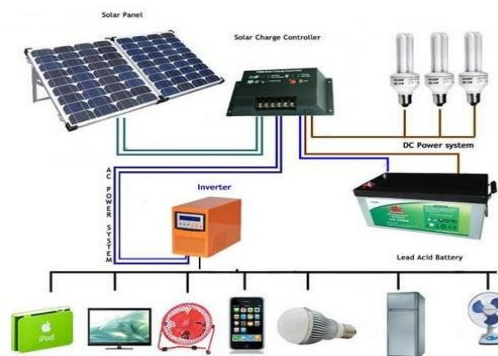


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah salah satu jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan sumber daya energi terbarukan yakni energi cahaya matahari didalam pemanfaatannya untuk menjalankan sistem pembangkit listrik. Adapun cara kerja dari pembangkit listrik tenaga surya ini ialah memanfaatkan sel surya sebagai salah satu komponen utamanya.



**Gambar 2.1** Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya(Sumber dari : looksalein.life)

Sel surya adalah seperangkat modul untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. Photovoltaic adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. PV biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semi konduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek photovoltaic. Sel surya mulai populer akhir - akhir ini, selain mulai menipisnya cadangan energi fosil dan isu global warming. Energi yang dihasilkan juga sangat murah karna sumber energi (matahari) bisa didapatkan secara gratis<sup>1</sup>.



Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini sangat efektif digunakan apabila kondisi iklim dari suatu negara, memiliki iklim tropis, oleh karena itu khususnya negara Indonesia yang beriklim tropis sangat cocok dalam penggunaan sistem pembangkit ini.

## 2.2 Jenis-Jenis Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya<sup>2</sup>

### 2.2.1 Mode Sistem Pengoprasian

#### a. Sistem PLTS *Off-grid*

Pembangkitan tenaga listrik yang energinya bersumber dari radiasi matahari melalui konversi sel fotovoltaik dimana sistem kelistrikannya tidak terhubung ke jaringan listrik umum. Sistem ini pada umumnya dilengkapi dengan baterai.

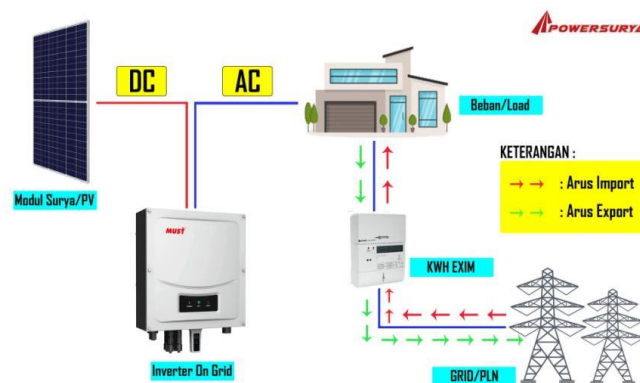


**Gambar 2.2** Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off-grid*  
(Sumber dari : POMPAIR.com)



### b. Sistem PLTS *On-grid*

Pembangkitan tenaga listrik yang energinya bersumber dari radiasi matahari melalui konversi sel fotovoltaik dimana sistem kelistrikannya



**Gambar 2.3** Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On-grid* terhubung ke jaringan listrik umum. Sistem ini pada umumnya tidak dilengkapi dengan baterai

### 2.2.2 Posisi Pemasangannya

#### a. PLTS *Ground Mounted* (dipasang diatas permukaan tanah)

Pemasangan PLTS dipermukaan tanah memiliki kelebihan dan kekurangan masing – masing yaitu :

#### **Kelebihan**

- Mudah diakses
- Mudah untuk dibersihkan
- Lebih mudah untuk memecahkan masalah
- Rak yang lebih kuat secara keseluruhan
- Sistem tidak terbatas pada dimensi atap



- Temperatur panel yang lebih dingin berarti keluaran energi yang lebih tinggi
- Tidak perlu melepas panel jika atap diganti

