation between analog I/O terminals and internal circuits. No isolation between analog I/O signals.	
Current consumption	5 VDC: 100 mA max.; 24 VDC: 90 mA max.	

2.3 Pembagi tegangan

Pada alat ini akan mengukur tegangan baterai 12V sedangkan pada PLC hanya mampu membaca tegangan maksimal 10V, maka diperlukan rangkaian pembagi tegangan untuk menurunkan tegangan 12V agar bisa terbaca oleh PLC. Rangkaian pembagi tegangan pada dasarnya dapat dibuat dengan 2 buah resistor, contoh rangkaian dasar pembagi tegangan dengan *output* VO dari tegangan

sumber V_I menggunakan resistor pembagi tegangan R_1 dan R_2 seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.21 Rangkaian Dasar Pembagi Tegangan
(Agus Purnama, 2020)

Rangkaian dasar pembagi tegangan dari rangkaian pembagi tegangan diatas dapat dirumuskan tegangan *output* V_O . Arus (I) mengalir pada R_1 dan R_2 sehingga nilai tegangan sumber V_I adalah penjumlahan V_S dan V_O sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut. Nampak bahwa tegangan masukan terbagi menjadi dua bagian (V_S , V_O), masing-masing sebanding dengan harga resistor yang dikenai tegangan tersebut. Sehingga besarnya V_O dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$V_O = V_I \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \dots \dots \dots (2.3)$$

2.4 Sensor *Photoelectric*

Sensor *photoelectric* adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek yang biasanya merupakan benda padat. Sebagai penginderanya, sensor *photoelectric* mengandalkan energi cahaya yang berasal dari energi listrik. *Photoelectric* terdiri dari bagian *transmitter* yang berfungsi sebagai pemancar cahaya dan bagian *receiver* yang berfungsi sebagai penerima cahaya. Sensor *photoelectric* bekerja berdasarkan ada atau tidaknya cahaya yang berasal dari bagian *transmitter* yang diterima oleh bagian *receiver*.

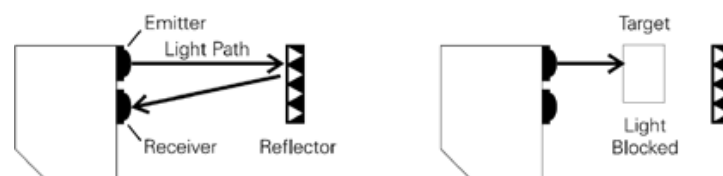
2.4.1 Prinsip kerja Sensor *Photoelectric*

Sensor *photoelectric* merupakan sensor yang akan mendeteksi benda apabila benda tersebut melewati radiasi sinar yang dipancarkan oleh sensor, kemudian sinar tersebut dipantulkan kembali ke *receiver* sensor. Fungsi dari sensor ini sama seperti saklar, yaitu ketika ada benda yang terdeteksi oleh sensor maka saklar akan *ON* dan ketika tidak ada benda yang terdeteksi oleh sensor maka saklar akan *OFF*.

Ada beberapa teknik sensor *photoelectric* dalam mendeteksi objek, diantaranya yaitu:

1. *Retro reflective*

Pada teknik *retro reflective*, *emitter* dan *receiver* dipasang pada satu unit, hal ini ditunjukkan pada gambar 2.22. Pada gambar pertama dapat dilihat cahaya *infrared* dari *emitter* yang dipancarkan dari reflektor akan dipantulkan kembali ke *receiver*. Sedangkan pada gambar kedua ditunjukkan apabila ada target yang menghalangi cahaya maka *output* dari *receiver* akan berubah. Jika tidak ada target yang menghalangi, maka *output receiver* akan kembali ke keadaan awal. Jarak maksimum pendeteksian dengan menggunakan teknik ini yaitu sekitar 10 m.



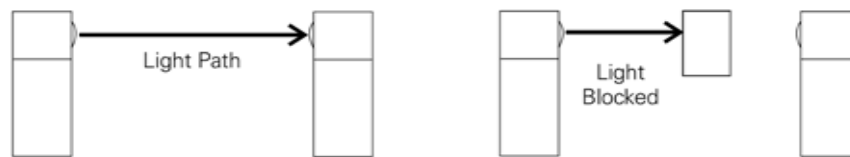
Gambar 2.22 *Retro Reflective Photoelectric Sensor*

(Rofieko, 2014)

2. *Through-beam*

Pada teknik *through-beam* ini, *emitter* dan *receiver* dipasang secara terpisah seperti pada gambar 2.23. Gambar pertama menunjukkan *emitter* memancarkan cahaya *infrared*, yang kemudian diterima oleh *receiver* yang berada di seberangnya. Sedangkan pada gambar kedua, apabila ada target yang melewati tengah-tengah sensor sehingga menutupi *infrared* yang dipancarkan oleh *emitter* ke *receiver* maka *output receiver* akan berubah. Jika tidak ada target yang menghalangi, maka *output receiver* akan kembali ke keadaan awal. Jarak

maksimum pendeteksian menggunakan teknik ini sekitar 90 m.



