



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Definisi Sumber Energi

Energi adalah sesuatu yang abstrak yang sulit dibuktikan tetapi dapat dirasakan. Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha (energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha). Menurut Hukum Pertama Termodinamika, energi adalah kekal. Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari satu bentuk energi ke bentuk energi lainnya.

Menurut Purwadarminta<sup>1</sup>, energi adalah tenaga, atau gaya untuk berbuat sesuatu. Definisi ini merupakan perumusan yang lebih luas daripada pengertian-pengertian mengenai energi yang pada umumnya dianut didunia ilmu pengetahuan. Dalam pengertian sehari-hari energi dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan suatu pekerjaan.

Energi surya adalah sumber energi yang melimpah ruah adanya, bersih, bebas polusi, dan tidak akan habis sepanjang masa, merupakan extra terrestrial energi yang dapat dimanfaatkan melalui konversi langsung, seperti pada fotovoltaiik dan secara tidak langsung melalui pusat listrik tenaga termal surya

Secara teori, konversi energi yang dilakukan oleh fotovoltaiik adalah perubahan dari energi cahaya menjadi energi listrik, perubahan bahan silikon yang biasa digunakan dalam sistem fotovoltaiik disebut efek fotolistrik, atau lebih mudah untuk melepaskan energi listrik karena bahan silikon disinari oleh cahaya. sebuah sumber cahaya. Sehingga dari energi listrik tersebut dihasilkan daya yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan. Besar kecilnya daya listrik yang dihasilkan berbanding lurus dengan banyaknya cahaya yang diterima oleh bahan silikon dan juga jenis dan jenis bahan silikon yang digunakan.

---

<sup>1</sup> W.J.S. Purwadarminta, "Kamus Umum Bahasa Indonesia" , (Jakarta: PN Balai Pustaka, 1976).



### **2.1.1 Energi konvensional**

Energi Konvensional merupakan suatu energi yang diambil dari sumber yang hanya tersedia dalam jumlah terbatas di bumi dan tidak dapat diregenerasi. Sumber-sumber energi ini cepat atau lambat akan berakhir dan berbahaya bagi lingkungan. Sumber energi konvensional tidak dapat tergantikan dalam waktu singkat, itulah mengapa disebut tidak terbarukan. Sumber energi konvensional tidak ramah lingkungan; karena menimbulkan polusi udara, air, dan tanah yang sangat berdampak kepada penurunan tingkat kesehatan dan standar hidup.

Sumber energi yang ada di Indonesia saat ini terdiri dari: minyak yang terbatas, sumber daya gas alam yang cukup, dan sumber daya batubara yang memadai kelimpahan, dan energi panas bumi.

### **2.1.2 Energi terbarukan**

Energi terbarukan didefinisikan sebagai energi yang dihasilkan dari sumber alami seperti matahari, angin, dan air dan dapat dihasilkan lagi dan lagi. Sumber akan selalu tersedia dan tidak merugikan lingkungan. Energi terbarukan adalah sumber-sumber energi yang bisa habis secara alamiah. Energi terbarukan merupakan sumber energi paling bersih yang tersedia di planet ini.

Ada beragam jenis energi terbarukan, namun tidak semuanya bisa digunakan di daerah-daerah terpencil dan pedesaan. Tenaga surya, tenaga angin, biomassa dan tenaga air adalah teknologi yang paling sesuai untuk menyediakan energi di daerah-daerah terpencil dan pedesaan. Adapun berbagai energi terbarukan diantaranya:

#### **1. Energi matahari**

Matahari terletak berjuta-juta kilometer dari bumi (149 juta kilometer) akan tetapi menghasilkan jumlah energi yang luar biasa banyaknya. Energi yang dipancarkan oleh matahari yang mencapai bumi setiap menit akan cukup untuk memenuhi kebutuhan energi seluruh penduduk manusia di planet kita selama satu tahun, jika bisa ditangkap dengan benar. Tenaga surya bisa dimanfaatkan dengan cara-cara lain: Sel Surya (yang disebut dengan sel,



fotovoltaik” yang mengkonversi cahaya matahari menjadi listrik secara langsung. Pada waktu memanfaatkan energi matahari untuk memanaskan air, panas matahari langsung dipakai untuk memanaskan air yang dipompakan melalui pipa pada panel yang dilapisi cat hitam.

## 2. Tenaga angin

Pada saat angin bertiup, angin disertai dengan energi kinetik (gerakan) yang bisa melakukan suatu pekerjaan. Contoh: perahu layar memanfaatkan tenaga angin untuk mendorongnya bergerak di air. Tenaga angin juga bisa dimanfaatkan menggunakan baling-baling yang dipasang di puncak menara, yang disebut dengan turbin angin yang akan menghasilkan energi mekanik atau listrik.

## 3. Biomassa

Biomassa merupakan salah satu sumber energi yang telah digunakan orang sejak dari zaman dahulu kala: orang telah membakar kayu untuk memasak makanan selama ribuan tahun. Biomassa adalah semua benda organik (misal: kayu, tanaman pangan, limbah hewan, dan manusia) dan bisa digunakan sebagai sumber energi untuk memasak, memanaskan dan pembangkit listrik.

## 4. Tenaga air

Tenaga air adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir atau air terjun. Air yang mengalir ke puncak baling-baling atau baling-baling yang ditempatkan di sungai, akan menyebabkan baling-baling bergerak dan menghasilkan tenaga mekanik atau listrik.



## 2.2 Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai tingkat di mana energi listrik disampaikan dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah *watt* yang menyatakan besarnya daya listrik yang mengalir per satuan waktu (*joule/sekon*).

Pada penelitian ini yang akan dihitung adalah daya keluaran panel surya yang disinari oleh sinar matahari. Listrik yang dihasilkan oleh modul panel surya adalah listrik dengan arus searah atau DC (*Direct Current*). Daya listrik, seperti daya mekanik, dilambangkan dengan huruf P dalam persamaan listrik. Di sirkuit DC, daya listrik sesaat dihitung menggunakan Hukum *Joule*, dinamai fisikawan Inggris James Joule, yang pertama kali menunjukkan bahwa energi listrik dapat diubah menjadi energi mekanik, dan sebaliknya. Daya listrik yang dilambangkan dengan huruf P juga dapat dianalisis dengan menggunakan rumus  $P = V.I$  karena daya yang dihasilkan modul panel surra merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus listrik atau dapat dirumuskan sebagai berikut:

Berikut persamaan untuk menghitung daya listrik :

$$P = V.I \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

$$P = \text{Daya (W)}$$

$$I = \text{Arus (A)}$$

$$V = \text{Tegangan (V)}$$

Jadi keluaran dari masing-masing sumber daya memiliki daya yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan diatas. Dengan begitu daya yang akan dicari  $P = V.I$  adalah hasil perkalian antara tegangan dan arus keluaran modul panel surya, dan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, besaran tegangan dan arus keluaran dari modul panel surya sangat dipengaruhi oleh penerimaan sinar matahari yang diperoleh setiap modul panel surya.



## 2.3 Tenaga Surya

Matahari ialah suatu sumber energi natural yang tidak akan habis dan kita dapat memakainya dimana pun berada. Indonesia sendiri merupakan suatu negara yang dilewati oleh garis khatulistiwa dan menerima panas matahari yang lebih banyak daripada negara lain, mempunyai potensi yang sangat besar untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga surya sebagai sumber alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil, yang bersih, tidak berpolusi, aman dan persediaannya tidak terbatas.

