



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Landasan Teori

Pembangkit listrik tenaga surya PLTS adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya/energi matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. PLTS terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut:

- a) Modul Surya, yang berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik arus searah.
- b) Baterai, yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya.
- c) *Solar Charge Controller*, yang berfungsi untuk mengatur pengisian baterai.
- d) Inverter, yang berfungsi untuk mengubah listrik arus searah menjadi arus bolak-balik.

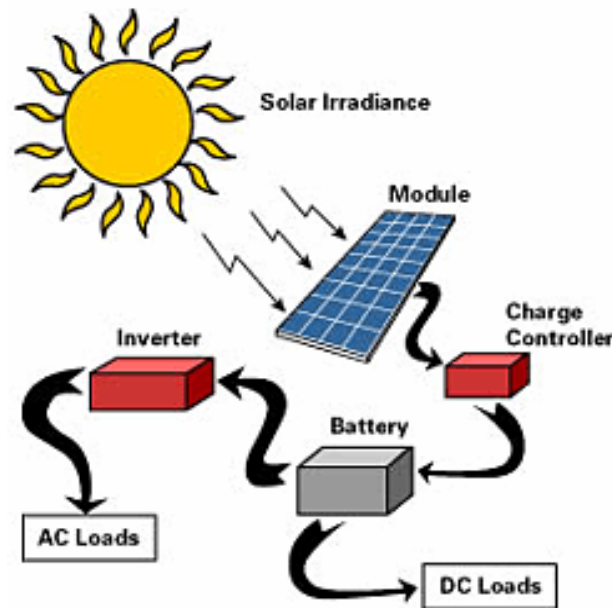
##### 2.1.1 Energi Matahari

Energi surya adalah energi yang berupa sinar panas padan panas dari matahari. Energi ini dapat dimanfaatkan dengan menggunakan serangkaian teknologi seperti pemanas surya, fotovoltaik surya, listrik panas surya, dan fotosintesis buatan.

Teknologi energi surya secara umum dikategorikan menjadi dua kelompok, yakni teknologi pemanfaatan pasif dan teknologi pemanfaatan aktif. Pengelompokan ini tergantung pada proses penyerapan, perubahan, dan penyaluran energi surya. Contoh pemanfaatan energi surya secara aktif adalah penggunaan panel fotovoltaik dan panel penyerap panas.



Contoh pemanfaatan energi surya secara pasif meliputi mengarahkan bangunan ke arah matahari, memilih bangunan dengan massa termal atau kemampuan dispersi cahaya yang baik, dan merancang ruangan dengan sirkulasi udara alam.<sup>[1]</sup>



**Gambar 2. 1** Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Energi Listrik

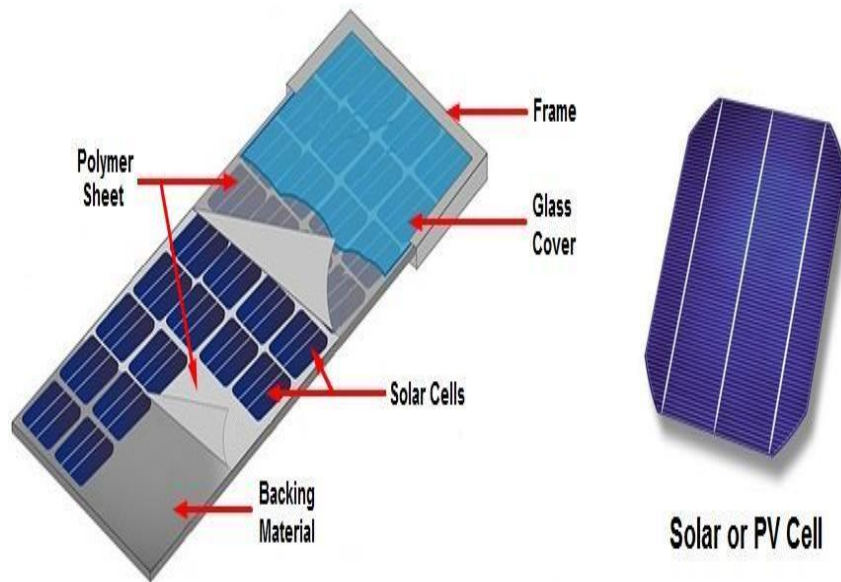
## 2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

### 2.2.1 Definisi Sel Surya (*Solar Cell*)

Sel surya dapat berupa alat semikonduktor penghantar aliran listrik yang dapat secara langsung mengubah energi surya menjadi bentuk tenaga listrik secara efisien. Efek fotovoltaiik ini ditemukan oleh Becquerel pada tahun 1839, dimana Becquerel mendeteksi adanya tegangan foto ketika sinar matahari mengenai elektroda pada larutan elektrolit. Alat ini digunakan secara individual sebagai alat pendeteksi cahaya pada kamera maupun digabung seri maupun paralel untuk memperoleh atau mendapatkan suatu harga tegangan listrik yang dikehendaki sebagai pusat penghasil tenaga listrik. Hampir semua sel surya dibuat dari bahan *silicon* berkrystal tunggal. Bahan ini sampai saat ini masih menduduki tempat paling atas dari urutan biaya pembuatan bila disbanding energi listrik yang diproduksi oleh pembangkit konvensional. Hal ini disebabkan oleh harga *silicon* murni yang masih



sangat mahal. Meskipun berbahan dasar pasir silikat ( $\text{SiO}_2$ ), tetapi untuk membuatnya diperlukan biaya produksi yang tinggi.<sup>[1]</sup>



