BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Panel listrik

Panel listrik atau *Electrical Switch board* adalah sebuah alat atau perangkat yang terdiri dari beberapa komponen listrik yang diatur disusun sedemikian rupa sehingga dapat memudahkan penggunaanya untuk mendistribusikan, menyalurkan, membagi tenaga listrik dari sumber tenaga listrik ke konsumen atau pemakai dan pengamanan, pemeriksaan, perawatan panel listrik.

Panel listrik hakikatnya dibedakan menjadi 2 yaitu panel daya dan panel distribusi listrik. Panel daya adalah tempat untuk menyalurkan dan mendistribusikan energi listrik dari gardu listrik *step down* ke panel-panel distribusinya. Panel distribusi listrik adalah tempat menyalurkan dan mendistribusikan energi listrik dari panel daya ke beban (konsumen) baik untuk instalasi tenaga maupun untuk instalasi penerangan dan berguna untuk mengalirkan energi listrik dari pusat atau gardu induk *step down*[5].

2.1.1 Macam-Macam Panel Listrik

Secara umum, panel listrik dapat dibedakan dalam 3 kategori yaitu:

1. MVMDP (Medium Voltage Main Distribution Panel)

   Panel ini berfungsi sebagai pemutus, pemisah dan menyalurkan tenaga listrik/tegangan sebesar 20kv (20.000 volt) dari panel/gardu PLN, kemudian didistribusikan ke *step down* transformer untuk diturunkan ke tegangan menengah menjadi tegangan rendah sebelum di diteruskan ke panel LVMDP.

2. LVMDP (Low Voltage Main Distribution Panel)

   Panel distribusi tegangan rendah (*low voltage main distribution panel*) adalah pusat pendistribusian power tenaga listrik sebelum di salurkan ke pengguna tenaga listrik,apakah itu sebuah perkantoran, hotel, apartement, pabrik.

3. Panel LVSDP (Low Voltage Sub Distribution Panel)

Adalah panel yang berfungsi mendistribusikan tenaga listrik dari Panel LVMDP menuju panel lokal atau ke beban listrik/peralatan elektrikal seperti lampu, stop kontak, AC, Motor Listrik dan lain-lain.

2.1.2. Fungsi Panel Listrik

Panel listrik memiliki berbagai macam fungsi, yang diataranya sebagai berikut :

1. Untuk mengamankan komponen listrik supaya terlindungi dari pengaruh di sekelilingnya.
2. Untuk menata komponen atau rangkaian listrik agar rapi dan aman.
3. Untuk menempatkan komponen listrik sebagai pendukung dari mesin-mesin listrik agar bisa beroperasi sesuai dengan prinsip kerja dari mesin listrik itu sendiri.
4. Untuk melindungi komponen listrik agar terlindung dari debu dan air.

Panel listrik dapat dilihat pada gambar 2.1

Gambar 2.1 Panel Listrik

(Ricardo, 2016)

2.2. Sel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Disebut surya atau matahari atau "*sol*" karena matahari merupakan sumber cahaya yang dapat dimanfaatkan Panel surya sering kali disebut sel *photovoltaic*, *photovoltaic* dapat diartikan sebagai "cahaya listrik". Sel surya bergantung pada efek *photovoltaic* untuk menyerap energi[10].

Pada umumnya, *solar cell* merupakan sebuah hamparan semi konduktor yang dapat menyerap foton dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm yang terbuat dari bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif. Pada sel surya terdapat sambungan (*function*) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing - masing yang diketahui sebagai semikonduktor jenis “P” (positif) dan semikonduktor jenis “N” (Negatif). Silikon jenis P merupakan lapisan permukaan yang dibuat sangat tipis supaya cahaya matahari dapat menembus langsung mencapai *junction*. Bagian P ini diberi lapisan nikel yang berbentuk cincin, sebagai terminal keluaran positif . Dibawah bagian P terdapat bagian jenis N yang dilapisi dengan nikel juga sebagai terminal keluaran negatif. Panel surya dapat dilihat pada gambar 2.2.

Gambar 2.2 Panel Surya polycrystallin

(Yusmiati, 2014)

2.2.1. Performansi Solar Cell Panel

Total pengeluaran listrik (*watt*) dari *solar cell* panel adalah sebanding dengan tegangan operasi dikalikan dengan arus operasi saat ini. *Solar cell panel* dapat menghasilkan arus dari tegangan yang berbeda-beda[10]. Hal ini berbeda dengan baterai, yang menghasilkan arus dari voltase yang relatif konstan.

Karakteristik output dari *solar cell panel* dapat dilihat dari kurva performansi, disebut I-V *curve*. I-V *curse* menunjukkan hubungan antara arus dan voltase. Kebanyakan kurva I-V diberikan dalam *standar test conditions* (STC) 1000 *watt* per meter persegi radiasi (atau disebut satu matahari puncak/ *one peak sun hour*) dan 25 derajat Celcius/77 derajat fahrenheit suhu *solar cell panel*. Sebagai informasi STC mewakili kondisi optimal dalam lingkungan laboratorium.

Kurva i-v terdiri dari 3 hal yang penting:

1. *Maximum Power Point* (Vmp dan Imp)
2. *Open Circuit Voltage* (Voc)
3. *Short Circuit Current* (Isc)

2.2.2. *Maximum Power Point* (Vmp&Imp)

Pada kurva I-V, *Maximum Power Point* Vmp dan Imp adalah titik operasi dimana maksimum pengeluaran yang dihasilkan oleh solar cell panel saat kondisi operasional. Dengan kata lain, Vmp dan Imp dapat diukur pada saat solar cell panel diberi beban.