Energi matahari merupakan sumber energi utama dalam kehidupan di bumi dan memegang peranan paling penting dari berbagai sumber energi lain yang digunakan oleh manusia.

Pembangkit listrik tenaga surya yang efisien dapat menghasilkan energi yang dapat memenuhi kebutuhan energi lokal dan juga dapat diekspor ke negara tetangga. Selain itu, sistem pembangkit listrik tenaga surya memiliki banyak keunggulan jika dibandingkan dengan sistem pembangkit listrik dengan energi lain seperti pembangkit listrik tenaga air, nuklir dan batubara.

### 2.3.1 Pengertian radiasi matahari

Radiasi matahari adalah energi pancaran yang berasal dari proses termonuklir yang terjadi di matahari. Energi radiasi matahari berupa sinar dan gelombang elektromagnetik.

Pada dasarnya energi radiasi yang dipancarkan matahari mempunyai besaran yang tetap (konstan), tetapi karena orbit bumi mengelilingi matahari berbentuk elips, maka konstanta matahari bervariasi antara 1308 watt/m<sup>2</sup> sampai 1398 watt/m<sup>2</sup>. Dengan berpedoman pada luas penampang bumi yang menghadap matahari dan yang berputar sepanjang tahun, maka energi yang dapat diserap oleh Bumi besarnya adalah 751x10<sup>15</sup> kW-jam.

Atmosfir bumi mereduksi atau mengurangi radiasi matahari tersebut melalui proses pemantulan, penyerapan (oleh ozon, uap air, oksigen dan



karbon dioksida) dan penghamburan (oleh molekul-molekul udara, partikel debu atau polusi).

Radiasi matahari yang dapat diterima oleh panel surya dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Radiasi langsung (*direct radiation* atau *beam radiation*) yaitu intensitas radiasi matahari yang langsung diterima di permukaan bumi.
2. Radiasi tersebar (*diffuse radiation*) yaitu radiasi matahari yang diterima di permukaan bumi karena pantulan awan dan partikel di atmosfer bumi.
3. Radiasi pantulan yaitu radiasi yang dipantulkan oleh permukaan yang berdekatan, besarnya dipengaruhi oleh reflektansi permukaan yang berdekatan.

### **2.3.2 Pengaruh sudut datang sinar matahari**

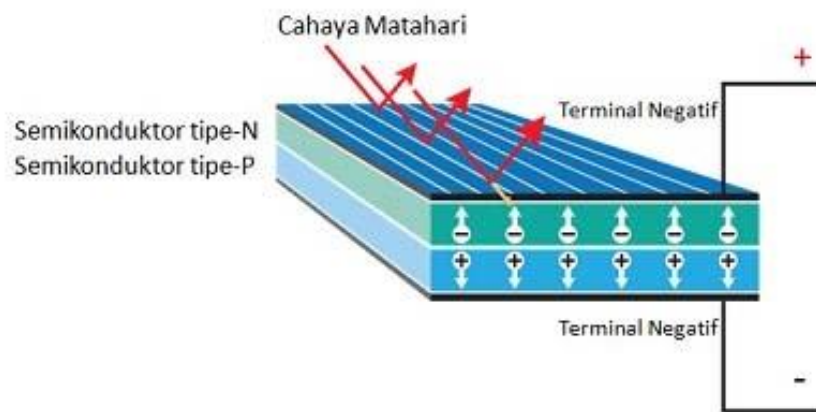
Besarnya radiasi yang diterima panel sel surya dipengaruhi oleh sudut datang yaitu sudut antara arah datangnya cahaya dengan komponen tegak lurus bidang panel atau membentuk sudut  $90^\circ$ . Panel akan mendapatkan radiasi matahari maksimum ketika matahari tegak lurus terhadap bidang panel. Bila arah matahari tidak tegak lurus bidang panel atau membentuk sudut, panel akan menerima radiasi yang lebih kecil dengan faktor  $\cos$  .

### **2.4 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya**

Pemanfaatan energi matahari dalam pembangkitan energi listrik telah banyak dilakukan salah satunya dengan menggunakan panel surya. Tenaga surya adalah energi yang berasal dari matahari. Dalam pengoperasian panel surya sebagai pembangkit listrik terdapat beberapa komponen pendukung yang melengkapi sistem pembangkitnya, yaitu meliputi panel surya, *controller regulator*, baterai/aki, dan inverter.

### 2.4.1 Panel surya

Sel surya dapat berupa alat semikonduktor penghantar aliran listrik yang dapat secara langsung mengubah energi surya menjadi bentuk tenaga listrik secara efisien, hampir semua sel surya dibuat dari bahan silikon berkrystal tunggal. Pada prinsipnya sel surya atau solar panel mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Sel surya memiliki potensi sebagai pengubah sumber energi alternatif. Salah satu sifat sel surya adalah menyerap energi secara maksimal ketika cahaya yang mengenai panel berada dalam posisi tegak lurus sehingga posisi panel surya yang ideal adalah menghadap langsung ke matahari (untuk memastikan efisiensi yang maksimal). Seperti pada gambar 2.1.



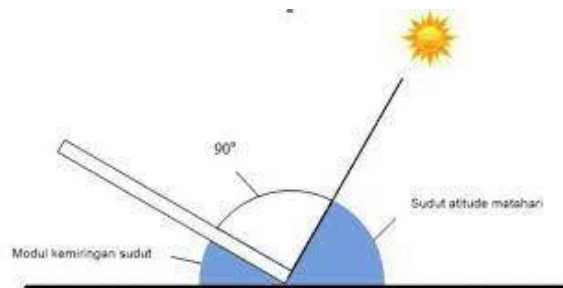
Gambar 2.1 Penampang panel surya<sup>2</sup>

Medan listrik pada panel surya bertindak sebagai dioda, memungkinkan elektron terdorong atau mengalir dari sisi P ke sisi N, tetapi tidak sebaliknya. Digambarkan seperti bukit, elektron dapat dengan mudah menuruni bukit (ke sisi N), tetapi tidak bisa memanjat (ke sisi P). Ketika cahaya, dalam bentuk foton, menerpa sel surya, energinya memisah pasangan elektron dan *hole*. Setiap foton dengan energi yang cukup biasanya akan membebaskan tepat satu elektron dan satu *hole*. Jika hal ini terjadi cukup dekat dengan medan listrik, atau jika elektron bebas dan *hole* bebas kebetulan berjalan ke jangkauan yang terpengaruh, lapisan

<sup>2</sup> Sumber: <https://bumienergisurya.com/sel-surya-solar-cell-pengertian-dan-prinsip-kerja/>

akan mengirim elektron ke sisi N dan hole ke sisi P. Hal ini menyebabkan pengaruh lebih lanjut dari netralitas listrik, dan jika kita memberikan jalur arus eksternal, elektron akan mengalir melalui jalur ke sisi P untuk bersatu dengan *hole* dimana medan listrik dikirim. Aliran elektron menyediakan arus, dan medan listrik sel menyebabkan tegangan.

Modul surya menghasilkan arus searah (DC) yang berarti arus satu arah. Jika peralatan di rumah atau bangunan memerlukan arus bolak-balik (AC) untuk mengoperasikannya, maka arus searah (DC) dari modul PV harus diubah menjadi arus bolak-balik (AC). Hal ini bisa dilakukan menggunakan inverter. Biasanya panel surya diletakkan dengan posisi statis menghadap matahari. Padahal bumi itu bergerak mengelilingi matahari. Orbit yang ditempuh bumi berbentuk elips dengan matahari berada di salah satu titik fokusnya. Karena matahari bergerak membentuk sudut selalu berubah, maka dengan posisi panel surya itu yang statis itu tidak akan diperoleh energi listrik yang optimal. Agar dapat terserap secara maksimum, maka sinar matahari itu harus diusahakan selalu jatuh tegak lurus pada permukaan panel surya. Hubungan modul surya terhadap ketinggian matahari.