**Gambar 2. 2** Konstruksi Sel Surya (Solar Cell)

### 2.2.2 Sejarah Sel Surya (*Solar Cell*)

Aliran listrik matahari (surya) pertama kali ditemukan oleh *Aleander Edmond Beequerel* yang merupakan seorang ahli fisika yang berasal dari Jerman pada abad ke-19. Ia menangkap peristiwa dimana secara kebetulan berkas sinar matahari mengenai larutan elektron kimia yang mengakibatkan peningkatan muatan elektron. Setelah satu abad berlalu yakni pada awal abad ke-20, *Albert Einstein* mulai mengembangkan penemuan tersebut. *Einstein* menamai penemuan *Alexander Admond Beequerel* dengan nama "*Photoelectric effect*" yang menjadi dasar pengertian "*Photovoltaic effect*".

*Einstein* melakukan pengamatan pada sebuah lempeng metal yang melepaskan foton partikel energi cahaya ketika energy matahari mengenainya. Foton-foton tersebut secara terus-menerus mendesak atom metal, sehingga terjadi partikel energi dari hasil pengamatan *Einstein* tersebut. maka sekitar tahun 1930, ditemukan konsep baru *Quantum mechanics* yang digunakan untuk menciptakan teknologi *solid state*. Teknologi tersebut dimanfaatkan oleh *Bell Telephone*



*Research Laboratories* untuk membuat sel surya padat pertama. Berkembang zaman pemanfaatan dan desain sel surya semakin berkembang. Hal ini terjadi pada tahun 1950-1960 dimana sel surya siap diaplikasikan ke pesawat ruang angkasa. Perkembangan sel surya semakin pesat pada tahun 1970-an sel surya diperkenalkan secara besar-besaran diseluruh dunia sebagai energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan.<sup>[1]</sup>

### 2.2.3 Prinsip Kerja Sel Surya (*Solar Cell*)

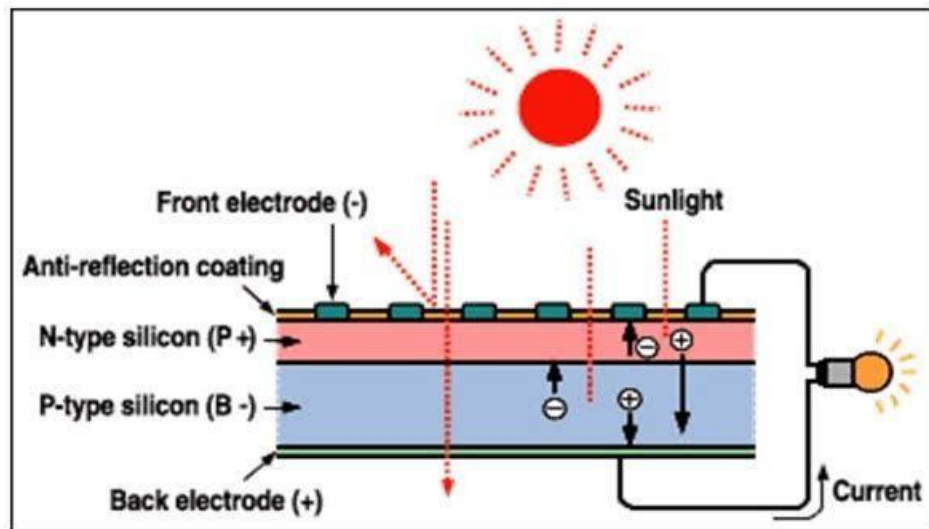
Prinsip kerja pengonversian tenaga surya menjadi tenaga listrik melalui sel surya dapat dilihat pada gambar 2.3. yang melalui tahapan proses :

1. Absorpsi cahaya dalam semikonduktor
2. Membangkitkan serta memisahkan muatan positif dan negatif bebas ke daerah-daerah lain dari sel surya. untuk membangkitkan tegangan dalam selsurya
3. Memindahkan muatan-muatan yang terpisah tersebut ke terminal-terminal listrik dalam bentuk aliran tenaga listrik.

Prinsip kerja sel surya silikon adalah berdasarkan konsep semikonduktor p-n junction. Sel terdiri dari lapisan semikonduktor doping-n dan doping-p yang membentuk p-n junction. lapisan anti refleksi. dan substrat logam sebagai tempat mengalirnya arus dari lapisan tipe-n (elektron dan tipe-p (hole).