### Kekurangan

- Instalasi lebih rumit
- Pemasangan lebih mahal
- Membutuhkan lebih banyak bagian dan potongan
- Butuh lahan besar
- Tidak enak dipandang secara estetika untuk semua orang
- Panel Surya Terpasang di Atap



**Gambar 2.4** Pemasangan PLTS dipermukaan tanah

- b. PLTS *Rooftop* (dipasang diatas atap atau dapat terintegrasi denganatap)

Panel surya sebagai media utama dalam menyerap energi listrik dari cahaya matahari. Secara umum biasanya PLTS dipasang di atap rumah, di atas tanah ataupun diatas air (terapung). PLTS yang dipasang diatas atap adalah solusi apabila memiliki keterbatasan lahan kosong atau didaerah yang padat penduduk. Gambar adalah salah satu contoh pemasangan PLTS atap.



### **Kelebihan**

- Lebih murah
- Membutuhkan lebih sedikit bahan untuk dipasang
- Biaya tenaga kerja instalasi lebih rendah
- Memanfaatkan ruang yang tidak terpakai

### **Kekurangan**

- Sulit diakses – terutama jika atap Anda curam atau licin
- Lebih sulit untuk memecahkan masalah jika ada kesalahan
- Temperatur panel yang lebih tinggi berarti output panel yang lebih rendah
- Kendala ruang di atap membatasi ukuran sistem
- Dapat merepotkan jika Anda perlu mengganti atap dalam masa pakai panel (mungkin menginstal sistem dua kali)
- Menempatkan lubang di atap Anda dapat menyebabkan masuknya air



**Gambar 2.5** Pemasangan PLTS diatas atap



### c. PLTS Terapung

Sedangkan PLTS yang dipasang diatas air biasanya dipasang didaerah yang minim daratan atau daerah dipinggir laut. Kelebihan PLTS terapung yaitu tidak membutuhkan lahan/ daratan, mengurangi terjadinya penguapan air, menghambat pertumbuhan gulma seperti eceng gondok.



**Gambar 2.6** Pemasangan PLTS Terapung

### 2.2.3 Desain Sistem

#### a. PLTS Terpusat

Sistem PLTS yang modul fotovoltaiknya didesain secara terpusat (dalam satu area) dan memiliki sistem jaringan distribusi untuk menyalurkan daya listrik ke beban.

#### b. PLTS Tersebar/Terdistribusi

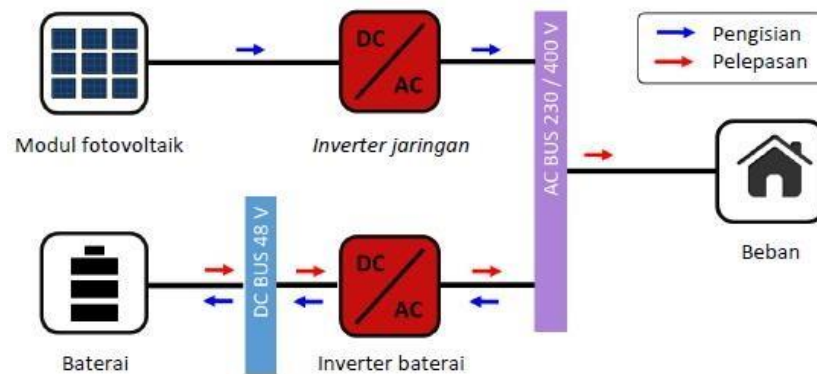
Sistem PLTS yang modul fotovoltaiknya didesain secara tersebar umumnya tidak memiliki sistem jaringan distribusi, sehingga setiap pelanggan memiliki sistem PLTS tersendiri.