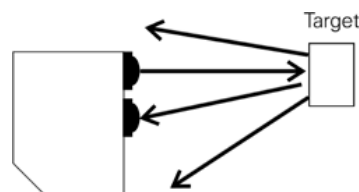
Gambar 2.23 *Through-beam photoelectric sensor*

(Rofieko, 2014)

3. *Diffuse*

Pada teknik *diffuse*, *emitter* dan *receiver* dipasang pada satu unit seperti pada Gambar 2.24. Gambar 2.24 menunjukkan *emitter* memancarkan cahaya *infrared* secara langsung ke target, dan kemudian cahaya tersebut dipantulkan kembali ke segala arah (*diffuse*). Apabila cahaya pantul yang diterima oleh *receiver* cukup maka *output receiver* akan berubah. Sebaliknya, apabila *receiver* tidak menerima cahaya pantul yang cukup, maka *output receiver* akan kembali ke keadaan awal.

Transmitter dan *receiver* ditempatkan pada satu tempat yang sama dan menggunakan cahaya yang dipantulkan langsung dari objek untuk melakukan deteksi. Pemilihan sensor ini harus mempertimbangkan warna dan tipe permukaan objek (kasar, licin, buram, terang). Dengan permukaan buram, jarak deteksi akan dipengaruhi oleh warna objek. Semakin terang warna objek yang dideteksi maka jarak deteksi semakin jauh dan semakin gelap warna objek yang dideteksi maka jarak deteksi semakin dekat. Jika permukaan obyek mengkilap, jarak deteksi akan dipengaruhi oleh permukaan objek.



Gambar 2.24 *Diffuse photoelectric sensor*

(Rofieko, 2014)

2.4.2 Karakteristik Sensor

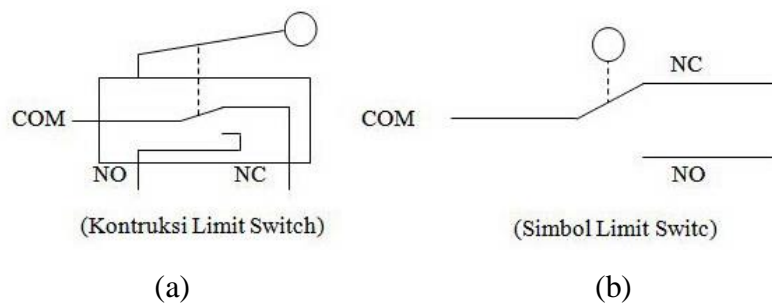
Sensor *Photoelectric* yang digunakan pada pagar geser otomatis adalah sensor *photoelectric* jenis *diffuse* dengan tipe E3F-DS30 dengan karakteristik seperti pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakteristik sensor *Photoelectric* tipe E3F-DS30

<i>Photoelectric Sensor Characteristic</i>	
<i>Model Number</i>	E3F-DS30 series
<i>Sensing Method</i>	<i>Diffuse Reflective</i>
<i>Detection Distance</i>	30cm
<i>Switching Frequency</i>	300 Hz
<i>Response Time</i>	1,5 ms
<i>Supply Voltage</i>	6-36Vdc
<i>Sensing Object</i>	<i>Opaque Object</i>
<i>Ambient Temperature</i>	-25 ⁰ . . . 65 ⁰ C
<i>Polarity</i>	NPN

2.5 Limit Switch

Limit switch atau saklar batas merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi sebagai pengganti tombol. *Limit switch* termasuk ke dalam sensor mekanis yang akan memberikan perubahan elektrik saat terjadi perubahan mekanik pada sensor. Gambar 2.25 dibawah ini menunjukkan konstruksi dan simbol dari *limit switch*.