Semikonduktor tipe-n didapat dengan mendoping silikon dengan unsur dari golongan V sehingga terdapat kelebihan elektron valensi dibanding atom sekitar. Pada sisi lain semikonduktor tipe-p didapat dengan doping oleh golongan III sehingga elektron valensinya defisit satu dibanding atom sekitar.

Ketika dua tipe material tersebut mengalami kontak maka kelebihan elektron dari tipe-n berdifusi pada tipe-p. Sehingga area doping-n akan bermuatan positif sedangkan area doping-p akan bermuatan negatif. Medan elektrik yang terjadi padakeduanya mendorong elektron kembali ke daerah-n dan hole ke daerah-p. Pada proses ini telah terbentuk p-n junction.<sup>[1]</sup>



**Gambar 2. 3** Proses Pengubahan Energi Matahari menjadi Energi Listrik Pada Sel Surya

Dengan menambahkan kontak logam pada area p dan n maka telah terbentuk dioda. Ketika junction disinari. photon yang mempunyai energi sama atau lebih besar dari lebar pita energi material tersebut akan menyebabkan eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi dan akan meninggalkan hole pada pita valensi. Elektron maupun hole ini dapat bergerak dalam material sehingga akan menghasilkan pasangan elektron-hole. Apabila diberikan hambatan pada terminal sel surya. maka elektron dari area-n akan kembali ke area-p sehingga nantinya akan menyebabkan perbedaan potensial dan arus akan mengalir.

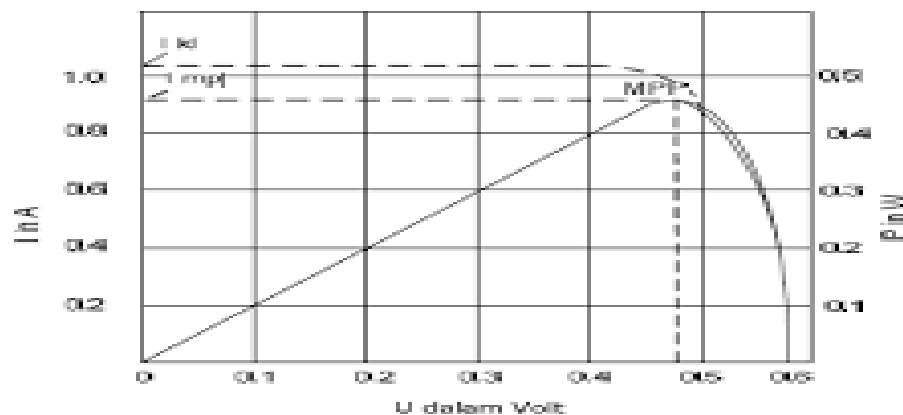
#### 2.2.4 Karakteristik Sel Surya (*Solar Cell*)

*Solar cell* atau panel surya menghasilkan arus. dan arus ini beragam tergantung pada tegangan *solar cell*. Karakteristik tegangan-arus biasanya menunjukkan hubungan tersebut. Ketika tegangan solar cell sama dengan nol atau digambarkan sebagai “solar cell hubung pendek”. “arus rangkaian pendek” atau *ISC* (*short circuit current*). yang sebanding dengan irradiansi terhadap sel surya dapat diukur. Nilai *ISC* naik dengan meningkatnya temperatur. meskipun temperatur standar yang tercatat untuk arus rangkaian pendek adalah 25° C. Jika arus solar cell sama dengan nol. solar cell tersebut digambarkan sebagai “rangkaiannya terbuka”.



Tegangan sel surya kemudian menjadi “tegangan rangkaian terbuka”. *VOC* (*open circuit voltage*). Ketergantungan *VOC* terhadap irradiansi bersifat logaritmis, dan penurunan yang lebih cepat disertai peningkatan temperatur melebihi kecepatan kenaikan *ISC*. Oleh karena itu, daya maksimum solar cell dan efisiensi sel surya menurun dengan peningkatan temperatur. Pada kebanyakan solar cell, peningkatan temperatur dari 25° C mengakibatkan penurunan daya sekitar 10%.

Sel surya menghasilkan daya maksimumnya pada tegangan tertentu. Gambar 2.4 dibawah ini menunjukkan tegangan, arus dan karakteristik tegangan dayanya. Gambar ini juga menunjukkan dengan jelas bahwa kurva daya memiliki titik daya maksimum yang disebut *MPP* (*Maximum Power Point*). Tegangan titik daya maksimum atau *VMPP* biasanya kurang dari tegangan rangkaian terbuka dan arusnya. *IMPP* lebih rendah dibandingkan dengan arus rangkaian pendek. Pada titik daya maksimum (*MPP*), arus dan tegangan memiliki hubungan yang sama dengan irradiansi dan temperatur sebagaimana arus rangkaian pendek dan tegangan rangkaian terbuka <sup>[1]</sup>.