Gambar 2.2 Hubungan modul surya dengan ketinggian matahari

Jadi, jika ingin mendapatkan energi listrik yang lebih optimal, sistem sel surya itu masih harus dilengkapi pula dengan rangkaian kontrol untuk mengatur arah permukaan panel surya agar selalu mengarah matahari sedemikian rupa sehingga sinar matahari jatuh hampir tegak lurus pada panel surya.



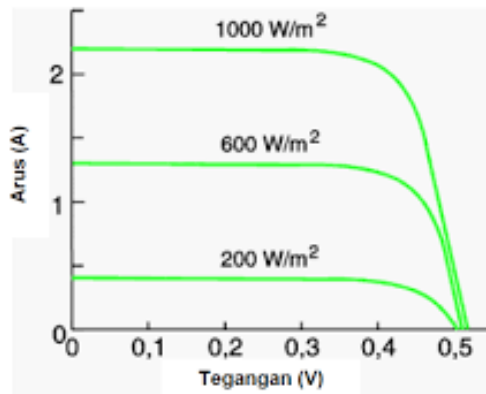


#### 2.4.1.1 karakteristik modul surya

Kinerja sel surya yang terbaik ditunjukkan oleh karakteristik arus tegangan. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui tegangan *output* (V) dan arus keluaran (I) dan bagaimana mereka bervariasi untuk hubungan satu sama lain. Daya (P) yang diproduksi oleh sel surya adalah produk dari tegangan (V) dan arus (I) untuk karakteristik operasi tertentu.

Kinerja modul surya digambarkan dengan karakteristik kurva I-V atau kurva arus listrik (I) terhadap tegangan (V). Modul surya akan menghasilkan arus listrik maksimum apabila tidak ada komponen tahanan (R) pada rangkaian, dengan kata lain kutub positif dan kutub negatif dihubungkan singkatkan. Arus maksimum biasa disebut sebagai arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ) dimana terjadi pada saat tegangan modul surya sama dengan nol ( $V = 0$ ).

Sebaliknya tegangan maksimum dihasilkan pada saat rangkaian tidak terhubung. Tegangan ini disebut sebagai tegangan terbuka ( $V_{oc}$ ), pada kondisi tahanan R sangatlah besar dan tidak ada sama sekali arus yang mengalir karena rangkaian listrik tidak terhubung atau dengan kondisi terbuka. Besaran daya listrik dengan satuan Watt didapatkan dengan cara mengalikan tegangan dan arus listrik ( $Watt = Volt \times Ampere$ ). Daya maksimum umumnya disebut dengan daya puncak dengan notasi  $P_m$ , jadi arus listrik pada posisi maksimum dituliskan sebagai  $I_{mp}$  dan tegangan sebagai  $V_{mp}$ . Kurva arus-tegangan setiap produk modul surya haruslah dibuat pada kondisi standar intensitas cahaya matahari dan temperatur modul surya, dikarenakan keluaran daya dari modul surya ini sangatlah tergantung kepada intensitas cahaya matahari yang jatuh di permukaan modul surya akan semakin besar arus listrik yang dihasilkan, dengan kata lain intensitas cahaya matahari berbanding lurus dengan keluaran arus listrik, sedangkan temperatur modul surya akan berbanding terbalik dengan keluaran tegangan yang dihasilkan, jadi semakin besar temperatur modul surya, tegangannya akan semakin menurun. Standar kurva I-V suatu modul surya dibuat pada kondisi intensitas cahaya  $1000 \text{ W/m}^2$  dan temperatur modul surya  $25^\circ \text{ Celcius}$ .

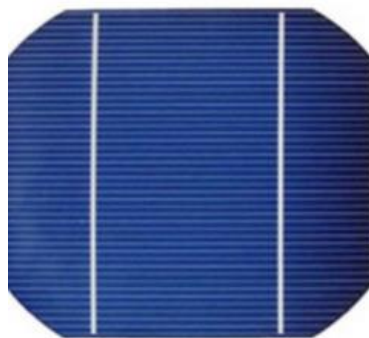


Gambar 2.3 Pengaruh tingkat radiasi pada I-V panel surya<sup>3</sup>

#### 2.4.1.2 jenis panel surya

Sel surya atau *photovoltaic* adalah perangkat yang dapat mengubah cahaya sinar matahari langsung untuk diubah menjadi listrik. Bahan semikonduktor seperti silikon, *galium arsenida*, dan *kadmium tellurida* atau indium tembaga deselenide biasanya digunakan sebagai bahan baku. Semi konduktor adalah bahan yang bukan isolator atau konduktor tetapi menunjukkan beberapa sifat keduanya. Adapun beberapa jenis dan bentuk panel surya, berikut ada 3 jenis panel surya :

##### 1. Monokristal (*Mono-crystalline*)



Gambar 2.4 Panel surya jenis *mono-crystalline*

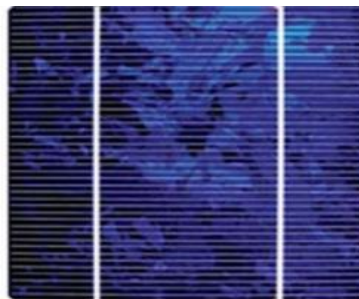
<sup>3</sup> Sumber: <https://dandanluhur.wordpress.com/2010/07/29/laporan-praktikum-karakteristik-sel-surya/amp/>

Gambar 2.4 menunjukkan jenis sel surya *Mono-crystalline*, yaitu kristal yang memiliki satu jenis adalah panel yang paling efisien diproduksi dengan teknologi terkini dan menghasilkan tenaga listrik. Persatuan luas tertinggi. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang membutuhkan konsumsi listrik yang besar di tempat-tempat dengan iklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. Pada sel surya jenis ini memiliki efisiensi 14% - 18%. Sel surya jenis ini memiliki kelemahan tersendiri apabila ditempatkan dibawah cahaya matahari yang kurang, sehingga efisiensinya akan turun drastis.

- *Gallium arsenide cell*, sangat efisien dari semua sel, tetapi harganya sangat mahal. Efisiensi dari sel ini mampu mencapai 25%.
- *Cadmium sulfide cell*, merupakan suatu bahan yang dapat dipertimbangkan dalam pembuatan sel surya, karena harga yang murah dan mudah dalam proses pembuatannya.

## 2. Polikristal (*Poly-crystalline*)

Adalah panel surya dengan susunan kristal acak. Diproduksi dalam proses pengecoran. Tipe ini membutuhkan area luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis kristal tunggal. Menghasilkan kekuatan yang sama. Untuk jenis panel surya ini kurang efisien dari pada jenis kristal tunggal. Harga juga cenderung lebih rendah. Gambar sel surya jenis polikristal pada gambar 2.5<sup>4</sup>.



Gambar 2.5 Sel surya jenis *poly-crytalline*

<sup>4</sup> Sumber: <https://www.sharemaz.com/2017/07/panel-surya-berdasarkan-jenis-sel-surya.html?m=1>

### 3. *Amorphous*

"Amorf" mengacu pada objek yang memiliki bentuk tertentu dan tidak ada didefinisikan sebagai bahan non-kristal. Tidak seperti silikon kristal, di mana susunan atom yang teratur, silikon amorf memiliki susunan atomnya tidak teratur. Bahan yang digunakan adalah proses film tipis dengan efisiensi sekitar 4-6%. Berikut gambar sel surya jenis *Amorphous*<sup>5</sup>.