Rumus pengisian baterai :

$$It = \frac{Jumlah\ I\ total}{\begin{matrix} Step \\ Pengujian \end{matrix}}$$

$$It = \frac{9.59}{7}$$

$$It = 1.37A$$

Maka :

$$Ta = \frac{Ah}{It}$$

$$Ta = \frac{7,2}{1.37} + 20\% = 5.2 + (5.2*20\%)$$

$$5,2 + 1 = 6,2 \text{ Jam}$$

Cara kerja solar cell:

Bila sel surya itu dikenakan pada sinar matahari, maka timbul yang dinamakan elektron dan hole. Elektron-elektron dan hole-hole yang timbul di sekitar pn junction bergerak berturut-turut ke arah lapisan n dan ke arah lapisan p. Sehingga pada saat elektron-elektron dan hole-hole itu melintasi pn junction, timbul beda potensial pada kedua ujung sel surya. Jika pada kedua ujung sel surya diberi beban maka timbul arus listrik yang mengalir melalui beban.

Bahan dan cara kerja yang aman terhadap lingkungan menjadikan sel surya sebagai salah satu hasil teknologi pembangkit listrik yang efisien bagi sumber energi alternatif masyarakat di masa depan.

2.2.3. *Open Circuit Voltage* (OVC)

Open Circuit Voltage (OVC), adalah kapasitas tegangan maksimum yang dapat dicapai pada saat tidak adanya arus (*current*). Ovc *solar cell panel* dapat diukur dilapangan dalam berbagai macam keadaan[10]. Saat membeli modul, sangat direkomendasikan untuk menguji voltase untuk mengetahui apakah cocok dengan sepisifikasi pabrik. Open Circuit Voltage (Voc) dapat diukur pada pagi hari dan sore hari.

2.3. PLC (Progammabel Logic Controller)

PLC (*Programmable Logic Controller*) merupakan pengontrol berbasis mikroprossesor yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi serta untuk mengimplementasikan fugsi-fungsi logika, *sequencing*, perwaktuan (*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmatika dengan memanfaatkan memori. PLC di desain

untuk mengontrol mesin atau proses secara otomatis[4].

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.

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* yang dapat diubah menjadi analog 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 10 A. PLC Omron seri CP1L bekerja dengan tegangan yang dapat diubah dari 100 VAC sampai dengan 240 VAC, *Program Memory 2Ksteps* (EEPROM), dan *Data Memory* (DM): *2Kwords*. PLC omron dapat dilihat pada gambar 2.3.

Gambar 2.3 Omron CP1L-M30 DR-A

(Mochammad Fauzi, 2016)

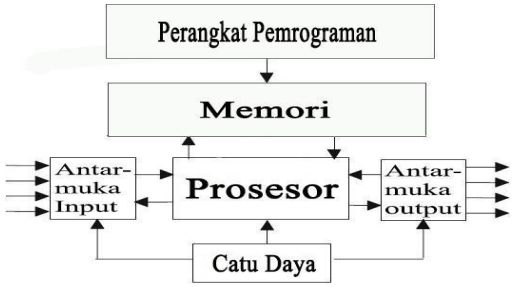
2.3.1. Spesifikasi Omron CP1L-M30 DR-A

Spesifikasi PLC omron dapat dilihat pada tabel 2.1

Keterangan	Spesifikasi
Manufacturer	Omron
Tegangan operasi	100 to 240VAC / VDC

Output Type	30 Relay
Power Consumption	50 VA max. (CP1L-M60/-M40/-M30)
Memory Capacity	10K steps
Digital I/O pin	18 Input, 12 Output
Programming Language	Ladder Logic
Dimensions	36 x 72 x 55 mm

Tabel 2.1 Omron CP1L-M30 DR-A



Gambar 2.4 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.

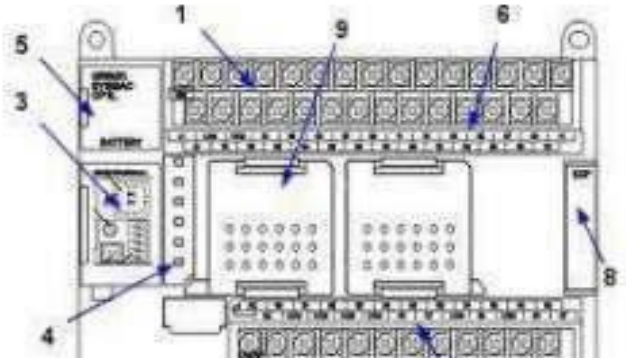
2.3.2. Hardware PLC

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

1. *Central Processing Unit* (CPU) atau unit pengolaha pusat merupakan unit yang berisi mikroprosessor yang mengintepretasikan 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 mlaksanakan pengontrolan oleh mkroprosessor.
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 prosesor 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 memberkan perlindungan antara CPU dengan piranti eksternal.
5. Perangkat pemrograman berfungsi dalam memasukkan program yang dibutuhkan ke dalam memori, mengedit program yang telah dimasukkan, dan memonitor proses kerja PLC. Program tersebut dibuat dengan perangkat ini kemudian dipindahkan ke dalam unit memori PLC.

2.3.3. Bagian-Bagian Umum PLC CP1L

Bagian-bagian PLC dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bagian-bagian Umum PLC CP1L

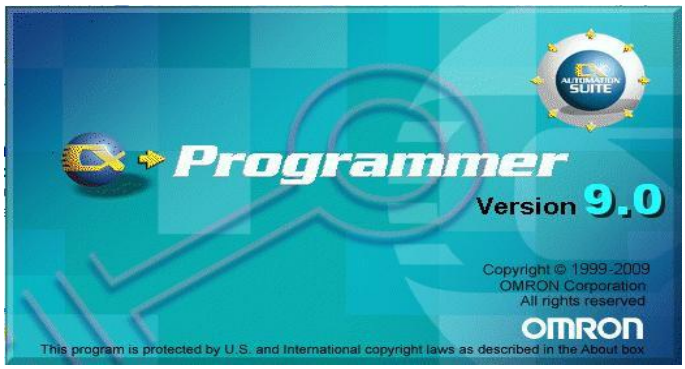
(Mochammad Fauzi, 2016**)**

Berikut ini adalah bagian-bagiandari PLC OMRON CP1L :

1. Blok power supply, ground, dan input terminal
2. Blok eksternalpower 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. Bagianini berfungsi dalam mengidentifikasi status operasidari CL1L 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 output 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 8 input/output PLC.
9. Option board slot. Bagian ini digunakan untuk menginstal RS-232C.