**Gambar 2. 4** Grafik Arus Terhadap Tegangan Sebagai Karakteristik Panel Surya



### 2.2.5 Klasifikasi Panel Surya (*Solar Cell*)

*Cristal silikon* dapat dibuat dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Semakin tinggi kadar kemurnian silikon yang dipakai untuk pembuatan sel surya maka semakin baik pula efisiensinya dalam mengubah energi matahari menjadi listrik. Adapun jenis sel surya dengan bahan silikon yaitu:

#### a) *Silikon Amorph*

Sel-sel *silikon amorph* tersusun dari atom-atom silikon dalam sebuah lapisan homogen yang tipis dan bukan berupa kristal namun dapat menyerap sinar matahari dengan baik. Di samping itu, silikon amorph juga dikenal dengan sebutan teknologi PV lapisan tipis atau "*thin film*". Silikon amorph memiliki efisiensi yang lebih rendah daripada sel-sel kristalin lainnya dan umumnya sekitar 6%.

#### b) *Sel Silikon Monokristalin*

Sel monokristalin yang berada dipasaran memiliki efisiensi sebesar 15%. *Silikon monokristalin* memiliki kemurnian yang sangat tinggi dan struktur kristal yang sangat tinggi dan struktur kristal yang hampir sempurna.

#### c) *Sel Silikon Polikristalin*

Sel *polikristalin* ini kadang disebut juga sel *multikristalin*. Sel polikristalin memiliki efisiensi yang lebih rendah dengan rata-rata sekitar 12%.

#### d) *Teknologi Lapisan Tipis Thin Film*

Pengembangan teknologi bahan sel surya *thin film* adalah Cadmium Tellurida (CdTe), Cadmium sulfida, Copper Indium Diselenida (CIS) dan Gallium Arsenida. Sel-sel *thin film* sangat fleksibel, bisa dipasang pada berbagai bentuk permukaan baik yang rata maupun melengkung. Oleh karena itu *thin film* sangat fleksibel untuk berbagai macam aplikasi.

### 2.2.6 Faktor Pengoperasian Sel Surya

Pada pengoperasian sel surya dibutuhkan beberapa variabel atau faktor agar sel surya dapat beroperasi secara maksimal, faktor tersebut adalah:

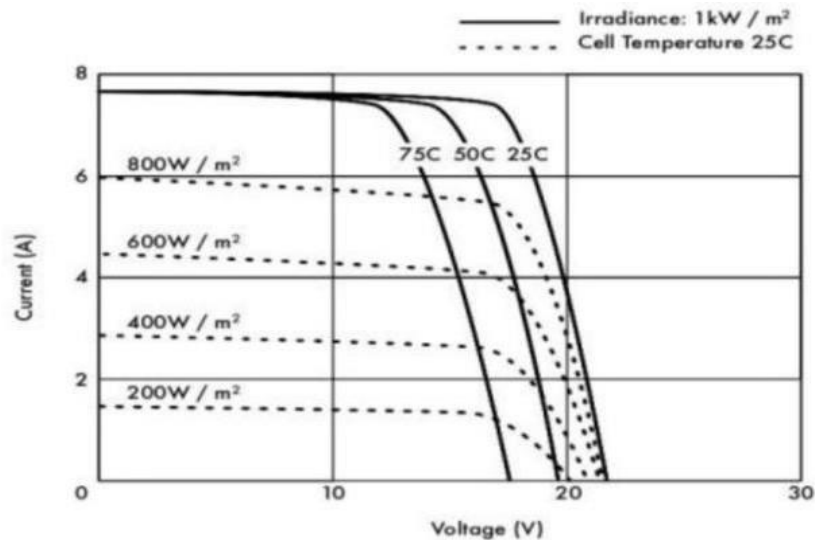
#### A. *Ambien Air Temperatur*

Sel surya dapat beroperasi secara maksimal jika temperatur sel tetap normal pada 25 derajat celsius. Kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal



pada sel surya akan melemahkan tegangan Voc.

Gambar 2.5 menunjukkan setiap kenaikan teperatur sel surya 10 derajat celcius dari 25 derajat celcius akan berkurang sekitar 0.4% pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah dua kali lipat untuk kenaikan teperatur sel per 10 derajat celcius.<sup>[1]</sup>



**Gambar 2. 5** Karakteristik Penurunan Tegangan Terhadap Kenaikan Temperatur

Faktor menurunnya akibat perubahan temperatur dapat dihitung sebagai berikut:

$$F_{Temp} = [1 + a_p(T_c - T_{cSTC})] \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana koefisien temperatur daya (%/°C).  $T_c$  adalah temperature sel surya pada kondisi uji baku (25°C). Koefisien temperatur menunjukkan seberapa kuat pengaruh temperatur sel surya terhadap daya listrik luaran panel surya berkurang jika temperatur sel surya meningkat. Besarnya nilai koefisien temperatur daya tergantung pada jenis sel surya. Nilai koefisien ini adalah nol apabila pengaruh tergantung pada jenis sel surya. Nilai koefisien ini adalah nol apabila pengaruh temperatur terhadap daya listrik panel surya diabaikan.