Gambar 2.6 Sel surya jenis *amorphous*

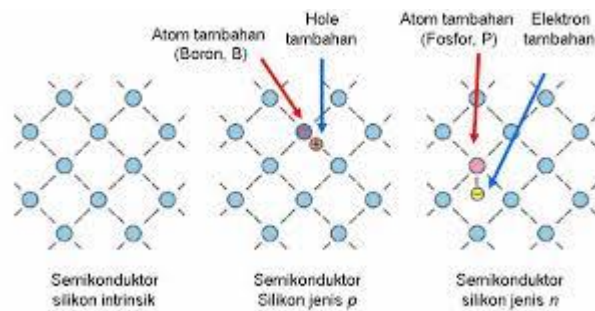
Sel surya dibuat dari bahan semikonduktor yaitu pasir silikon/silikat ( $\text{SiO}_2$ ) yang bertindak sebagai insulator pada suhu rendah dan sebagai konduktor dengan adanya energi dan panas. Bahan sel surya itu sendiri terdiri dari: kaca pelindung dan bahan perekat transparan yang melindungi bahan sel surya dari keadaan lingkungan; bahan anti-refleksi untuk menyerap lebih banyak cahaya dan mengurangi jumlah cahaya yang dipantulkan; semikonduktor tipe-p dan tipe-n (terbuat dari campuran silikon) untuk menghasilkan medan listrik; mulai saluran dan saluran terakhir (terbuat dari logam tipis) untuk mengirim elektron ke *furniture* listrik.

Proses mengubah atau mengubah sinar matahari menjadi listrik hal ini dimungkinkan karena bahan penyusun sel surya adalah: semikonduktor. Lebih tepatnya terdiri dari dua jenis semikonduktor; yaitu tipe-n dan jenisnya.

---

<sup>5</sup> Sumber: <https://www.sharemaz.com/2017/07/panel-surya-berdasarkan-jenis-sel-surya.html?m=1>

Semikonduktor tipe-n adalah semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, menghasilkan kelebihan muatan negatif, ( $n = \text{negatif}$ ). Semikonduktor tipe p memiliki kelebihan lubang, sehingga disebut p ( $p = \text{positif}$ ) karena kelebihan muatan positif. Caranya, dengan menambahkan elemen lain ke dalam semikonduktor, maka kita dapat mengontrol jenis semi-konduktor seperti yang diilustrasikan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.7 Jenis semi-konduktor silikon

#### 2.4.2 Controller regulator

Regulator pengontrol adalah perangkat elektronik dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Berfungsi untuk mengatur lalu lintas listrik dari modul surya ke baterai/accu (jika baterai/accu penuh maka listrik dari modul surya tidak akan diumpankan ke baterai/accu dan sebaliknya), dan dari beban baterai/accu (jika listrik di baterai/accu tetap 20 -30% maka listrik ke beban otomatis mati).



Gambar 2. 8 Controller regulator



### 2.4.3 Baterai/aki

Baterai berfungsi untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum digunakan untuk menggerakkan beban. Beban tersebut dapat berupa penerangan atau peralatan elektronik dan peralatan lain yang membutuhkan listrik. Penyimpanan energi listrik dari panel surya sangat penting dalam sistem sel surya. Fungsi utamanya adalah untuk menyimpan kelebihan pasokan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Kelebihan pasokan yang telah disimpan dalam baterai dapat digunakan ketika panel surya berhenti memasok energi listrik. Contoh kasus adalah ketika matahari redup atau gelap (hujan), dimana tidak mungkin mendapatkan sinar matahari, maka digunakan energi listrik yang disimpan pada alat penyimpan energi listrik. Kapasitas baterai dan waktu pemakaian baterai dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini :

$$Ah = I \times t \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

Ah = Kapasitas aki

I = Kuat arus (A)

t = Waktu (jam)

$$\text{Waktu pemakaian baterai} = \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{\text{Arus kerja}} \dots\dots\dots(2.3)$$

#### 2.4.3.1 konstruksi baterai (aki)

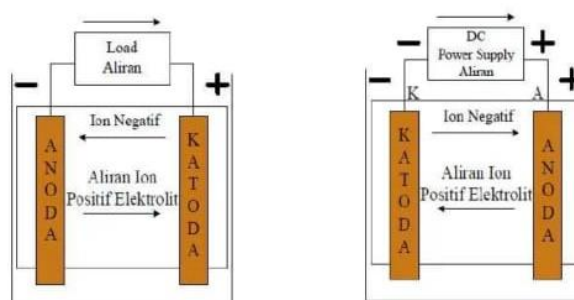
Ada 2 jenis aki yang ada di pasaran yaitu aki basah dan aki kering. Media penyimpanan aki basah untuk arus listrik merupakan jenis aki yang paling umum digunakan. Baterai jenis ini masih perlu diberi air baterai, yang dikenal sebagai baterai.

Sedangkan baterai jenis kering adalah jenis baterai yang tidak menggunakan cairan, mirip seperti baterai ponsel. Baterai ini tahan terhadap getaran dan suhu rendah. Pada baterai ini terdapat jenis elemen dan sel untuk menyimpan arus yang mengandung asam sulfat ( H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ). Setiap sel berisi pelat positif dan negatif. Pelat positif mengandung timbal berwarna coklat (PbO<sub>2</sub>),

sedangkan pelat negatif mengandung timbal (Pb). Pelat ditempatkan pada batang penghubung. Separator atau pemisah menjadi penyekat antar pelat, dibuat agar asam aki dapat dengan mudah bersirkulasi di sekitar pelat. Ketika ketiga unsur kimia ini berinteraksi, akan muncul arus listrik. Baterai memiliki 2 kutub / terminal, kutub positif dan kutub negatif. Biasanya kutub positif (+) lebih besar atau lebih tebal dari kutub negatif (-), untuk menghindari kelalaian jika baterai akan disambungkan ke kabel. Di dalam baterai terdapat level air minimum dan maksimum untuk setiap sel. Jika level baterai di bawah level minimum, akan merusak fungsi sel baterai. Jika air baterai melebihi batas maksimum, akan menyebabkan air baterai menjadi panas dan meluap melalui penutup sel.

#### 2.4.3.2 prinsip kerja baterai

1. Proses pengosongan sel berlangsung sesuai dengan gambar. Jika sel dihubungkan dengan suatu beban maka elektron mengalir dari anoda melalui beban melalui beban katoda, kemudian ion negatif mengalir ke anoda dan ion positif mengalir ke katoda.
2. Pada proses pengisian sesuai gambar dibawah ini, pada saat sel dihubungkan dengan catu daya maka elektroda positif menjadi anoda dan elektroda negatif menjadi katoda dan proses kimia yang terjadi adalah sebagai berikut :



Gambar 2.9 Pengisian baterai



### 2.4.3.3 cara-cara pengisian baterai

1. Pengisian awal

Yang dimaksud pengisian awal adalah pembentukan sel baterai, cara ini hanya dilakukan pada panel surya atau baterai *stationer* dan hanya dilakukan sekali saja.

2. Pengisian kembali

Ialah pengisian otomatis setelah baterai mengalami pengosongan. Lamanya pengisian kembali akan disensor oleh relai sehingga apabila baterai sudah penuh maka dilanjutkan dengan pengisian arus konstan (*trickle*).