2.3.4. 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 [15]. Gambar 2.6 menunjukkan CX-Programmer versi 9.0 Omron.



Gambar 2.6 CX-Programer Version 9.0 Omron

(Ade Saputra, 2019)

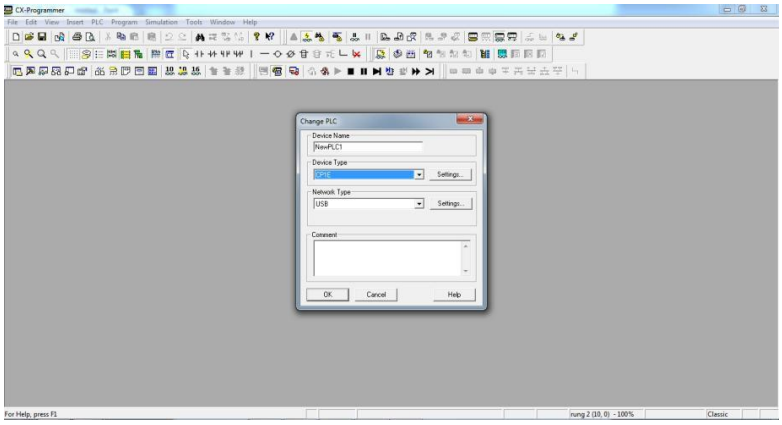
CX-Programm beroperasi di bawah sistem operasi Windows. Untuk menjalankan *software* program apikasi, membuat *file*, menyimpan *file*, mencetak *file*, menutup *file*, membuka *file*, dan menutup *software* program serupa dengan sistem operasi Windows.

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 denganresolusi 800 x 600.

Untuk menjalankan CX-Programmer langkah awal yang harus di lakukan

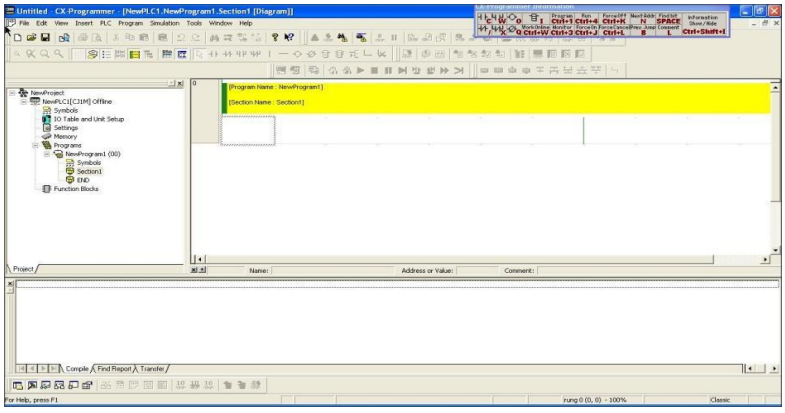
adalah mengklik *file* pada menu, lalu klik *new*, atau dengan mengklik gambar kertas putih pada *toolbar* untuk memulai projek baru. Untuk membuka *file* projek yang telah dibuat sebelumnya, klik *file* pada menu lalu klik *open* atau bisa juga dengan mengklik gambar yang ada di samping gambar kertas putih. Setelah itu akan muncul tampilan seperti pada gambar 2.7 berikut ini:



Gambar 2.7 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 2.8 berikut:

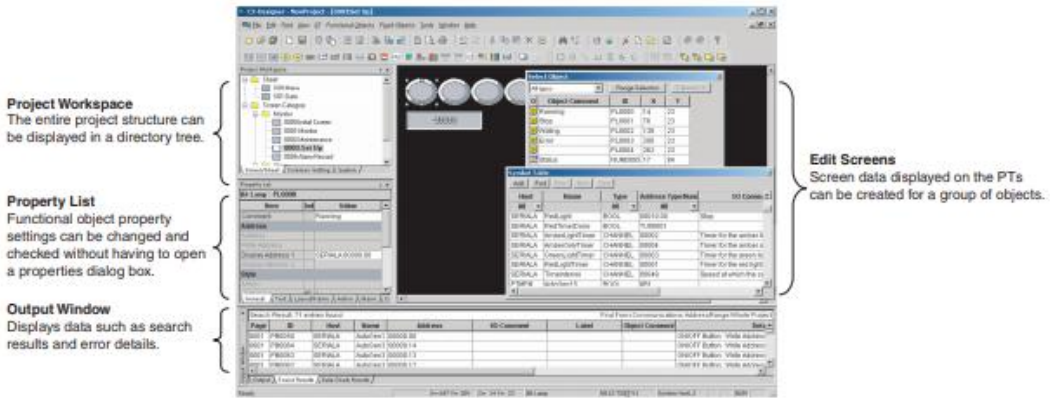


Gambar 2.8 Tampilan *Project Program* CX-Programmer

(Ade Saputra, 2019)

2.3.5. 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 part 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 2.9 memperlihatkan tampilan dari perangkat lunak CX-Designer Ver 3.1.



Gambar 2.9 Tampilan CX-Designer Ver 3.1

(Irvan, 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 workspaces 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.*

2.3.6. Program PLC

Ada 2 sistem pemprograman pada PLC Omron CP1L-M30DR-A:

1. *Function Block Diagram*. Sistem pemrograman ini adalah jenis teknik

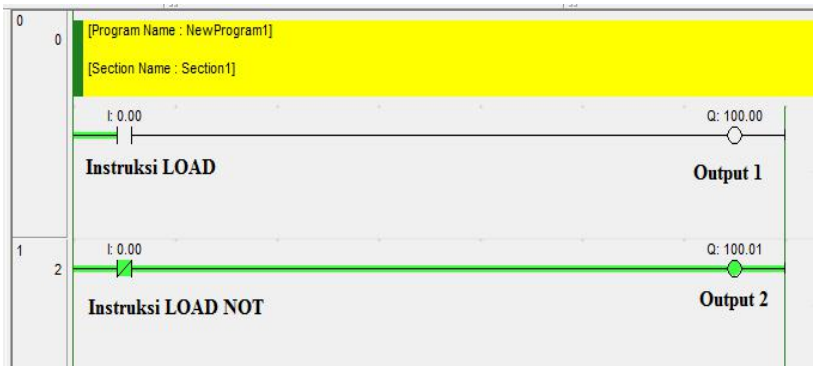
pemograman *logic* yang tersusun dari *block-block* diagram dalam fungsi blok diagram khusus.