Temperatur sel surya.  $T_c$  adalah temperatur yang diukur pada permukaan panel surya. Pada malam hari, nilai temperatur ini sama dengan temperatur lingkungan sekitarnya, namun pada siang hari saat terik matahari, nilai temperatur ini dapat





mencapai 30°C atau lebih diatas temperatur lingkungan sekitarnya

Untuk mengukur nilai ambient temperatur dapat menggunakan *thermometer* yang dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut :



**Gambar 2. 6** Thermometer

Prinsip kerja *thermometer* memanfaatkan karakteristik hubungan antara tegangan dengan temperatur. tiap temperatur memiliki tegangan tertentu. Pada temperatur yang sama. logam A memiliki tegangan yang berbeda dengan logam B. terjadi beda tegangan yang dapat dideteksi dari input temperatur lingkungan setelah melakukan termokopel terdeteksi sebagai perbedaan tegangan.



## B. Radiasi Matahari

Radiasi matahari di bumi pada lokasi yang berbeda akan bervariasi dan sangat tergantung dengan keadaan spektrum matahari ke bumi. Insolasi matahari akan banyak berpengaruh terhadap arus ( $I$ ) dan sedikit terhadap tegangan. Untuk mengukur intensitas matahari dapat dilihat pada Gambar: 2.7 *Lux Meter* dibawah ini.



**Gambar 2. 7** Lux Meter

Prinsip kerja *lux meter* untuk menangkap energi cahaya *photo celly* yang ada dan mengubahnya menjadi energi listrik. Selanjutnya, energi listrik dalam bentuk arus digunakan untuk menggerakkan jarum sekalah. Untuk alat digital energi listrik diubah menjadi angka yang dapat dibaca pada layar monitor.

## C. Atmosfir Bumi

Keadaan atmosfer bumi yang berawan mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara, kabut dan polusi sangat berpengaruh untuk menentukan hasil maksimal arus listrik dari sel surya.



#### D. Tiupan Angin

Kecepatan tiupan angin disekitar lokasi sel surya sangat membantu terhadap permukaan sel surya sehingga temperatur dapat terjaga dikisaran 25°C.

#### E. Posisi Letak Sel Surya Terhadap Matahari

Mempertahankan sinar matahari jauh ke sebuah permukaan modul surya secara tegak lurus akan memperoleh energi maksimum  $\pm 1000 \text{ w/m}^2$  atau  $1 \text{ kw/m}^2$  untuk mempertahankan tegak lurusnya sinar matahari terhadap panel surya dibutuhkan pengukuran posisi modul surya. karena *sun altitude* akan berubah setiap jam dalam sehari.

#### F. Orientasi Panel

Orientasi dari rangkaian panel ke arah matahari secara optimal memiliki efek yang sangat besar untuk menghasilkan energi yang maksimum. Selain arah orientasi sudut. orientasi dari panel juga sangat mempengaruhi hasil energi yang maksimum. Untuk lokasi yang terletak dibelahan utara. maka panel sebaiknya diorientasikan ke selatan. Begitu juga yang letaknya dibelahan selatan. maka panel sebaiknya diorientasikan ke utara. Ketika panel diorientasikan ke barat atau ke timur sebenarnya akan tetap menghasilkan energi. namun energi yang dihasilkan tidak akan maksimal.

#### 2.2.7 Posisi Modul Surya Terhadap Gerakan Arah Matahari

Posisi kemiringan panel surya juga dapat menentukan daya yang di hasilkan panel surya. Kemiringan panel surya dapat ditentukan dari garis lintang lokasi pemasangan panel surya.

**Tabel 2. 1** Tabel Kemiringan Panel Surya

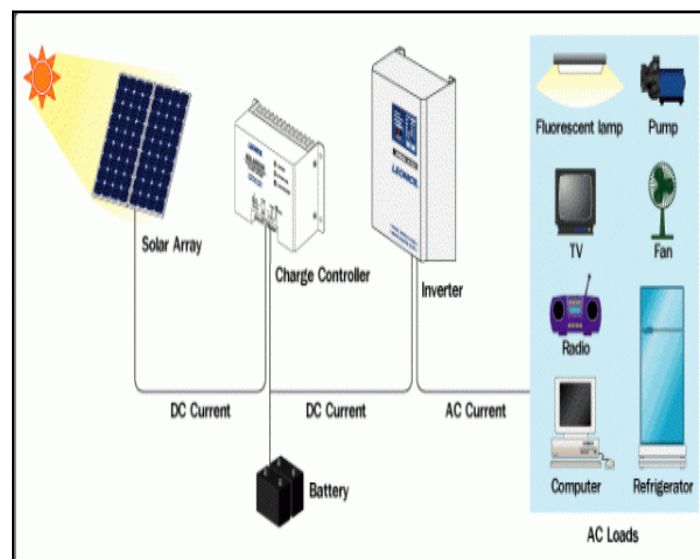
Garis Lintang	Sudut Kemiringan
0 – 15°	15°
15 – 25°	25°
25 – 30°	30°
30 – 35°	40°
35 – 40°	45°
40 – 90°	65°