3. Pengisian khusus

Merupakan pengisian baterai *boost charge* dengan memulihkan baterai secara cepat setelah adanya pengosongan yang banya, misalnya pada sistem operasi *charge* dan *discharge* yang belum mendapatkan catu PLN.

### 2.4.4 Inverter AC

Inverter AC berfungsi merubah arus DC dari baterai/aki menjadi arus AC, arus yang dihasilkan oleh inverter sangatlah stabil, sehingga sudah tidak memerlukan alat *stabilizer* lagi, serta aman dan berproteksi tinggi. Sangat fleksibel dalam penempatan desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

### 2.5 Perhitungan Daya Masukan dan Daya Keluaran

Daya yang diterima (*daya input*), di mana daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area modul panel surya dengan persamaan 2.3 :

$$P_{in} = I_r \cdot A \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

$P_{in}$  = Daya *input* (Watt)

$I_r$  = Intensitas matahari (Watt/m<sup>2</sup>)

$A$  = Luas permukaan (m<sup>2</sup>)





$$P_{out} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

$P_{out}$  = Daya keluaran (W)

$V_{oc}$  = Tegangan terbuka

$I_{sc}$  = Arus rangkaian pendek (A)

$FF$  = Faktor pengisi

Intensitas cahaya adalah flux cahaya yang jatuh pada 1 m<sup>2</sup> dari bidang itu. Dimana 1 lux = 1 lumen per m<sup>2</sup>, dan 1 lumen = 0,0015 Watt (P. Van Harten, 1995). Maka,  $I_r$  juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4 berikut:

$$I_r = lux \times 0,0015 \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

$I_r$  = Intensitas cahaya (Watt/m<sup>2</sup>)

### 2.6 Programmable Logic Controller (PLC)

*Programmable Logic Controllers* (PLC) adalah komputer elektronik yang mudah digunakan (*user friendly*) yang memiliki fungsi kontrol untuk berbagai jenis dan level berbagai kesulitan.

Capiel (1982) mendefinisikan, *Programmable Logic Controller* merupakan sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan didisain untuk pemakaian di lingkungan industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksiinstruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog.



Berdasarkan namanya, konsep PLC adalah sebagai berikut:

1. **Programmable**, memiliki kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan suatu program yang telah dibuat atau didesain, dengan mudah diubah-ubah fungsi atau kegunaannya.
2. **Logic**, memiliki kemampuan dalam memproses suatu *input* secara aritmatik dan *logic*, yakni dengan mengerjakan operasi membandingkan, mengalikan, menjumlahkan, membagi, mengurangi, negasi, AND, OR, dan lainnya.
3. **Controller**, memiliki kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses *input* sehingga menghasilkan *output* yang diinginkan.

Dalam sejarahnya PLC diperkenalkan pada tahun 1960-an. Dengan alasan untuk menggantikan suatu rangkaian relay *sequential* dalam suatu sistem pengontrolan. PLC bekerja dengan mengamati *input*, kemudian melakukan proses dan mengambil tindakan yang diperlukan, yaitu menghidupkan atau mematikan *output* dengan logika 0 atau 1. Dengan kata lain, PLC menentukan tindakan apa yang harus diambil pada instrumen keluaran mengenai status ukuran atau kuantitas yang diamati.

Secara umum fungsi PLC adalah sebagai berikut:

1. **Control:** PLC memproses sinyal biner *input* menjadi *output* yang digunakan untuk kebutuhan dalam pemrosesan rekayasa sekuensial (*sequential*), disini PLC mengurus semua langkah-langkah dalam proses berurutan berlangsung dalam urutan yang benar.
2. **Monitoring plant:** PLC terus memantau status suatu sistem (misalnya suhu, tekanan, tingkat ketinggian) dan mengambil tindakan yang diperlukan sehubungan dengan proses yang dikendalikan (misalnya nilai sudah melebihi batas) atau menampilkan pesan tersebut pada operator.
3. **Shutdown system:** Prinsip kerja PLC adalah menerima sinyal *input* proses yang dikontrol dan kemudian melakukan serangkaian instruksi logika pada sinyal *input* sesuai dengan program yang tersimpan di memori dan kemudian menghasilkan sinyal *output* untuk mengontrol aktuator atau peralatan lainnya.

Jenis PLC yang terkenal adalah Koyo, Honeywell, Siemens, Schneider Electric, Omron. PLC merupakan elemen unit kendali yang fungsi kendalinya dapat diprogram sesuai kebutuhan. PLC yang digunakan kali ini adalah Zen Omron 10C3DR-D-V2, konsep dasarnya tidak berbeda dengan PLC lainnya yaitu sebelum menggunakan PLC diprogram terlebih dahulu agar proses kontrol yang terjadi sesuai dengan yang diinginkan, gambar 2.10 tampilan PLC Zen Omron<sup>6</sup>.



Gambar 2.10 PLC zen omron 10C3DR-D-V2

Secara garis besar, ada dua bahasa pemrograman yang digunakan dalam pemrograman PLC, yaitu bahasa kode dan bahasa gambar. Bahasa kode sering kita jumpai dengan istilah *Mnemonic code* atau *STL (Statement List)*. Sedangkan bahasa gambar sering kita jumpai dengan istilah *ladder diagram* atau diagram tangga.

#### 1. Kode *mnemonic*

Pada saat menyusun program PLC dengan menggunakan Konsol pemrograman, tidak bisa melakukannya dengan menggunakan diagram tangga. Banyak sekali adalah karena kebanyakan program *console display* tampilannya kecil, jadi layarnya tidak mencukupi untuk menyusun diagram tangga dan hanya cukup untuk menyusun program menggunakan STL atau kode mnemonik. Maka di sinilah perlunya kita mempelajari STL atau kode mnemonik. Akan tetapi ada juga *programming console* yang di desain khusus

---

<sup>6</sup>Sumber: <https://www.ia.omron.com/products/family.1755/>

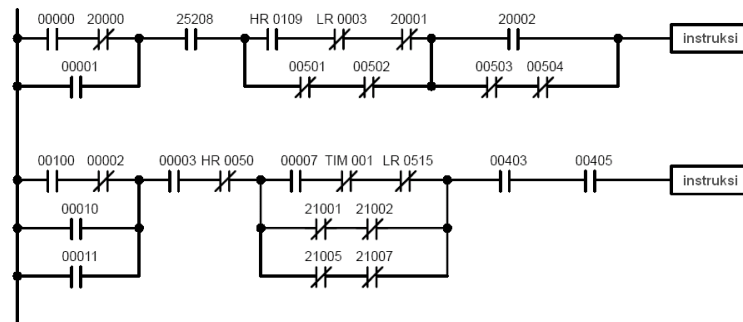
untuk bisa langsung menyusun program dengan menggunakan diagram tangga.