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.

2.3.7. Instruksi Dasar Pada PLC

1. LOAD (LD) dan LOAD NOT (LD NOT)

Instruksi ini merupakan kondisi pertama yang mengawali sembarang blok logika di dalam diagram tangga berkaitan dengan instruksi LOAD (LD) atau LOAD NOT (LD NOT). Gambar 2.10 menunjukkan tampilan *ladder diagram* instruksi LD dan LD NOT yang dijalankan pada CX-Programmer. Kode mnemonic instruksi LD dan LD NOT ditunjukkan pada tabel 2.2



Gambar 2.10 *Ladder Diagram* Instruksi LD dan LD NOT

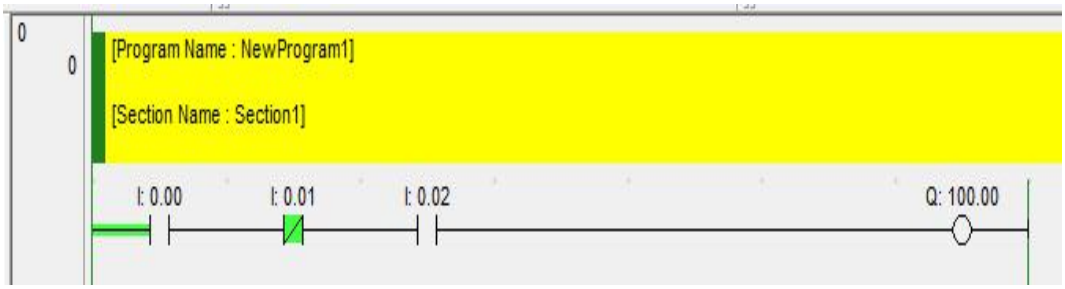
(Ade Saputra, 2019)

Tabel 2.2 Kode Mnemonic Instruksi LD dan LD NOT

Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD	0.00
00001	OUT	100.0
00002	LD NOT	0.00
00003	OUT	100.01

2. AND dan AND NOT

Apabila ada dua atau lebih kondisi yang terhubung secara seri pada garis instruksi yang sama, maka pada kondisi pertama akan digunakan insruksi LD atau LD NOT, kemudian pada kondisi sisanya akan menggunakan instruksi AND atau AND NOT. Gambar 2.11 merupakan contoh penggalan diagram tangga yang terdiri dari tiga kondisi yang terhubung secara seri pada garis instruksi yang sama dan berkaitan dengan istruksi LD, AND NOT dan AND. Pada masing-masing instruksi tersebut, dibutuhkan satu baris kode mnemonic. Kode mnemonic instruksi AND dan AND NOT ditunjukkan pada tabel 2.3.



Gambar 2.11 *Ladder Diagram* Instruksi AND dan AND NOT

(Ade Saputra, 2019)

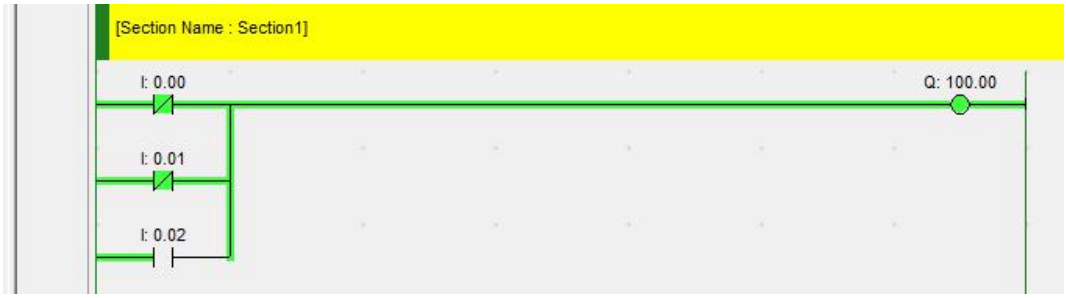
Tabel 2.3 Kode Mnemonic Instruksi AND dan AND NOT

Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD	0.00
00001	AND NOT	0.01
00002	AND	0.02

00003	OUT	100.00

3. OR dan OR NOT

Apabila ada dua kondisi atau lebih yang terhubung secara paralel dalam garis instruksi yang berbeda namun kemudian bergabung kembali dalam satu garis instruksi yang sama, maka kondisi yang pertama akan terkait dengan instruksi LD dan LD NOT, sedangkan kondisi lainnya akan terkait dengan instruksi OR dan OR NOT. Gambar 2.12 menunjukkan contoh tiga buah kondisi yang berkaitan dengan menggunakan instruksi LD NOT, OR NOT dan OR. Masing-masing instruksi membutuhkan satu baris kode mnemonic. Kode mnemonic instruksi OR dan OR NOT ditunjukkan pada tabel 2.4.