### 2.2.8 Aplikasi Panel surya (*Solar Cell*)

#### A. Solar Home System (SHS)

*Solar Home System* (SHS) adalah aplikasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang menawarkan solusi penyediaan sumber energi listrik yang praktis dan fleksibel untuk dapat memenuhi kebutuhan listrik bagi daerah-daerah yang belum terjangkau oleh jaringan listrik PLN. *Solar Home System* (SHS) dapat dikombinasi dengan sumber *backup* cadangan seperti PLN ataupun Genset dengan sistem *switching* sederhana sampai dengan otomatis. *Solar Home System* (SHS) dengan skala kecil umumnya di desain secara *portable* dalam satu unit box, sehingga mudah dipindahkan dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Sedangkan *Solar Home System* (SHS) dengan skala besar dapat dibangun dalam satu area terpusat yang dikenal atau disebut dengan istilah *Solar Home System* (SHS) sentralisasi atau komunal.<sup>[1]</sup>



**Gambar 2. 8** Solar Home System (SHS)

#### B. Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS)

Penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS) adalah penerangan jalan yang menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energi listriknya. Penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS) sangat cocok untuk digunakan pada daerah yang belum terjangkau oleh jaringan listrik PLN terutama pada daerah-daerah terpencil dan terisolir. Selain itu, penggunaan penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS)



juga tengah marak digunakan pada daerah perkotaan seperti di jalan utama, jalan perumahan, halte bis, tempat parkir, stasiun pengisian bahan bakar umum (SPBU) dan lain sebagainya. Secara singkat, cara kerja dari penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS) ialah, mulanya panel surya (*solar cell*) berfungsi menerima cahaya atau sinar matahari yang kemudian akan diubah menjadi energi listrik untuk mengisi baterai (*accu*). Kemudian, energi listrik yang tersimpan didalam baterai dapat digunakan untuk menghidupkan lampu penerangan mulai dari sore hari sampai dengan pagi hari.<sup>[1]</sup>



**Gambar 2.9** Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS)

### 2.2.9 Kelebihan Dan Kekurangan Penggunaan Panel surya (Solar Cell)

#### A. Kelebihan Penggunaan Sel Surya (*Solar Cell*)

Beberapa kelebihan sel surya diantaranya adalah sebagai berikut :

##### **Tidak Pernah Habis**

Penggunaan PLTS ini tidak akan pernah habis di karenakan bahan bakar utama untuk membangkitkan energi listrik ini ialah energi matahari yang mana energi ini tidak akan pernah habis dan jumlahnya sangat berlimpah di bumi.

##### **Umur Panel Surya Yang Panjang**

Hasil riset data dilapangan menunjukkan bahwa penggunaan sel surya (*solar cell*) dapat bertahan hingga 25 tahun dengan perawatan yang terjaga.

**Biaya Perawatan Rendah**

Ini dikarenakan sel surya sendiri hanya membutuhkan perawatan instalasi dan tidak membutuhkan perawatan yang maksimal sebab PLTS memproduksi energi dalam keadaan diam dan tidak menimbulkan kerusakan apapun serta suara yang berisik.

**Ramah Lingkungan**

Ramah lingkungan dikarenakan pembangkit ini tidak menyumbangkan polusi udara akibat proses pembangkitan energinya yang tidak menggunakan bahan bakar fosil.

**B. Kekurangan Penggunaan Sel Surya (*Solar Cell*)**

Kekurangan dari penggunaan panel surya (*solar cell*) untuk digunakan sebagai pembangkit listrik diantaranya adalah sebagai berikut :

**Biaya Awal Pembangunan Besar**

PLTS membutuhkan biaya awal untuk pembangkitan ini sangat besar karena harga dari tiap komponen yang relatif mahal.

**Daya Yang Dihasilkan Tidak Pasti**

Daya yang di hasilkan oleh pembangkit ini tidaklah pasti karena bergantung pada cahaya yang di terimanya . jika cuaca mendung maka daya yang dihasilkan tidaklah banyak dan ketika malam hari maka energi yang dihasilkan tidak ada.



## 2.3 Analisa Pada Panel surya (*Solar cell*)

### 2.3.1 Arus dan Tegangan

Atom ialah sebuah material yang disusun berdasarkan partikel-partikel yang sangat kecil. Atom terdiri dalam berbagai gabungan yang terdiri partikel-partikel sub-atom. susunan tersebut diantaranya adalah elektron yang disebut partikel subatom yang bermuatan negatif. proton salah satu jenis partikel bermuatan positif. dan neutron salah satu jenis partikel bermuatan netral dalam berbagai gabungan. Pada suatu rangkaian terdapat suatu resistansi atau hambatan (R) oleh karena itu rangkaian tersebut akan muncul hukum ohm. Hukum ohm mendefinisikan hubungan antara arus (I). tegangan (V). dan resistansi atau hambatan (R).