### 2.3 Konfigurasi PLTS *Off-Grid*

Secara umum, sistem PLTS *Off-grid* adalah sistem kelistrikan yang tidak terhubung dengan jaringan listrik umum (PLN) atau dengan pembangkit lainnya. Sifatnya berdiri sendiri mengandalkan baterai ketika PLTS berada

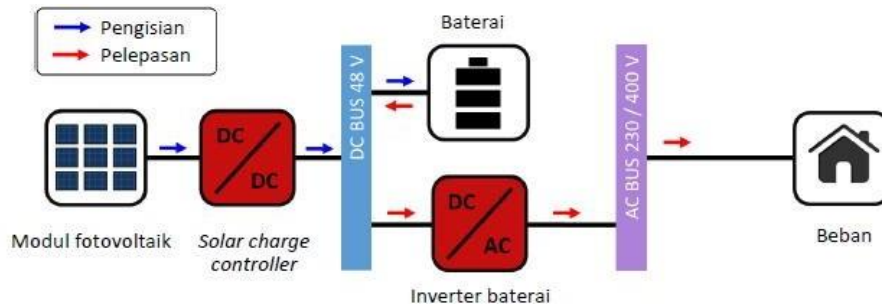


dalam kondisi tidak maksimal. Dengan kata lain, ketika daya dari PLTS lebih dari beban, kelebihan tersebut daya disimpan dalam baterai dan apabila daya PLTS kurang dari beban, kurang daya tersebut disuplay dari baterai. Terdapat 2 sistem konfigurasi yang umum yang ada dalam PLTS *off-grid* yaitu berbasis DC *coupling* dan berbasis AC *coupling*. Artinya memiliki koneksi (AC) dan koneksi (DC), dua sistem ini menggunakan baterai namun penempatan komponen inverter yang berbeda.<sup>3</sup>



**Gambar 2.7** Sistem PLTS *Off-grid AC Coupling*  
(Sumber dari : Pasangpanelsurya)

Pada sistem AC Coupling, energi yang dihasilkan modul surya langsung disalurkan ke beban (konsumen) melalui inverter jaringan/*grid-tied/on-grid*, apabila beban sudah tercukupi energi berlebih yang dihasilkan modul surya digunakan untuk pengisian baterai melalui inverter baterai. Pada sistem DC Coupling, energi yang dihasilkan modul surya digunakan untuk mengisi baterai melalui *Solar Charge Controller* (SCC) terlebih dahulu, baru kemudian disalurkan ke beban (konsumen) melalui inverter baterai.<sup>4</sup>



**Gambar 2.8** Sistem PLTS *Off-grid* DC Coupling  
(Sumber dari : Pasangpanelsurya)

Sistem AC coupling terletak pada posisi titik koneksi yang berada pada sisi AC. Jenis sistem ini menggunakan inverter *grid-tied* atau inverter *on-grid* (inverter yang terhubung ke jaringan AC) bertanggung jawab dan mengelola potensi energi yang terserap di modul surya melalui *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). Keluaran dari inverter *grid-tied* terhubung melalui busbar ke sisi beban AC. Pada kebanyakan kasus sisi beban AC dipisah antara beban AC *reguler* dan beban AC kritis (beban-beban yang harus dijaga tetap menyala). Beban-beban AC kritis ini tetap teraliri listrik meski saat matahari tidak bersinar. Sistem cadangan AC *Coupling* bersumber dari baterai dan inverter baterai yang mengambil alih operasi ke jaringan (*grid*) selama jaringan kehilangan daya. Energi yang diserap modul surya dari matahari pertama sekali dialirkan ke beban AC melalui inverter *grid-tied* baru kemudian ke baterai melalui inverter baterai (pada situasi ini, inverter baterai berfungsi sebagai *charging* untuk baterai).

## 2.4 Pola Pengoperasian PLTS *Off-Grid*<sup>5</sup>

Terdapat 3 (tiga) pola operasi yang umum pada PLTS *off-grid*, yaitu :