No. Baris	Instruksi	Data
00000	LD	000.00
00001	OUT	100.00
00002	LD NOT	000.01
00003	OUT	100.01
00004	END (001)	

Gambar 2.11 Contoh kode mnemonik<sup>7</sup>

## 2. Ladder diagram

Agfianto (2016: 57), “Sebuah diagram tangga atau *ladder* diagram terdiri dari sebuah garis menurun ke bawah pada sisi kiri dengan garis-garis bercabang kekanan”. Garis yang ada di sebelah sisi kiri disebut palang bus (bus bar), sedangkan garis-garis cabang (*the branching lines*) yang merupakan baris instruksi atau anak tangga. Contoh diagram ditunjukkan pada Gambar 2.12.<sup>8</sup>

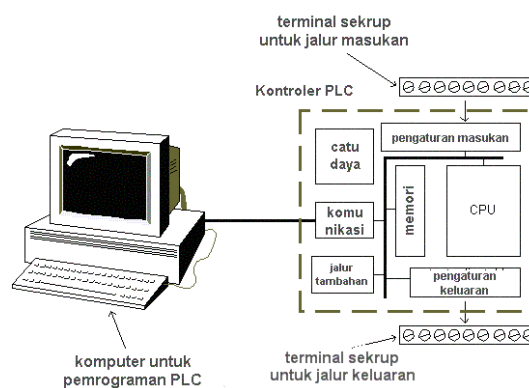


Gambar 2.12 Contoh diagram tangga

<sup>7</sup>Sumber: <https://agfi.staff.ugm.ac.id/blog/index.php/2009/01/plc-diagram-tangga-ladder-dasar/>

<sup>8</sup> Agfianto, 2016: 57 diakses dari <https://agfi.staff.ugm.ac.id/blog/index.php/2009/01/plc-diagram-tangga-ladder-dasar/> pada tanggal 14 April 2022.

Adapun komponen-komponen yang terpasang pada PLC, PLC sebenarnya adalah sistem mikrokontroler yang dirancang khusus untuk industri, dalam arti seperangkat perangkat lunak dan perangkat keras yang disesuaikan untuk keperluan dunia industri. Berikut elemen-elemen dasar sebuah PLC, pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.13 Elemen-elemen dasar PLC

### 1. Unit pengolahan pusat (CPU-Central Processing Unit)

CPU merupakan bagian utama dan merupakan otak dari PLC. CPU ini berfungsi untuk berkomunikasi dengan PC atau *Console*, menghubungkan setiap bagian dari PLC, menjalankan program, dan mengelola sistem *input* dan *output*.

### 2. Memori

Memori adalah suatu sistem (saat ini banyak yang mengimplementasikan penggunaan teknologi *flash*) yang biasanya digunakan oleh PLC sebagai sistem kontrol proses. Memori adalah tempat penyimpanan data sementara dan tempat menyimpan program yang harus dijalankan, dimana program tersebut merupakan hasil terjemahan dari suatu diagram tangga yang telah dibuat oleh pengguna.

### 3. Catu daya

Catu daya listrik digunakan untuk memberikan pasokan listrik pada PLC, Tegangan *input* pada PLC biasanya sekitar 24 VDC atau 220 VAC. Pada PLC besar, catu daya biasanya ditempatkan secara terpisah. Catu daya biasanya

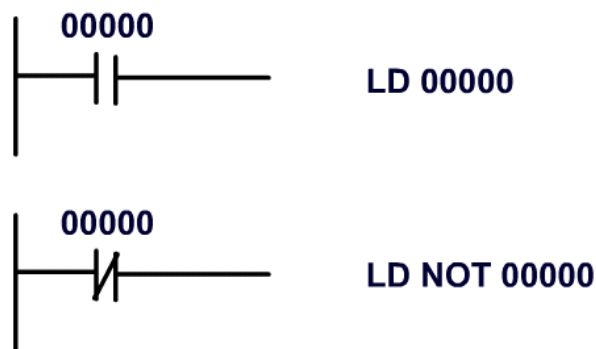
tidak digunakan untuk memberikan daya langsung pada *input* atau *output*, dalam arti *input* dan *output* adalah saklar murni.

## 2.7 Intruksi Dasar PLC

Instruksi Dasar PLC ini menggunakan diagram tangga yang instruksinya berhubungan dengan kondisi pada diagram tangga. Dalam pemrograman PLC dapat merepresentasikan fungsi-fungsi tertentu misalnya: *switch*, *timer*, *counter*, *output*, dll.

### 1. LD (*load*) dan LD NOT (*load not*)

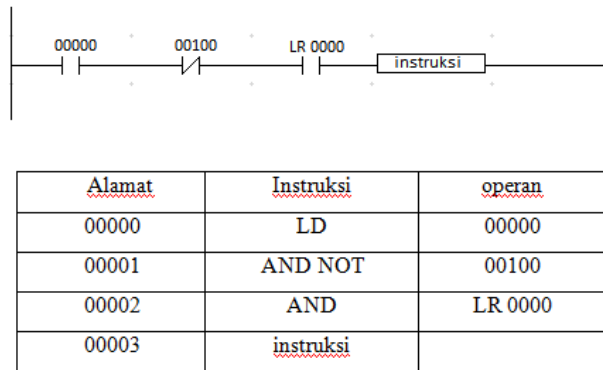
LD adalah logika yang berfungsi sebagai NO, mengalihkan sedangkan LD NOT merupakan logika pensaklaran sebagai kontak NC. Instruksi ini biasanya digunakan pada awal program dan diperlukan jika urutan kerja pada sebuah sistem kontrol hanya membutuhkan satu kondisi logis.



Gambar 2.14 Contoh intruksi **LD** dan **LD NOT**

### 2. AND dan AND NOT

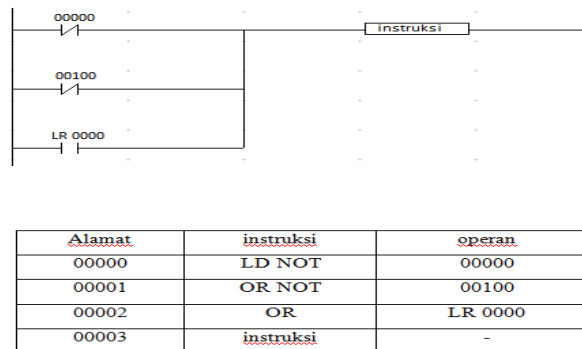
Fungsi instruksi AND dan AND NOT hampir sama dengan LD dan LD NOT yaitu sebagai instruksi saklar. Perbedaannya terletak pada lokasinya, AND dan AND NOT berada setelah LD dan LD NOT. Instruksi ini diperlukan jika urutan dalam suatu sistem kendali memerlukan lebih dari satu logika yang harus dipenuhi semua untuk mendapatkan suatu keluaran.



Gambar 2.15 Contoh penggunaan **AND** dan **AND NOT**

### 3. OR dan OR NOT

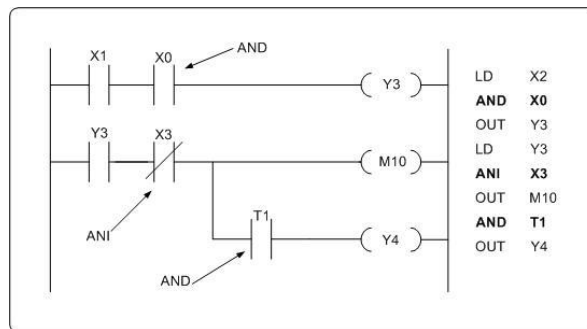
Apabila dua atau lebih suatu kondisi dihubungkan dengan kondisi paralel dengan rangkaian sebelumnya.



Gambar 2.16 Contoh penggunaan **OR** dan **OR NOT**

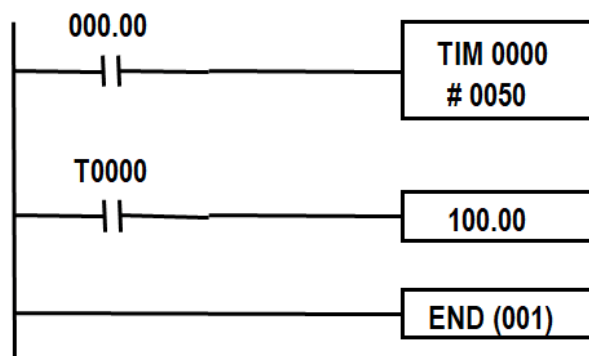
### 4. Intruksi OUT

OUT adalah fungsi dari instruksi kumparan atau keluaran dari beberapa instruksi yang sebelumnya telah ditetapkan kendali logika tertentu. OUT sesuai dengan status keluaran PLC.