Berikut merupakan rumusan persamaan dari ketiganya :

$$I = \frac{V}{R} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

R = Hambatan (Ohm)

### 2.3.2 Daya Output

Sedangkan untuk besarnya daya pada sel surya ( $P_{out}$ ) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ). arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ). dan *Fill Factor* (FF) yang dihasilkan oleh sel *Photovoltaic* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

$P_{out}$  = Daya yang dibangkitkan oleh solar sel (watt)

$V_{oc}$  = Tegangan rangkaian terbuka pada solar sel (volt)

$I_{sc}$  = Arus hubung singkat pada solar sel (ampere)

FF = *Fill Factor*



### 2.3.3 Daya Input

Sebelum mengetahui berapa nilai daya yang dihasilkan harus mengetahui daya yang diterima. dimana daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area panel surya dengan persamaan:

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

Keterangan:

$P_{in}$  = Daya input akibat *irradiance*

$I_r$  = Intensitas radiasi matahari

$A$  = Luas area permukaan *photovoltaic module* ( $m^2$ )

### 2.3.4 Fill Factor

Daya listrik yang dihasilkan sel surya ketika mendapat cahaya diperoleh dari kemampuan perangkat sel surya tersebut untuk memproduksi tegangan ketika diberi beban dan arus melalui beban pada waktu yang sama. Menurut Green MA. dkk(2006). karakteristik dari sel surya dapat diperoleh berdasarkan tiga parameter yaitu tegangan hubung singkat (  $I_{sc}$  ) dan faktor isi. Besarnya faktor isi dapat diketahui dari persamaan berikut ini:

$$FF = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

$F_f$  = Faktor isi .

$I_{mp}$  = Arus maksimum (ampere )

$V_{mp}$  = Tegangan maksimum (volt).

$I_{sc}$  = Arus hubung singkat (ampere)

$V_{oc}$  = Tegangan hubung terbuka (volt)

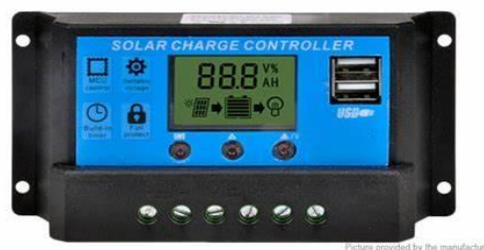




## 2.4 Komponen-komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya

### 2.4.1 Solar Charge Controller

Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian - karena batere sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari solar module. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Charge controller menerapkan teknologi Pulse width modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Solar module 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Jadi tanpa solar charge controller, baterai akan rusak oleh overcharging dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt.<sup>[3]</sup>



**Gambar 2.10** Solar Charge Controller

Fungsi dari *charge controller* antara lain:

1. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, dan *overvoltage*. Apabila baterai dalam keadaan kondisi sudah terisi penuh maka listrik yang disuplai dari modul surya tidak akan dimasukan lagi pada baterai dan sebaliknya juga jika keadaan kondisi baterai sudah kurang dari 30% maka *charge controller* tersebut akan mengisi kembali baterai sampai penuh. Proses pengisian baterai dan modul surya tersebut melalui *charge controller* akan terus berulang secara otomatis *smart charging* selama energi surya masih cukup untuk bias diproses oleh modul surya selama matahari terangbenderang. *Charge controller* juga berfungsi melindungi baterai ketika sedang mengalami proses pengisian dari modul surya untuk menghindari arus berlebih dari proses pengisian tersebut, yang akan menyebabkan kerusakan pada baterai.



2. Mengatur arus yang dibebaskan atau diambil dari baterai agar baterai tidak *full discharge* dan *overloading*.
3. *Monitoring* temperatur baterai *Charge controller* biasanya terdiri dari satu input dua terminal yang terhubung dengan output panel sel surya, satu output dua terminal yang terhubung dengan baterai/aki dan satu output dua terminal yang terhubung dengan beban. Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel surya karena biasanya ada diode proteksi yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya ke baterai, bukan sebaliknya.

#### 2.4.2 Baterai (Aki)

Baterai pada PLTS berfungsi untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum dimanfaatkan untuk mengoperasikan beban. Beban dapat berupa lampu refrigerator atau peralatan elektronik dan peralatan lainnya yang membutuhkan listrik DC. *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. Menurut Syam Hardi akumulator ini berasal dari bahasa asing yaitu: *accu (mulator) = baterai* (Belanda), *accumulator = storage battery* (Inggris), *akkumulator = bleibatterie* (Jerman). Pada umumnya semua bahasa-bahasa itu mempunyai satu arti yang dituju, yaitu “*acumulate*” atau *accumuleren*. Ini semua berarti menimbun, mengumpulkan atau menyimpan. Menurut Daryanto akumulator adalah baterai yang merupakan suatu sumber aliran yang paling populer yang dapat digunakan dimana-mana untuk keperluan yang beraneka ragam.