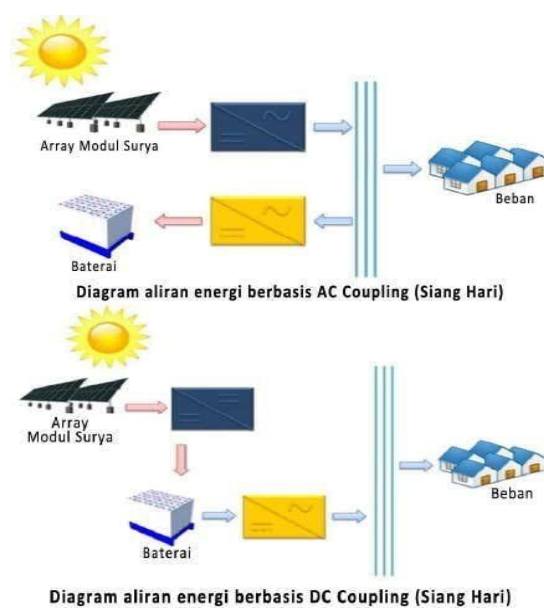
### 2.4.1 Siang hari pada saat energi PLTS *off-grid* lebih besar dari kebutuhanbeban

Besar energi yang dihasilkan oleh PLTS *off-grid* sangat tergantung





kepada intensitas penyinaran matahari yang diterima oleh modul surya dan efisiensinya. Intensitas matahari maksimum mencapai 1000 Watt/m<sup>2</sup>, apabila efisiensi modul surya sebesar 16% maka daya ideal yang dapat dihasilkan oleh modul surya adalah sebesar 160 Watt/m<sup>2</sup>. Diagram aliran energi yang dihasilkan pada siang hari dapat dilihat pada Gambar 2.6



**Gambar 2.9** Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On-grid*  
(Sumber : PT Industri Telekomunikasi Indonesia (Persero))

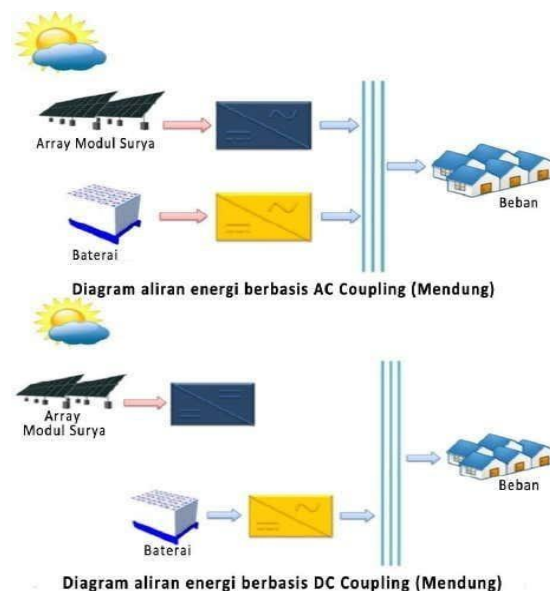
Pada sistem *AC coupling*, energi yang dihasilkan modul surya pada kondisi tersebut langsung disalurkan ke beban (konsumen) melalui inverter *grid-tied*, inverter *on-grid*, apabila beban sudah tercukupi energi berlebih yang dihasilkan modul surya digunakan untuk pengisian baterai melalui inverter baterai / inverter *bidirectional*. Pada sistem *DC coupling*, energi yang dihasilkan modul surya pada kondisi tersebut digunakan untuk mengisi baterai melalui *solar charge controller* (SCC) terlebih dahulu, baru kemudian disalurkan ke beban (konsumen) melalui inverter.



#### 2.4.2 Siang hari pada saat energi PLTS *off-grid* lebih besar dari beban

Kondisi ini dapat terjadi apabila :

- Saat kondisi berawan atau mendung.
- Saat sore hari menjelang matahari terbenam PLTS *off-grid* akan menghasilkan energi listrik dari matahari namun tidak maksimal.
- Diagram aliran energi yang dihasilkan pada kondisi berawan/mendung dapat dilihat pada gambar 2.7.



**Gambar 2.10** Diagram aliran energi yang dihasilkan pada kondisi berawan/mendung

(Sumber : PT Industri Telekomunikasi Indonesia (Persero))

Pada sistem *AC coupling*, energi yang dihasilkan modul surya dan energi yang tersimpan dalam baterai disalurkan secara paralel ke beban (konsumen). Pada sistem *DC coupling*, energi yang dihasilkan modul surya



pada kondisi tersebut digunakan untuk mengisi baterai melalui *solar charge controller* (SCC) terlebih dahulu, baru kemudian disalurkan ke beban (konsumen) melalui inverter.