Gambar 2.17 Contoh penggunaan **OUT**

### 5. Intruksi *timer*

*Timer* merupakan instruksi yang biasanya digunakan sebagai waktu tunda, untuk pengaturan nilai *timer* menggunakan hitungan mundur dari nilai yang sudah di set oleh suatu program. Setelah *timer* disetel dengan hitungan mundur dan sudah mencapai angka nol, *timer* akan bekerja seperti saklar.

Gambar 2.18 Contoh penggunaan **Timer**

## 2.8 Kelebihan dan Kekurangan PLC

Begitu banyak kelebihan yang dimiliki oleh PLC dibandingkan jenis sistem kontrol konvensional, yaitu :

### 1. Fleksibel

Sebelum ditemukannya sistem kontrol jenis PLC, sistem kontrol mesin masih menggunakan sistem relay-relay yang membutuhkan ruang yang cukup besar. Sistemnya masih sangat tidak praktis. Berbeda dengan sistem kontrol





PLC yang saat ini hanya memerlukan 1 buah PLC untuk melakukan pengontrolan mesin.

2. Mudah dalam mendeteksi kesalahan yang terjadi

Sebelum ditemukannya sistem kontrol PLC, untuk mengatasi permasalahan yang terjadi pada sistem konvensional akan membutuhkan banyak waktu pada saat dilakukan modifikasi. Dan jika terjadi masalah, maka akan cukup sulit dalam proses pelacakan masalahnya. Berbeda dengan sistem PLC yang saat ini digunakan, untuk mencari titik kesalahan kita dapat melakukan koreksi dengan melakukan simulasi diagram tangga (*ladder diagram*) untuk mencari titik kesalahan yang terjadi.

3. Mempunyai kontak relay yang banyak

Pada jenis PLC Relay kendali internal terdapat beberapa kontak relay sangat banyak. Tapi pada sistem relay konvensional memiliki jumlah kontak yang terbatas kira-kira hanya empat kontak, pada satu *Coil* Relay internal PLC, jumlah kontak dapat mencapai ratusan, tetapi masih bergantung pada kapasitas memori pada PLC.

4. Biaya investasi yang murah

Pada sistem kontrol konvensional fasilitas seperti : *Timer*, *counter* masih membutuhkan biaya investasi yang cukup mahal. Tetapi pada sistem PLC sudah terdapat fasilitas seperti itu, jadi tidak perlu lebih banyak *timer*, *counter* eksternal, dan fasilitas eksternal tambahan lainnya, karena sudah ada dalam PLC.

5. Kecepatan dalam operasi (*speed operation*)

Untuk jenis kontrol PLC kecepatan dalam beroperasi atau mengaktifkan fungsi-fungsi logika hanya dalam beberapa mili detik, karena PLC menggunakan rangkaian elektronika sehingga membuatnya sangat cepat.

6. Dokumentasi mudah

Pada hasil pemrograman PLC dapat langsung dicetak dengan mudah dalam beberapa menit saja, sehingga kita dapat melihat gambar diagram kontrolnya secara langsung.



Selain memiliki kelebihan yang telah dijelaskan diatas terdapat pula beberapa kekurangan yang dimiliki PLC yaitu :

1. Teknologi yang masih baru. Sehingga dalam perubahan penggunaan konvensional ke PLC masih membutuhkan cukup waktu.
2. PLC masih tidak kuat dalam lingkungan suhu tertentu.
3. Tenaga ahli yang masih sangat jarang.

## 2.9 Peralatan *Input* dan *Output* PLC

Peralatan *input* maupun *output* PLC merupakan suatu bagian yang penting untuk membantu menjalankan perintah PLC. Pada perancangan kali ini peralatan *input* dan *output* PLC yang digunakan ialah : *Push Button* NC dan NO, motor DC, relay, *limit switch*, dan *light dependent resistant* (LDR).

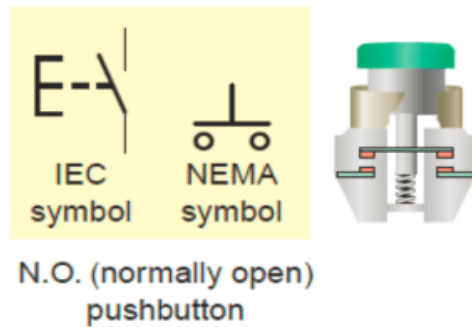
1. Tombol *normally open* (NO)

*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.<sup>9</sup>

Tombol jenis ini biasanya digunakan untuk menghubungkan arus ke rangkaian kontrol atau sebagai tombol *start*. Tombol tipe NO akan berfungsi untuk mengalirkan arus jika knop/tombol ditekan sehingga kontak saling terhubung.

---

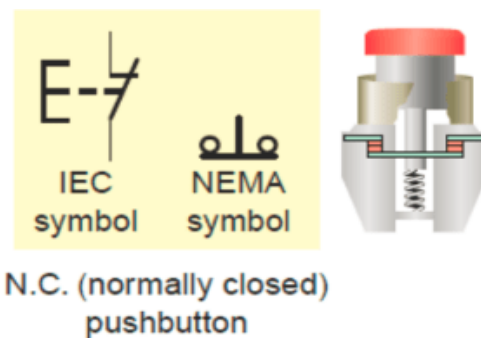
<sup>9</sup> Suprianto, 2015:10-30 diakses dari <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengertian-push-button-switch-saklar-tombol-tekan/> pada tanggal 07 April 2022.

Gambar 2.19 Tombol *Normally Open*

Namun sebaliknya jika aliran listrik akan terputus saat knop dilepas. Hal ini dikarenakan tombol tekan memiliki pegas yang dipaksa kembali ke posisi semula saat tombol dilepas.

## 2. Tombol *normally close* (NC)

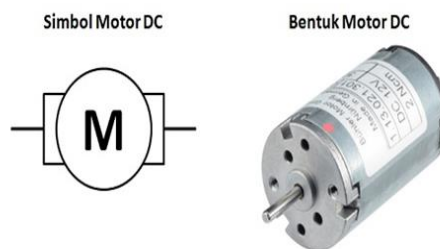
*Push button* jenis ini merupakan jenis kontak tertutup yang biasanya digunakan untuk memutus arus listrik dengan cara menekan tombol agar kontak-kontak tersebut menjadi terbuka (kontak terpisah). Namun jika knop dilepas maka akan kembali ke posisi semula (tertutup kembali). Tombol jenis ini digunakan untuk tombol stop.

Gambar 2.20 Tombol *Normally Close*

Pada perancangan kali ini peralatan *output* PLC yang digunakan ialah : Motor DC, relay, *limit switch*, dan *light dependent resistant* (LDR).