Gambar 2.12 Ladder Diagram Instruksi OR dan OR NOT

(Ade Saputra, 2019)

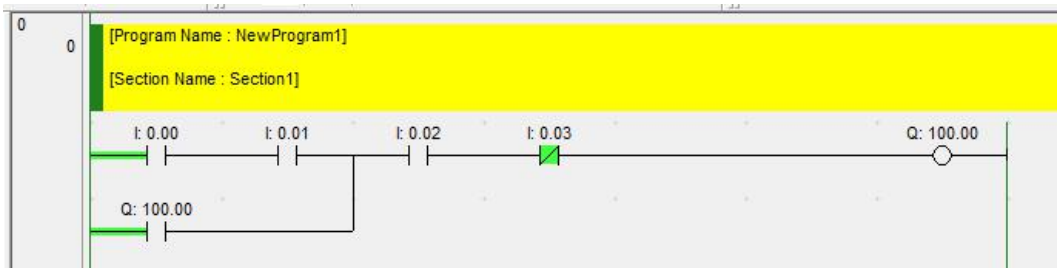
Tabel 2.4 Kode Mnemonic Instruksi OR dan OR NOT

Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD NOT	0.00
00001	OR NOT	0.01
00002	OR	0.02
00003	OUT	100.00

4. Kombinasi instruksi AND dan OR

Apabila instruksi AND dan OR digabungkan dalam suatu rangkaian diagram tangga yang kompleks, maka dapat dilihat masing-masing hasil gabungan

dari dua kondisi tersebut dengan menggunakan instruksi AND atau OR secara terpisah atau sendiri-sendiri. Kemudian hasilnya digabungkan menjadi satu kondisi dengan menggunakan instruksi AND atau OR yang terakhir. Gambar 2.13 menunjukkan contoh dari diagram tangga yang mengimplementasikan gabungan dari instruksi AND dan OR. Sedangkan kode mnemonic instruksi AND dan OR ditunjukkan pada tabel 2.5.



Gambar 2.13 Ladder Diagram Instruksi AND dan OR

(Ade Saputra, 2019)

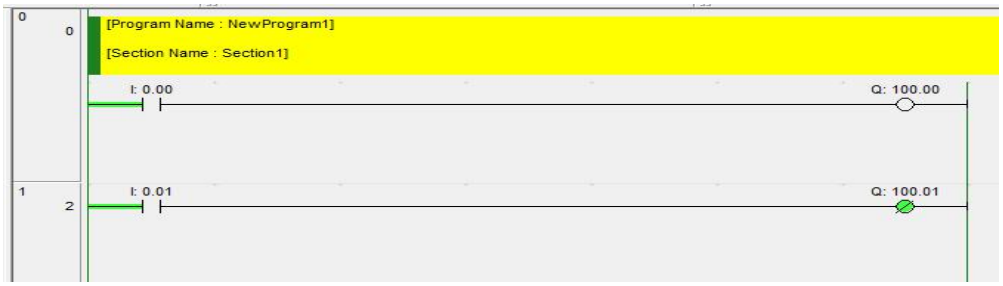
Tabel 2.5 Kode Mnemonic Instruksi AND dan OR

Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD	0.00
00001	AND	0.01
00002	OR	100.00
00003	AND	0.02
00004	AND NOT	0.03
00005	OUT	100.00

5. Instruksi OUTPUT (OUT) dan OUTPUT NOT (OUTNOT)

Instruksi-instruksi ini digunakan dalam mengontrol operan yang berkaitan dengan kondisi eksekusi, apakah akan menghasilkan keluaran ON atau OFF. Misalnya ketika menggunakan instruksi OUT pada kondisi eksekusi ON, maka bit operan juga akan menjadi ON. Atau apabila digunakan instruksi OUT NOT pada

kondisi eksekusi OFF, maka bit operan yang dihasilkan akan menjadi ON. Pada gambar 2.14 berikut ini dapat dilihat *ladder diagram* untuk instruksi LD OUT dan LD OUT NOT. Untuk kode mnemonic instruksi LD OUT ditunjukkan pada tabel 2.6, sedangkan kode mnemonic instruksi LD OUT NOT ditunjukkan pada tabel 2.7.



Gambar 2.14 Ladder Diagram Instruksi LD OUT dan LD OUT NOT

(Ade Saputra, 2019)

Tabel 2.6 Kode Mnemonic Instruksi LD OUT

Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD	0.00
00001	OUT	100.00

Tabel 2.7 Kode Mnemonic Instruksi LD OUT NOT

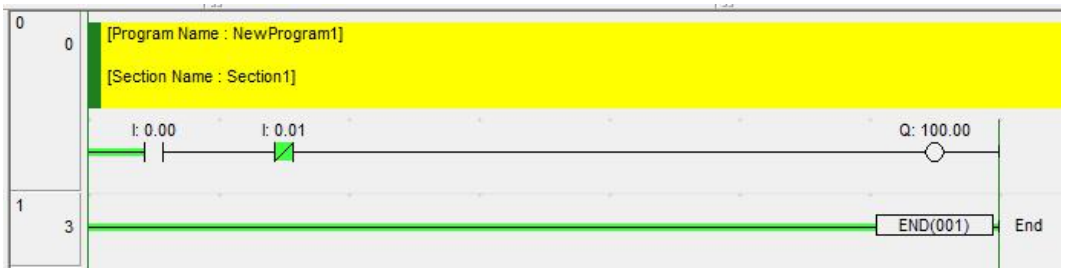
Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD	0.01
00001	OUT NOT	100.01

6. Instruksi END

Instruksi END merupakan instruksi yang dituliskan atau digambarkan pada akhir diagram tangga. CPU pada PLC akan menjalankan seluruh instruksi dari baris awal program hingga instruksi terakhir sebelum instruksi END dijalankan, kemudian CPU akan kembali lagi mengerjakan semua instruksi dalam program dari awal sehingga instruksi-instruksi yang berada di bawah END akan diabaikan.

Instruksi END digunakan untuk mengakhiri program. Instruksi END tidak memerlukan operan dan juga tidak boleh diawali dengan suatu kondisi seperti pada instruksi-instruksi lainnya.

Suatu diagram tangga atau program PLC harus diakhiri dengan instruksi END. Apabila suatu program tidak diakhiri dengan menggunakan instruksi END, maka program tersebut tidak akan dijalankan sama sekali. Angka yang tertera pada instruksi END pada kode mnemonik merupakan kode fungsinya. Contoh penggunaan instruksi END dapat dilihat dari gambar 2.15. Sedangkan untuk kode mnemonic nya dapat dilihat pada tabel 2.8.