### 2.4.3 Malam Hari

Pada malam hari sumber energi matahari tidak dapat dimanfaatkan lagi, oleh karena itu beban akan disuplai oleh baterai. Energi yang tersimpan dalam baterai pada siang hari akan dipergunakan untuk menyuplai beban saat dibutuhkan melalui inverter. Kemudian inverter mengubah arus searah (DC) pada sisi baterai menjadi arus bolak-balik (AC) ke sisi beban. Diagram aliran energi pada malam hari dapat dilihat pada gambar 2.8.



**Gambar 2.11** Diagram aliran energi yang dihasilkan pada malam hari

(Sumber : PT Industri Telekomunikasi Indonesia (Persero))

## 2.5 Komponen - komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan suatu kesatuan



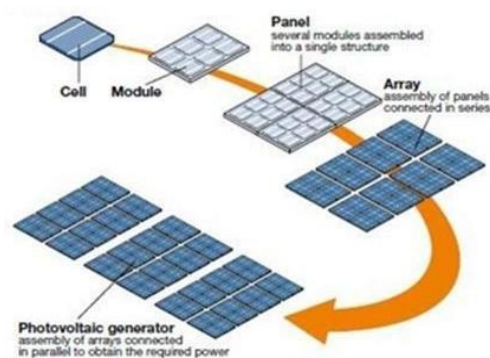
sistem yang terdiri dari beberapa komponen, berikut komponen-komponen yang akan digunakan.

### 2.5.1 Modul Surya

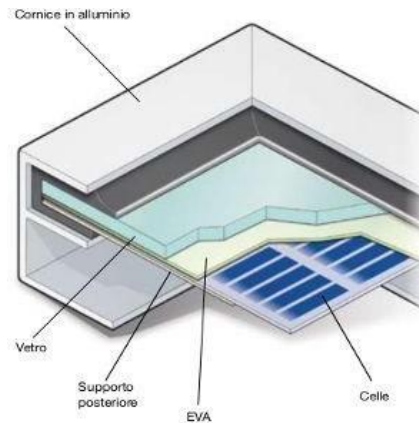
Modul Surya merupakan peralatan fotovoltaik yang tersusun atas gabungan dari beberapa sel surya yang dapat mengubah energi matahari menjadi listrik berupa arus searah (DC). Modul yang beredar dipasaran memiliki ukuran dan kapasitas yang beragam yang ditunjukkan dalam satuan *watt peak* (Wp). Setiap modul surya dapat dirangkai seri dan paralel berdasarkan kebutuhannya.<sup>6</sup>

Suatu perhitungan tegangan dan arus operasi total bergantung pada konfigurasi modul surya yang dipasang secara seri atau paralel.

Modul surya merupakan komponen PLTS yang tersusun dari beberapa sel surya yang dirangkai sedemikian rupa, baik dirangkai seri maupun paralel dengan maksud dapat menghasilkan daya listrik tertentu dan disusun pada suatu bingkai (*frame*) dan dilaminasi atau diberikan lapisan pelindung. Kemudian susunan dari beberapa modul surya yang terpasang sedemikian rupa pada penyangga disebut dengan *array*.