## 1. Motor DC

Motor DC (arus searah) merupakan perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk misalnya memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan dll. Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet<sup>10</sup>



Gambar 2.21 Motor DC

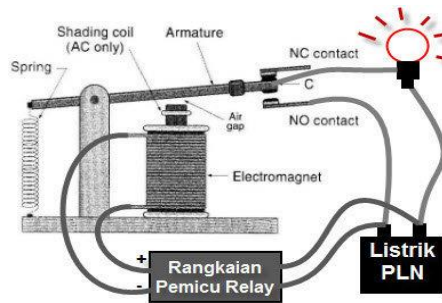
## 2. Relay

Relay merupakan suatu alat yang beroperasi dengan listrik yang secara mekanis mengontrol penghubung rangkaian listrik. Relay juga menjadi bagian yang sangat penting dalam sistem kontrol, yang dimana biasanya digunakan sebagai kontrol jarak jauh dan untuk kontrol alat tegangan dan arus yang tinggi dengan sinyal kontrol tegangan dan arus yang rendah.

Prinsip kerja pada relay sendiri ialah, ketika arus mengalir melalui elektromagnetik pada relay kontrol elektromagnetis, medan magnet akan menarik lengan besi yang akan mengakibatkan relay kontak *Normally Open* (NO), dan kontak *Normally Close* (NC) akan bekerja.

---

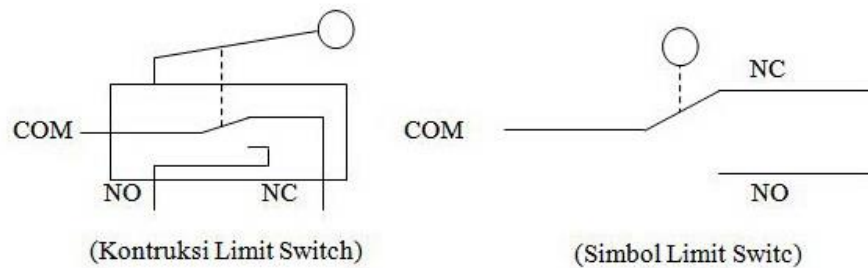
<sup>10</sup> Firmansyah, (2020). Bangun Sistem Kotrol Penggerak Panel Sel Surya Berbasis Programmable Logiccontroller: *Jurnal Swateknologi Vol. 2 NO 2*.



Gambar 2.22 Rangkaian relay

### 3. *Limit Switch*

*Limit switch* adalah jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi sebagai pengganti tombol. Prinsip kerja sakelar *limit switch* sama dengan saklar tekan yaitu hanya akan terhubung saat katup menyala ditekan pada batas tekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan memutuskan momen ketika katup tidak ditekan. Saklar batas termasuk dalam kategori sensor mekanis, yaitu sensor yang akan memberikan perubahan elektrik ketika ada perubahan mekanis pada sensor itu. Penerapan *limit switch* adalah sebagai sensor posisi benda bergerak. Prinsip kerja *limit switch* diaktifkan dengan menekan tombol pada batas/area yang telah ditentukan sebelumnya sehingga terjadi pemutusan atau sambungan sirkuit. Membatasi saklar memiliki dua kontak yaitu NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*) kontak di mana salah satu dari kontak diaktifkan saat tombol ditekan.

Gambar 2.23 Kontruksi dan simbol *Limit Switch*<sup>11</sup>

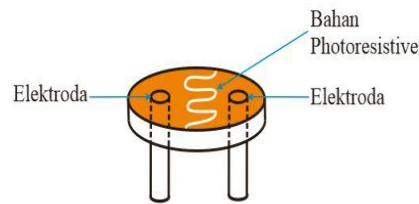
#### 4. LDR (*Light Dependent Resistant*)

LDR merupakan salah satu komponen elektronika yang dimana memiliki suatu hambatan yang dapat berubah–ubah sesuai dengan perubahan intensitas cahaya yang ditangkap oleh LDR. LDR sendiri merupakan singkatan dari *Light Dependent Resistor* atau *resistor* yang terpengaruh cahaya.

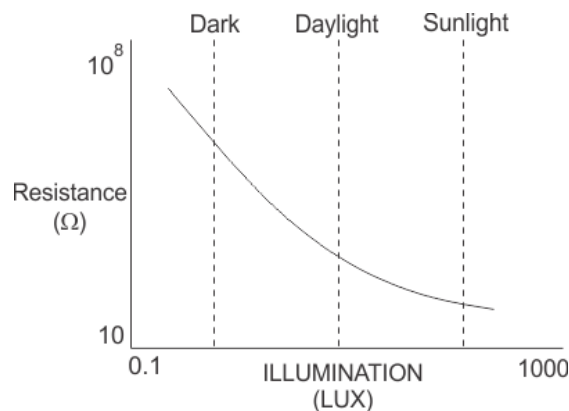
LDR sering juga disebut dengan alat atau sensor yang berupa *resistor* yang peka terhadap cahaya. LDR juga terbuat dari *cadmium sulfida* yaitu merupakan bahan semikonduktor yang memiliki hambatan yang dapat berubah–ubah sesuai dengan cahaya yang diterima oleh LDR.

Pada posisi gelap LDR biasanya memiliki hambatan sekitar 10 M $\Omega$ , dan tempat terang LDR mempunyai hambatan yang turun menjadi sekitar 150 $\Omega$ . Sensor cahaya LDR juga dapat digunakan sebagai sensor pada rangkaian saklar sensor lampu otomatis, sensor brankas, dan sensor pada *tracker* cahaya matahari.

<sup>11</sup> Sumber: <https://wira.co.id/limit-switch-adalah-pengertian-dan-cara-kerjanya/amp/>

Gambar 2.24 *light dependent resistor*

Karakteristik sensor cahaya LDR adalah suatu bentuk komponen yang mempunyai perubahan resistansi yang besarnya tergantung pada cahaya. Karakteristik LDR terdiri dari dua macam yaitu Laju *Recovery* dan Respon Spektral. Bila sebuah “Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*)” dibawah dari suatu ruangan dengan level kekuatan cahaya tertentu ke dalam suatu ruangan yang gelap, maka bisa kita amati bahwa nilai resistansi dari LDR tidak akan segera berubah resistansinya pada keadaan ruangan gelap tersebut. Namun LDR tersebut hanya akan bisa mencapai harga di kegelapan setelah mengalami selang waktu tertentu. Berikut kurva yang menunjukkan karakteristik LDR



Gambar 2.25 Kurva karakteristik LDR

Laju *recovery* adalah ukuran praktis dan peningkatan nilai resistansi dari waktu ke waktu. Nilai ini ditulis dalam K/detik, untuk LDR tipe arus harganya lebih besar dari 200K/detik (untuk 20 menit pertama dimulai dari level cahaya 100 lux), kecepatan akan lebih tinggi pada arah sebaliknya yaitu bergerak dari tempat gelap ke tempat terang. Dibutuhkan kurang dari 10 ms



untuk mencapai resistansi yang sesuai pada tingkat cahaya 400 lux. Respon *Spektral* Sensor cahaya LDR tidak memiliki sensitivitas yang sama untuk setiap panjang gelombang cahaya yang jatuh di atasnya (yaitu warna). Bahan yang biasa digunakan sebagai penghantar arus listrik adalah tembaga, aluminium, baja, emas, dan perak. Dari kelima bahan tersebut, tembaga merupakan konduktor yang paling banyak digunakan karena memiliki konduktivitas yang baik.

Prinsip kerja dari sensor cahaya LDR adalah hambatan dari sensor cahaya LDR akan berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya atau yang ada disekitarnya. Dalam gelap resistansi LDR sekitar  $10M\Omega$  dan dalam terang itu  $1K\Omega$  atau kurang. LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti *kadmium sulfida*. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepaskan atau arus listrik meningkat, artinya resistansi bahan berkurang.