Saat pengisian tenaga listrik dari luar diubah menjadi tenaga listrik didalam akumulator dan disimpan didalamnya. Sedangkan saat pengosongan, tenaga di dalam akumulator diubah lagi menjadi tenaga listrik yang digunakan untuk mencatu energi dari suatu peralatan listrik. Dengan adanya proses tersebut akumulator sering dikenal dengan elemen primer dan sekunder. Untuk dapat melihat lebih jelas berikut adalah salah satu bentuk dari accumulator. Pada baterai jenis ini larutan elektrolit tidak dapat ditambahkan sehingga tidak diperlukan perawatan baterai secara khusus. *Baterai* tidak seratus persen *efisien*, beberapa energi hilang seperti panas dari reaksi



kimia, selama *charging* dan *discharging*. *Charging* adalah saat energi listrik diberikan kepada baterai, *Discharging* adalah pada saat energi listrik diambil dari baterai. *Satu cycle* adalah *charging* dan *discharging*. Dalam sistem *solar cell*, satu hari dapat merupakan contoh *satu cycle* baterai (sepanjang hari *charging*, malam digunakan/ *discharging*).<sup>[2]</sup>



**Gambar 2.11** Baterai (Aki)

### 2.4.3 Pompa Air DC

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk menaikkan tekanan cairan dari cairan bertekanan rendah ke cairan yang bertekanan tinggi atau untuk memindahkan sebuah cairan dari satu tempat ke tempat lainnya. Perpindahan Pada umumnya pompa digerakkan oleh motor. Mesin atau sejenisnya. Banyak 23omp a yang menyebabkan jenis dan ukuran pompa serta bahan pembuatnya berbeda. Antara lain jenis dan jumlah bahan cairan tinggi dan jarak pengangkutan serta tekanan yang diperlukan dan sebagainya.

Pompa air saat ini memiliki 2 tipe suplai daya . yang pertama suplai daya arus bolak-balik. Dan yang ke dua adalah suplai daya arus searah ataum lebih dikenal DC. Kedua pompa air ini memiliki keunggulan masing-masing yang mana pada pompa AC memiliki keunggulan salah satunya sangat mudah di jumpai dipasaran dan menggunakannya sudah sangat mudah karena hanya di hubungkan pada daya yang bersumber pada PLN maka pompa sudah bisa dipergunakan. Sedangkan pada pompa DC ia memiliki keunggulan di bidang harga yang



terjangkau dan 240mp aini hanya memerlukan sebuah baterai/aki kendaraan sepeda motor atau aki mobil maka 240mp aini bisa langsung digunakan.<sup>[4]</sup>



**Gambar 2.12** Pompa Air DC

#### 2.4.4 Inverter

Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC (Direct Current) menjadi tegangan AC (Alternating Current). Output suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (sine wave), gelombang kotak (square wave) dan sinus modifikasi (sine wave modified). Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan battery, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain. Sumber DC yang dibutuhkan inverter dapat berasal dari baterai atau dari sumber tegangan AC yang disearahkan. Untuk mendapatkan keluaran yang dikehendaki maka digunakan rangkaian kontrol. Rangkaian kontrol tersebut antara lain berfungsi untuk mengatur frekuensi dan amplitudo 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 menangkal frekuensi rendah dan frekuensi tinggi yang tidak diharapkan pada keluarannya. Keluaran dari inverter mode saklar ini masih berupa pulsa-pulsa berfrekuensi tinggi (frekuensi switching) Sedangkan rangkaian kontrol berfungsi untuk mengendalikan proses penyaklaran (switching) yang terjadi pada inverter mode saklar.<sup>[3]</sup>



Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam memilih inverter yaitu:

- a. Kapasitas beban dalam Watt, usahakan memilih inverter yang beban kerjanya mendekati dengan beban yang hendak kita gunakan agar efisiensi kerjanya maksimal.
- b. Input DC 12 Volt atau 24 Volt.
- c. Sinewave ataupun square wave output AC.



**Gambar 2.13** Inverter

Ada beberapa jenis gelombang pada inverter antara lain:

1. *Square Wave* / Gelombang Kotak

Inverter jenis ini hanya bisa untuk lampu saja, sedangkan untuk beban seperti TV, komputer bisa merusak inverter dan juga bisa merusak beban. Kelebihan harganya lebih murah karena difungsikan untuk membackup lampu saja. Seiring perkembangan zaman maka inverter square wave ini jarang dijual dipasaran dikarenakan keinginan dari pasar menginginkan untuk membackup selain lampu.

2. *Modified Sine Wave* / Gelombang Modifikasi Sinus

Di belahan dunia juga Indonesia produk inverter dengan jenis inverter modified sine wave ini sering digunakan untuk beban seperti lampu, kipas, komputer, TV, dan lain-lain. Jenis inverter modified sine wave yang beredar pun ada yang memberikan Low



noise atau berarti sangat kecil kebisingan suara yang dihasilkan saat beroperasi, dan ada juga yang menghasilkan noise yang besar.

3. *True Sine Wave / Pure Sine Wave / Gelombang Sinus Murni*

Dari segi harganya, untuk yang berkualitas harga diatas, harga inverter modified sine wave. Aplikasi yang cocok dari inverter pure sine wave adalah speaker dan peralatan sensitif seperti alat kedokteran.