Gambar 2.25 (a) Konstruksi *Limit Switch*

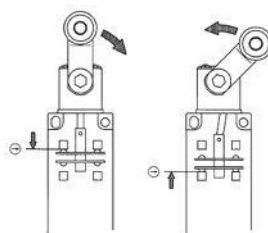
(b) Simbol *Limit Switch*

(Suprianto, 2015)

2.5.1 Prinsip kerja *Limit Switch*

Prinsip kerja *limit switch* sama dengan saklar *Push ON*. *Limit Switch* diaktifkan dengan penekanan pada *roller* hingga batas daerah-daerah yang telah ditentukan sebelumnya sehingga akan terjadi pemutusan atau penghubungan pada rangkaian jika mencapai batas . Jika pada saklar umumnya sistem kerjanya akan diatur/ dikontrol secara manual oleh manusia (baik diputar atau ditekan). Sedangkan *limit switch* dibuat dengan sistem kerja yang berbeda, *limit switch* dibuat dengan sistem kerja yang dikontrol oleh dorongan atau tekanan (kontak fisik) dari gerakan suatu objek pada aktuator, sistem kerja ini bertujuan untuk membatasi gerakan ataupun mengendalikan suatu objek/ mesin tersebut, dengan cara memutuskan atau menghubungkan aliran listrik yang melalui terminal kontakannya [15].

Limit switch terdiri dari kontak NO (*Normally Open*) dan kontak NC (*Normally Close*). *Limit switch* akan bekerja apabila ada benda yang menekan *roller (actuator)* hingga pada batas atau daerah yang telah ditentukan, sehingga kedudukan kontak NO menjadi NC dan kontak NC menjadi NO. Pemindahan kedudukan kontak ini berpengaruh pada pemutusan atau penghubungan rangkaian. Batas pada *actuator* bervariasi, ada yang 45° , 90° dan 180° , tergantung dari tipe *limit switch*. Ketika *actuator* menyentuh batasan yang telah ditentukan, *actuator* akan menyentuh *micro switch* dan menghubungkan kontak-kontaknya. Pada *micro switch* terdapat kontak jenis NO dan NC seperti sensor pada umumnya. Gambar 2.26 menunjukkan system kerja dari *limit switch*.



Gambar 2.26 *Limit Switch*

(Suprianto, 2015)

2.6 Relay

Relay adalah saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama, yakni Elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/ *Switch*). *Relay* menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan relay yang menggunakan electromagnet 5 V dan 50 mA mampu menggerakkan *Armature Relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya untuk menghantarkan listrik 220V 2A. Bentuk *relay* dapat dilihat pada gambar 2.27.



Gambar 2.27 Bentuk Fisik *Relay*
(Dede Kurniawan, 2019)

2.7 Push Button

Push button switch (saklar tombol tekan) adalah perangkat sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan *unlock* (tidak mengunci). Sistem *unlock* berarti saklar akan bekerja sebagai perangkat penghubung atau pemutus aliran arus listrik saat tombol ditekan atau tidak ditekan (dilepas). Ketika tidak ditekan, maka saklar akan kembali pada kondisi normal. Gambar 2.28 menunjukkan bentuk fisik dari *push button*.



Gambar 2.28 *Push Button*

(Suprianto, 2015)

2.7.1 Prinsip kerja *Push Button*

Karena sistem kerja *push button* yang mengunci atau tidak mengunci dan saling berhubungan dengan operator, *push button* menjadi perangkat paling utama yang mengontrol untuk memulai dan mengakhiri kerja pada mesin.

Berdasarkan fungsi kerjanya, *push button* memiliki dua tipe kontak, yaitu:

1. NO (*Normally Open*). NO merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya terbuka (aliran arus listrik tidak mengalir). Dan ketika tombol saklar ditekan, kontak yang NO ini akan menjadi tertutup (*Close*) dan mengalirkan atau menghubungkan arus listrik.
2. NC (*Normally Close*). NC merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya tertutup (mengalirkan arus listrik). Dan ketika tombol saklar *push button* ditekan, kontak NC ini akan menjadi membuka (*Open*), sehingga memutus aliran arus listrik. Gambar 2.29 menunjukkan keadaan ketika *push button* pada posisi normal dan ketika *push button* ditekan.