Gambar 2.15 Ladder Diagram Instruksi END

(Ade Saputra, 2019)

Tabel 2.8 Kode Mnemonic Instruksi END

Alamat	Instruksi	Operan
00000	LD	0.00
00001	AND NOT	0.01
00002	OUT	100.00
00003	END(001)	-

7. Instruksi TIMER (TIM)

Instruksi TIM pada program PLC dapat digunakan sebagai timer (pewaktu) Ondelay pada rangkaian *relay*. Instruksi TIM membutuhkan angka timer (N) dan nilai set (SV) yang berkisar antara 0000 sampai 9999 yang artinya 000,0

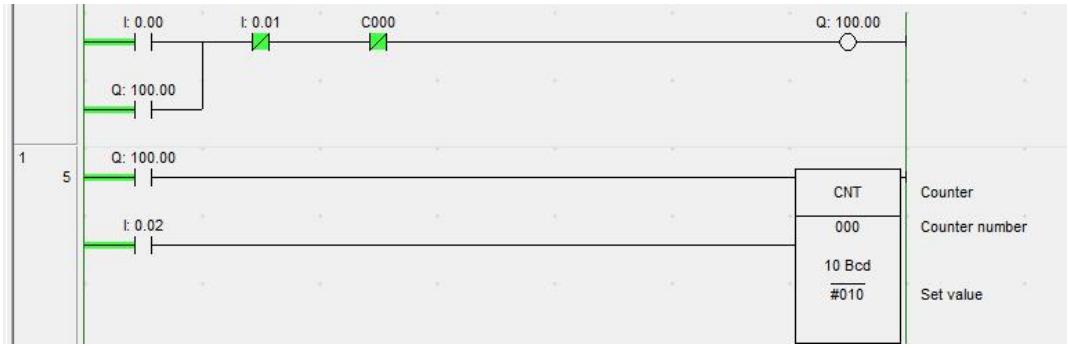
detik sampai 999,9 detik. Gambar 2.16 memperlihatkan simbol pada diagram tangga dan area data operan dari instruksi TIM.

Gambar 2.16 Ladder Diagram Penggunaan Instruksi Blok Logika TIMER (TIM)

(Ade Saputra, 2019)

8. 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, input reset, angka counter, dan nilai set (SV) dari 0000 sampai 9999. Simbol tangga dan area data operan dari instruksi CNT dapat dilihat pada gambar 2.17.



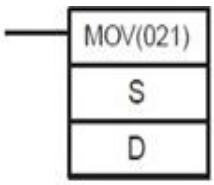
Gambar 2.17 Ladder Diagram Penggunaan Instruksi COUNTER (CNT)

(Ade Saputra, 2019)

9. 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 2.18.



Gambar 2.18 Instruksi MOV

(Eka Samsul, 2018)

Untuk S adalah *source* dan *D* adalah *destination.* MOV(021) adalah instruksi untuk memindahkan data dengan kapasitas 1 word atau 16 bit, tanpa memrubah status data tersebut. Sedangkan MOVL(498) adalah instruksi untuk memindahkan data dengan kapasitas 2 Word atau 32 bit [14]. Contoh perintah MOV dapat dilihat pada gambar 2.19.

Gambar 2.19 Contoh Penggunaan Instruksi MOV
(Eka Samsul, 2018)

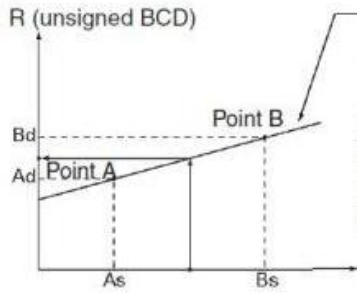
Pada Gambar di atas adalah pemindahan data 1 word *Unsigned Integer*, yaitu dengan cakupan data 0 – 65535. Instruksi Mov pertama memindahkan data Konstanta Desimal senilai 30 ke alamat Data Memory D0 ketika Kontak W0.00 diaktifkan.

Sedangkan Instruksi MOV ke dua memindahkan nilai yang ada pada Data Memory D2 ke Data Memory D3 [14].

10. 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 memory PLC tentu berupa data digital yang mewakili nilai jaraknya. Misalkan nilai digital 0 mewakili jarak 20 cm dan nilai 4000 mewakili 80 cm.

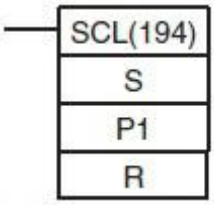
Persamaan garis lurus dapat digunakan sebagai metode untuk menyelesaikan permasalahan skala yang memiliki 2 variable. Dimana variable yang telah diketahui nilainya ditetapkan sebagai X, sedangkan variable yang belum diketahui nilainya sebagai Y [14]. Persamaan paling umum yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.20.



Gambar 2.20 Gafik Persamaan SCL
(Eka Samsul, 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 (as,ad) dan koordinat titik B adalah (bs,bd). Maka dengan persamaan garis lurus nilai yang berada di antara as dan bs (misalnya titik Cs) dapat diketahui hasilnya pada cd, dan seterusnya [14]. Instruksi SCL dapat dilihat pada gambar 2.21.



Gambar 2.21 Instruksi SCL
(Eka Samsul, 2018)

Untuk S sebagai sumber data memory yang akan dilakukan skala, P1 adalah informasi 2 titik sampling. Data pada P1 memakai panjang data 4 word yang berfungsi menyimpan nilai As, Ad, Bs dan Bd. R adalah data memory yang menampilkan hasil Skala [14]. Contoh penggunaan instruksi SCL dapat dilihat pada gambar 2.22.

Gambar 2.22 Contoh Penggunaan Instruksi SCL
(Eka Samsul, 2018)

2.4. Relay

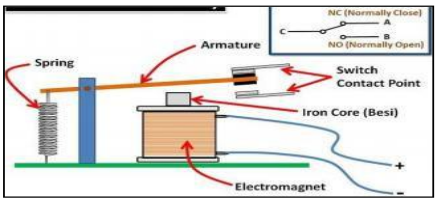
Relay adalah saklar mekanik yang dikendalikan atau dikontrol secara

elektronik (elektromagnetik). Saklar pada *relay* akan terjadi perubahan posisi *OFF* ke *ON* pada saat diberikan energi elektromagnetik pada armatur *relay* tersebut[2].