**Gambar 2.12** Tahapan Generator Surya  
(Sumber : *Buku Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, 2019)



**Gambar 2.13** Bagian Modul Surya *crystalline silicon*

(Sumber : *Buku Pembangkit Listrik Tenaga Surya, 2019*)

Sebagai sebuah komponen penghasil listrik modul surya memiliki karakteristik tertentu yang berdasarkan parameter terukur sebagai berikut :

- a) *Peak power* ( $W_p$ ), menyatakan daya maksimum yang terjadi pada titik lutut (*knee point*) kurva I-V.
- b) *Peak voltage* ( $V_{mp}$ ) menyatakan nilai tegangan pada titik lutut kurva I-V.
- c) *Open voltage* ( $V_{oc}$ ), menyatakan nilai tegangan pada saat terminal positif dan negatif tidak ada beban atau terbuka.
- d) *Peak current* ( $I_{mp}$ ), menyatakan besarnya arus yang mengalir pada titik lutut kurva I-V.
- e) *Short circuit current* ( $I_{sc}$ ), menyatakan arus yang mengalir pada saat terminal positif dan negatif dihubungkan singkat.
- f) *Standard test conditions* (STC), member keterangan bahwa modul surya diujikan dengan kondisi test tertentu, seperti iradiasi =  $1000\text{W/m}^2$ , temperatur  $25^\circ\text{C}$ .

Setiap unit modul surya dilengkapi dengan *junction box* permanen yang di dalamnya terdapat *bypass diode*, dimana fungsi dari *bypass diode* adalah




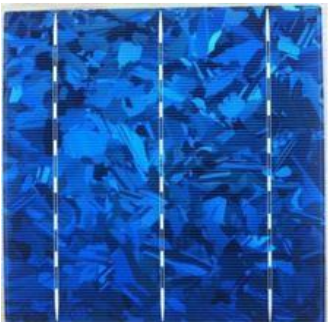
apabila terjadi kerusakan pada salah satu modul surya, pengisian dari modul lain masih dapat berjalan. PLTS dibangun dari koneksi seri dan paralel dari modul fotovoltaik individual untuk mencapai tegangan dan arus yang dikehendaki. Pembangkit terdiri dari modul fotovoltaik individual yang terhubung secara seri (*string*) untuk menaikkan tegangan. Setelah tegangan keluaran yang dikehendaki tercapai, sambungan secara seri dari modul fotovoltaik individual dihubungkan secara paralel di dalam kotak penggabung (*combiner box*) untuk menaikkan arus. Keluaran daya yang dikehendaki adalah linear (sebanding) dengan jumlah panel. Oleh karena modul fotovoltaik memiliki keterbatasan tegangan, jumlah panel dan tegangan rangkaian terbuka tidak boleh melebihi tingkat tegangan dari panel individual.

Kualitas sebuah modul surya, antara lain dinilai berdasarkan efisiensinya untuk mengkonversi radiasi sinar matahari menjadi listrik DC. Modul surya yang efisiensinya lebih tinggi akan menghasilkan daya listrik yang lebih besar dibandingkan modul surya yang efisiensinya lebih rendah untuk luasan modul yang sama. Efisiensi modul surya, antara lain bergantung pada material sel fotovoltaik dan proses produksinya. Secara umum, sel fotovoltaik terbuat dari material jenis *crystalline* dan *non-crystalline* (film tipis). Untuk jenis *crystalline*, terbagi atas tipe *mono-crystalline* dan tipe *poly-crystalline*, dengan efisiensi konversi sekitar 12-20%. Berikut perbandingan antara *poly-crystalline* dan *mono-crystalline*.



**Gambar 2.14** Solar Panel

Tabel 2.1 Jenis-jenis modul Surya<sup>7</sup>

	<i>Monocrystalline</i>	<i>Polycrystalline</i>
Ilustrasi Modul surya		
Biaya	Lebih mahal	Lebih murah
Efisiensi	15-20%	1-2% lebih rendah dari <i>mono-crystalline</i>

(Sumber : *Buku Panduan Studi Kelayakan PLTS Terpusat, 2018*)

Ketika iradiasi matahari meningkat hingga  $1000 \text{ W/m}^2$ , maka modul surya akan membangkitkan listrik DC hingga kapasitas yang tertera pada “nameplate”nya (misal: 250 Wp). Namun demikian, *output* listrik sesungguhnya dari susunan panel bergantung pada kapasitas sistem, iradiasi matahari, orientasi arah (*azimuth*) dan sudut panel, dan berbagai faktor lainnya. Modul surya, yang merupakan komponen penting dalam suatu sistem PLTS, memiliki *output* listrik DC. Namun karena banyak beban listrik yang membutuhkan suplai listrik AC, maka listrik DC yang dihasilkan oleh modul surya harus dikonversi oleh inverter menjadi listrik AC.