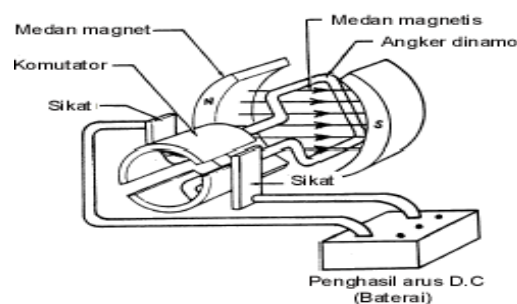
Gambar 2.29 (a) *Push Button* kondisi normal

(b) *Push Button* kondisi ditekan

(Suprianto, 2015)

2.8 Motor DC

Motor DC merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik atau gerakan (*motion*). Energi mekanik yang dihasilkan oleh motor listrik biasanya berupa putaran (rotasi) yang dapat digunakan untuk memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower*, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan dan lain-lain. Beberapa penggunaan motor listrik yang dapat dijumpai di rumah, seperti pada *mixer*, bor listrik, dan kipas angin.. Konstruksi motor DC dapat dilihat pada gambar 2.30.



Gambar 2.30 Konstruksi Motor DC

(Novrian, 2018)

Pada Motor DC terdapat jangkar dengan satu atau lebih kumparan terpisah. Tiap kumparan berujung pada cincin belah (komutator). Kumparan medan pada Motor DC disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Dengan adanya insulator antara komutator, cincin belah dapat berperan sebagai saklar kutub ganda (*double pole, double throw switch*). Berprinsip pada gaya Lorentz, yang menyatakan ketika sebuah konduktor beraliran arus diletakkan dalam medan magnet, maka gaya Lorentz akan tercipta secara *Orthogonal* diantara arah medan magnet dan arah aliran arus.

Motor DC memiliki tiga komponen utama yaitu:

1. Kutub medan magnet

Interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Pada motor DC, terdapat kutub medan stasioner dan kutub medan dinamo. Kedua kutub ini berfungsi dalam menggerakkan *bearing* pada ruang diantara kutub medan. Pada motor DC sederhana, terdapat dua buah kutub medan, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi yang membesar melintasi bukaan antara kutub-kutub tersebut, bergerak dari arah utara ke selatan. Untuk ukuran motor yang lebih besar atau motor yang lebih kompleks, dapat ditemukan lebih dari satu elektromagnet di dalamnya. Elektromagnet ini bertugas dalam menerima listrik dari sumber daya yang bersasal dari luar dan sebagai penyedia struktur medan.

2. Dinamo

Apabila arus masuk menuju dinamo, maka arus yang masuk ini akan menjadi elektromagnet. Dinamo yang berbentuk silinder akan dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Pada kasus motor DC yang berukuran lebih kecil, dinamo akan berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub. Dinamo akan terus berputar sampai kutub-kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Apabila lokasi kutub-kutub ini berganti, maka arusnya akan berbalik untuk merubah kutub utara dan selatan dinamo.

3. *Commutator*

Commutator terutama dapat ditemukan di dalam motor DC. Kegunaan dari komponen ini adalah untuk membalikkan arah arus listrik di dalam dinamo. Selain itu, *commutator* juga berfungsi dalam membantu transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.

Dalam pengerjaan alat pada tugas akhir ini, jenis motor listrik yang digunakan adalah motor DC. Motor DC merupakan jenis motor listrik yang menggunakan sumber tegangan DC yang merupakan arus searah. Dalam aplikasinya, motor DC banyak digunakan dalam penggunaan khusus, dimana

diperlukan penyalaan *torque* (torsi) yang tinggi atau diperlukan percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas. Namun apabila dibandingkan dengan motor AC, motor DC relatif lebih mahal.

2.9 Baterai

Baterai (*Storage Battery*) adalah sebuah sel atau kumpulan dari beberapa sel (elemen sekunder), berfungsi sebagai sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai disebut juga sebagai elemen sekunder karena baterai termasuk ke dalam elemen elektro kimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya. Kutub positif pada baterai menggunakan lempeng oksida sedangkan kutub negatifnya menggunakan lempeng timbal. Larutan elektrolit yang terdapat pada baterai adalah larutan asam sulfat.

Baterai yang digunakan untuk menggerakkan motor pada pagar geser otomatis ini adalah baterai jenis MF (*Maintenance Free*). Baterai ini merupakan jenis baterai bebas perawatan. Baterai jenis ini dikemas dengan menggunakan desain khusus sehingga mampu menekan tingkat penguapan air pada baterai. Uap baterai yang terbentuk akan mengalami kondensasi sehingga akan kembali menjadi air murni. Hal ini akan menjaga level air baterai selalu pada kondisi ideal sehingga pengisian air aki tidak lagi diperlukan. Gambar 2.31 menunjukkan bentuk fisik baterai jenis MF.



Gambar 2.31 Baterai jenis MF (*Maintenance Free*)

(Deny Poniman, 2017)