Relay pada dasarnya terdiri dari 2 bagian utama yaitu saklar mekanik dan sistem pembangkit elektromagnetik (induktor inti besi). Saklar atau *contactor relay* dikendalikan menggunakan tegangan listrik yang diberikan ke induktor pembangkit magnet untuk menarik armatur tuas saklar atau *contactor relay*. Relay 220VAC dapat dilihat pada gambar 2.23

Gambar 2.23 *Relay* 220VAC
(Fernando, 2017)

Relay dibutuhkan dalam rangkaian elektronika sebagai eksekutor sekaligus *interface* antara beban dan sistem kendali elektronik yang berbeda sistem *power supply*-nya. Secara fisik antara saklar atau *contactor* dengan elektromagnet *relay* terpisah sehingga antara beban dan sistem kontrol terpisah. Struktur relay dapat dilihat pada gambar 2.24



Gambar 2.24 Struktur Relay
(Fernando, 2017)

Bagian utama *relay* elektromekanik adalah sebagai berikut:

1. Kumparan Elektromagnet
2. Saklar atau *Contactor*
3. *Swing Armature*

4. *Spring*

2.5. MCB (Mini Circuit Breaker)

Mini Circuit Breaker (MCB) adalah perangkat elektromagnetik yang melindungi rangkaian listrik dari arus berlebih (*Overcurrent*). Arus berlebih dalam rangkaian listrik dapat dihasilkan dari hubungan pendek arus listrik (*short circuit*) atau *over load*. MCB lebih baik dibandingkan dengan *fuse* karena MCB tidak memerlukan pengganti setiap terdeteksi arus berlebih[2].

MCB dapat diatur ulang dengan mudah sehingga menekan biaya operasi. Sedangkan *fuse* ketika mengalami arus berlebih ataupun *over load* maka pengaman lebur akan memutuskan rangkaian. Mcb dapat dilihat pada gambar 2.25.

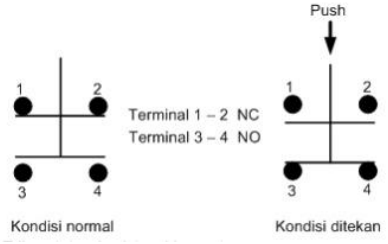
Gambar 2.25 Mini Circuit Breaker

(Fernando, 2017)

2.6. Push Button

Push button switch (saklar tombol tekan) adalah perangkat / saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan unlock (tidak mengunci). Sistem kerja unlock disini berarti saklar akan bekerja sebagai device penghubung atau pemutus aliran arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol tidak ditekan (dilepas), maka saklar akan kembali pada kondisi normal[5].

Berdasarkan fungsi kerjanya yang menghubungkan dan memutuskan, push button switch mempunyai 2 tipe kontak yaitu NC (Normally Close) dan NO (Normally Open). Simbol pushbutton dapat dilihat pada gambar 2.26



Gambar 2.26 Simbol Pushbotton NO dan NC

(Ricardo, 2016)

2.7. Sepatu Kabel (Skun Kabel)

Sepatu kabel berfungsi untuk membuat sambungan penghantar dengan terminal peralatan, pengaman dan terminal sambungan pada panel agar dapat terselubung dengan baik. Ukuran serta jenis sepatu kabel bermacam-macam disesuaikan dengan penampang peghantar serta terminal yang digunakan[5]. Skun kabel dapat dilihat pada gambar 2.27.

Gambar 2.27 Skun Kabel

(Ricardo, 2016)

2.8. Terminal Kabel

Terminal dibutuhkan untuk menyambungkan antar komponen listrik / menghubungkan kabel input[5]. Terminal kabel dapat dilihat pada gambar 2.28.

Gambar 2.28 Terminal Kabel

(Ricardo, 2016)

2.9. Baterai

Baterai pada PLTS berfungsi untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum dimanfaatkan untuk mengoperasikan beban. Beban dapat berupa lampu atau peralatan elektronik dan peralatan lainnya yang membutuhkan listrik DC[7].

Accumulator atau yang akrab disebut accu / aki adalah salah satu komponen penting pada kendaraan bermotor. Selain berfungsi untuk menggerakkan motor starter, aki juga berperan sebagai penyimpan listrik dan sekaligus sebagai penstabil tegangan dan arus listrik kendaraan. Baterai dapat dilihat pada gambar 2.29.

Gambar 2.29 Baterai atau Accu

(Sahori, 2011)

Rumus lama pemakaian baterai :

$P = V \times I$

$V = {}^{p}/_{I}$

$I = {}^{P}/_{V}$

Maka didapat :

I = 40W/12 = 3.3A

Waktu Pemakaian = 7.2Ah/3.3A = 2 Jam 18 Menit

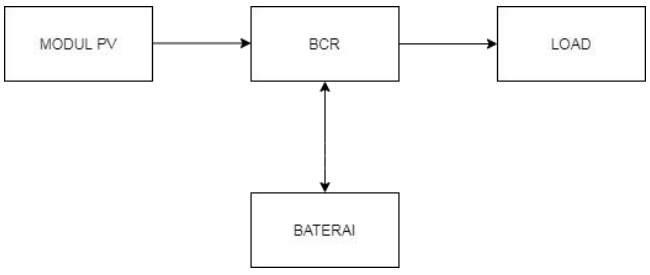
2.10. Battery Charger Controler

Battery Charger Regulator (BCR) adalah sebuah rangkaian kontrol yang mempunyai tugas mengatur regulasi pengisian dan pengosongan baterai. Pengaturan ini dilakukan dengan cara memutuskan hubungan sumber (modul *photovoltaic*)

dengan baterai ketika tegangan pada baterai telah mencapai titik HVD (*High Voltage Disconnected*) dan pengaturan juga dilakukan dengan memutuskan hubungan baterai dengan beban ketika tegangan baterai telah mencapai titik LVD (*Low Voltage Disconnected*)[11].