### 2.5.2 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



samalain. 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 singkat. 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  $m_p$ , 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 sangat 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  $25^\circ \text{ C}$ .





### 2.5.3 Solar Charge Control

Dalam penggunaan panel surya dengan sistem *off-grid*, terdapat sebuah alat yang penting untuk diperhatikan. Alat tersebut adalah SCC (*Solar charge controller*), yang terintegrasi dan terpasang di antara panel surya dan baterai. SCC adalah sebuah alat elektronik yang berguna mengatur Tegangan dan arus listrik yang masuk ke dalam baterai serta mengontrol tegangan, arus, dan beban yang dikeluarkan.

#### 2.5.3.1 Jenis-jenis *Solar Charge Control*

Adapun beberapa jenis dari *Solar charge control* ini, ialah :

- 1) MPPT (*Maximum Power Point Tracking*)

MPPT ialah Untuk meningkatkan efisiensi panel surya. Dengan menggunakan MPPT, sistem akan dimulai beroperasi pada Titik Daya Maksimum (MPP) dan menghasilkan output daya maksimumnya dengan mendeteksi radiasi maksimum pada matahari yang jatuh ke PV modul. Sehingga menghasilkan biaya sistem secara keseluruhan. Dalam kondisi tertentu, MPPT membebankan biaya pengontrol digunakan untuk mengekstraksi maksimum tersedia daya dari modul PV sehingga tegangan pada modul PV dapat menghasilkan maksimum daya yang disebut 'titik daya maksimum'. Perubahan daya maksimum dengan radiasi matahari, suhu lingkungan dan suhu sel surya. Teknik pelacakan titik daya maksimum (MPPT) digunakan untuk meningkatkan efisiensi panel surya. menunjukkan. Demikian tujuan dari MPPT sistem adalah untuk mengambil sampel sel PV *output* dan menerapkannya ke tahanan yang tepat untuk mendapatkan daya maksimum untuk apapun keadaan lingkungan.



**Gambar 2.15** Solar Charge Contol Type MPPT  
(Sumber dari : *Epever.com*)

Kelebihan :

- Memiliki efisiensi yang tinggi.
- Cocok digunakan untuk pemasangan panel surya dengan skala besar.
- Ketika baterai dalam keadaan lemah, kinerjanya malah lebih baik.
- Dapat mengambil mengambil daya maksimum dari PV.

## 2) PWM (*Pulse Widh Modulation*)

Tujuan utamanya adalah untuk alihkan perangkat daya pengontrol tata surya dengan menerapkan pengisian baterai tegangan konstan. Pengontrol muatan modern menggunakan PWM untuk memungkinkan jumlah daya yang lebih rendah yang diterapkan ke baterai saat baterai hampir terisi penuh. PWM memungkinkan baterai untuk terisi penuh dengan lebih sedikit stres pada baterai yang memperpanjang masa pakai baterai. Pengontrol PWM bekerja pada konsep itu ketika sel surya menghasilkan tegangan, tegangan ini adalah kemudian ditunjukkan dengan indikator tegangan. Setelah ini pengukuran, pengontrol tegangan mengontrol tegangan dan



dengan demikian dengan menggunakan panel surya tegangan ini baterai terisi.



**Gambar 2.16** Solar Charge Contol Type PWM

(Sumber dari : *suneducationgroup.com*)

Kelebihan :

- Memiliki harga yang lebih ekonomis.
- Cocok digunakan untuk pemasangan panel surya dengan skala kecil.
- Ketika baterai dalam keadaan penuh, kinerjanya malah lebih baik.
- Lebih awat karena PWM menggunakan komponen yang lebih sedikit.

#### 2.5.4 Battery

Baterai (*Battery*) adalah sebuah alat yang dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi Listrik yang dapat digunakan oleh suatu perangkat Elektronik. Hampir semua perangkat elektronik yang portabel seperti Handphone, Laptop, Senter, ataupun Remote Control menggunakan Baterai sebagai sumber listriknya. Dengan adanya Baterai, kita tidak perlu menyambungkan kabel listrik untuk dapat mengaktifkan perangkat elektronik kita sehingga dapat dengan mudah dibawa kemana-mana. Dalam kehidupan kita sehari-hari, kita dapat menemui dua jenis Baterai yaitu Baterai yang hanya dapat dipakai sekali saja (*Single Use*) dan Baterai yang dapat di isi ulang (*Rechargeable*).



Setiap Baterai terdiri dari Terminal Positif (Katoda) dan Terminal Negatif (Anoda) serta Elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar. Output Arus Listrik dari Baterai adalah Arus Searah atau disebut juga dengan Arus DC (*Direct Current*).<sup>9</sup>

Jika pada penggunaan PLT ini baterai digunakan untuk menyimpan daya pada sistem pembangkit, dimana suatu pembangkit tenaga surya sangat bergantung pada penggunaan baterai karena listrik yang dihasilkan dari panel surya hanya bergantung pada intensitas cahaya matahari sehingga jika pada malam hari yang tidak terdapat sumber cahaya matahari, energi yang terdapat dari panel surya pada siang hari di simpan melalui baterai agar listrik dapat digunakan pada malam hari melalui cadangan listrik yang disimpan pada baterai tersebut.



**Gambar 2.17** Battery

### **2.5.5 Inverter**

*Power Inverter* atau biasanya disebut dengan *Inverter* adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan Input dari *Power Inverter* tersebut dapat berupa baterai, Aki maupun Sel Surya (*Solar Cell*). Inverter ini akan sangat

bermanfaat apabila digunakan di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan pasokan arus listrik AC. Karena dengan adanya Power Inverter, kita dapat menggunakan Aki ataupun Sel Surya untuk menggerakkan peralatan-peralatan rumah tangga seperti televisi, kipas Angin, Komputer atau bahkan Kulkas dan Mesin Cuci yang pada umumnya memerlukan sumber listrik AC yang bertegangan 220V ataupun 110V.



**Gambar 2.18 Inverter**

(Sumber dari : [suryapanelindonesia.com](http://suryapanelindonesia.com))

**2.6 Konfigurasi Panel Surya Seri (S)**

Konfigurasi panel surya Seri (S) didasarkan pada pengaturan semua modul surya yang disusun seri. Arus yang mengalir pada rangkaian seri sama dapat dikatakan arus tunggal yang mengalir di seluruh panel surya<sup>11</sup>. Saat konfigurasi panel surya seri bekerja pada kondisi intensitas cahaya matahari yang sama maka semua modul panel surya menghasilkan arus yang sama sedangkan tegangan pada konfigurasi seri yang dihasilkan berbeda-beda.

$$V_{mp\ total} = V_{mp} \dots \dots \dots (2.3)$$

Persamaan (2.3) dan (2.4) menunjukkan di mana  $V_{mp\ total}$  dan  $I_{mp\ total}$  adalah tegangan dan arus pada daya maksimum dan arus pada daya maksimum yang disusun paralel,  $V_{mp}$  dan  $I_{mp}$  adalah tegangan dan arus pada daya maksimum dari masing-masing modul.



## 2.7 Perhitungan Daya Output Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Daya keluaran panel surya terkonfigurasi seri-paralel merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus terukur. Daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya merupakan hasil perkalian dari tegangan keluaran dengan besarnya arus yang mengalir, hubungan tersebut ditunjukkan pada persamaan (2.5).<sup>13</sup>

$$P_{out} = V_u \times I_u \dots\dots\dots(2.5)$$

Pada persamaan (2.5) menunjukkan dimana (  $P_{out}$  ) adalah daya keluaran dari hasil perkalian ( $V_{out}$ )tegangan keluaran dengan (  $I_{out}$  ) arus yang mengalir.