Fungsi utama dari *Battery Charger Regulator* (BCR) adalah mengatur proses pengisian dan pengosongan baterai agar baterai terhindar dari kerusakan. Pengaturan ini dilakukan dengan cara memutuskan hubungan sumber (modul *photovoltaic*). Dengan baterai ketika tegangan pada baterai telah mencapai titik HVD (*High Voltage Disconnected*).

Jika pada titik ini baterai tetap terhubung dengan sumber, maka akan dapat mengakibatkan penurunan tegangan dan merusak sel-sel dalam baterai. Pengaturan juga dilakukan dengan memutuskan hubungan baterai dengan beban ketika tegangan baterai telah mencapai titik LVD (*Low Voltage Disconnected*). Hal ini dilakukan agar *State Of Charge* (SOC) baterai tidak berkurang melebihi daerah yang direkomendasikan dengan mengacu pada adanya variasi besar dan waktu pengisian energi dari matahari. Jika baterai tetap terhubung dengan beban pada tegangan titik mati bawah (LVD), maka tegangan baterai akan menjadi habis dan akan merusak baterai. Diagram BCR dapat dilihat pada gambar 2.30.



Gambar 2.30 Diagram BCR

(Wijaya, 2018)

Selain fungsi utama di atas, Battery Charger Regulator juga memiliki fungsi lain sebagai berikut :

1. Penghubung antar komponen pada sistem PLTS.
2. Proteksi terhadap beban berlebih (over load) pada beban.
3. Proteksi arus balik dari baterai ke modul PV.
4. Proteksi terhadap hubung singkat pada beban

SCC (*solar charge controller)* dapat dilihat pada gambar 2.31

Gambar 2.31 Solar Charge Controller

(Azhar, 2016)

2.11.1. Bagian-Bagian Umum Solar Charge Controller

Bagian-bagian SCC (*solar charge controller)* dapat dilihat pada gambar 2.32.

Gambar 2.32 Bagian-bagian Umum Solar Charge Controller

(Azhar, 2016)

Berikut bagian-bagian umum *solar charge controller* :

- Tombol untuk memilih menu / untuk menurukan limit tegangan *Solar Charge Controller*
- Tombol untuk memilih menu / untuk menaikan limit tegangan *Solar Charge Controller*

- Tombol untuk memilih menu
- Tombol Menu *Solar Charge Controller*
- *Output* 12Vdc *Solar Charge Controller* untuk ke lampu 12Vdc
- *Input Solar Charge Controller* untuk ke sel surya
- *Output Solar Charge Controller* untuk ke *accu*

1.12. Inverter

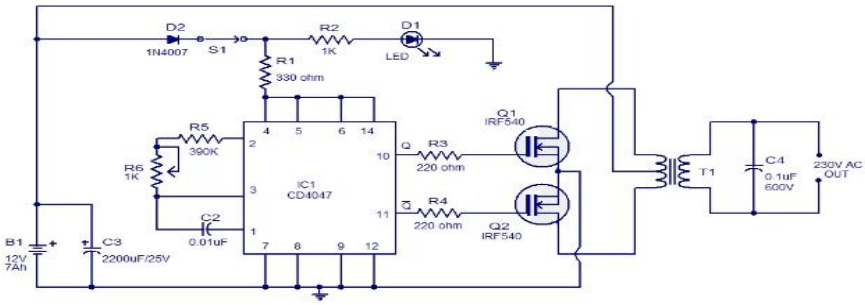
Inverter adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak balik (AC). Inverter mengkonversi 12 - 24 VDC dari perangkat seperti baterai, panel surya/solar cell menjadi arus 220 VAC[5].

Sumber Dc yang dibutuhkan inverter dapat berasal dari baterai atau dari sumber tegangan AC yang disearahkan. Untuk mendapatkan keluaran yang dikehendaki maka digunakan rangkaian control. Rangkaian control tersebut antara lain berfungsi untuk mengatur frekuensi amplitude gelombang keluaran. Agar gelombang keluarannya dapat kembali mendekati gelombang sinus, maka digunakan filter. Filter berfungsi untuk melewatkan frekuensi yang diharapkan saja. Filter yang digunakan disini biasanya merupakan filter jenis bandpass filter yang akan menagkal frekuensi rendah dan frekuensi tinggi yang tidak diharapkan pada keluarannya.

Disebut mode saklar karena alat ini bekerja dengan menggunakan teknik penyaklaran (switching). Keluaran dari inverter mode saklar ini masih berupa pulsa - pulsa berfrekuensi tinggi (frekuensi switching). Sedangkan rangkaian control berfunsi untuk mengendalikan proses penyaklaran (switching) yang terjadi pada inverter mode saklar. Pengendalian ini akan menentukan bentuk gelombang, amplitude gelombang, serta frekuensi gelombang keluaran pada system secara keseluruhan. Inverter DC to AC dapat dilihat pada gambar 2.33.

Gambar 2.33 Inverter DC 12V – AC 220V

(Ricardo, 2016)



Gambar 2.34 Contoh Schematic Rangkaian Inverter

(Pandu, 2017)

Penjelasan rangkaian inverter :

Cara kerja rangkaian inverter ini yaitu menggunakan IC CMOS tipe CD 4047 yang difungsikan sebagai sebuah multivibrator. IC jenis ini memiliki beberapa keunggulan dalam sebuah inverter yaitu menggunakan daya yang sangat kecil untuk operasi nya serta memiliki frekuensi yang stabil di output osilatornya sehingga frekuensi arus AC yang dihasilkan juga akan stabil.

Beberapa hal yang wajib diperhatikan sebelum merakit inverter sederhana ini yaitu :

1. Tegangan AC yang dihasilkan tidak sama dengan tegangan PLN yang memiliki output sine wave / gelombang sinus sehingga output inverter ini tidak cocok digunakan untuk beban yang memiliki coil seperti misalnya trafo, heater, pemanas nasi, motor listrik seperti kulkas dan lain-lain.