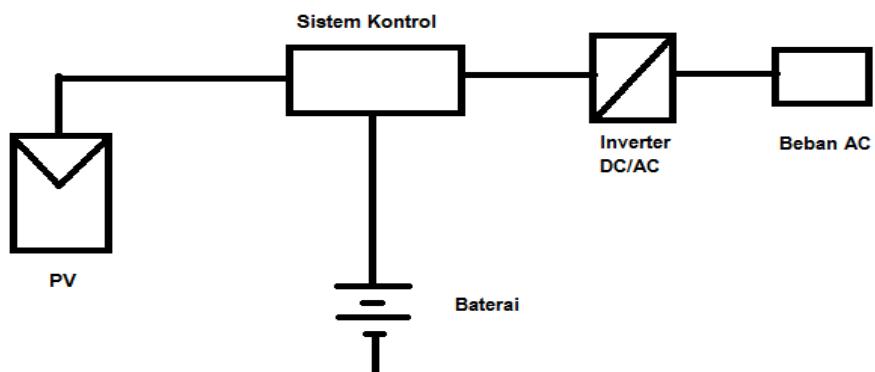


## BAB II

### SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

#### 2.1. Sistem Panel Surya dan Cara Kerja

Panel surya mempunyai sistem yang mempunyai keuntungan misalnya tidak memerlukan bahan bakar, dan energi matahari tersedia sepanjang masa, untuk harga panel surya masih cukup tinggi akan tetapi penggunaannya efektif fasilitas minimum karena terdiri dari sel yang tipis. Bobot ringan dibandingkan dengan ukurannya. Dengan menentukan jumlah beban per hari, maka daya dan jumlah panel surya dapat ditentukan. Serta dapat ditentukan daya dan jumlah inverter. Desain sistem dimulai dari penyusunan ukuran dan pola beban, pemilihan komponen dan menyesuaikannya dengan data radiasi. Diagram sistem di tunjukan pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1. Sistem Panel Surya Ke Beban AC**

Cara kerja sistem gambar 2.1 yaitu :

1. Ketika radiasi matahari masuk ke sistem panel surya maka arus DC akan mengalir ke sistem kontrol, setelah itu disimpan di baterai yang secara otomatis diatur oleh sistem kontrol.
2. Sistem kontrol berfungsi untuk mengatur pengisian baterai, dan ketika sudah penuh sistem kontrol akan otomatis mati dalam pengisian energi baterai.
3. Apabila beban di hidupkan dan menggunakan beban AC, maka inverter merubah kapasitas baterai DC ke AC sesuai kebutuhan beban.

## 2.2. Energi Surya

Energi surya ini dapat dimanfaatkan secara langsung atau tidak langsung, pemanfaatan energi surya secara langsung di ubah menjadi listrik dengan teknologi sel surya. Surya merupakan suatu tungku termonuklir bersuhu 100 juta derajat celsius tiap detik mengkonfersi 5 ton matahari menjadi energi yang di pancarkan ke angkasa luas  $6,41 \cdot 10^7 \text{ W/m}^2$ . Mempunyai radius sebesar  $6.96 \cdot 10^5 \text{ Km}$  dan terletak rata – rata sejauh  $1.496 \cdot 10^5 \text{ Km}$  dari bumi. Energi surya yang memasuki atmosfir dengan kepadatan yang di perkirakan sebesar 1 sampai  $1,4 \text{ kW/m}^2$ . Dari jumlah tersebut 34% di pantulkan kembali ke luar angkasa. Sebagian yang di perkirakan sebesar 19% di serap atmosfir.

Sebagai mana telah dikemukakan, kepadatan surya pada saat memasuki atmosfir di perkirakan sebesar  $1 – 1,4 \text{ kW/m}^2$ .

Dari jumlah itu 47% atau lebih kurang  $560 \text{ W/m}^2$  yang di serap bumi. Indonesia yang mempunyai luas wilayah daratan sebesar  $2 \text{ juta km}^2$ . jadi sangat besar potensial daya yang terkandung dalam energi surya untuk di manfaatkan menjadi tenaga listrik melalui prinsip kerja sel surya.

Misalkan sebuah planet yang tidak memiliki atmosfer. Planet itu mempunyai radius sebesar  $R$  dan menerima radiasi surya dari matahari. Bilamana  $S$  merupakan padat radiasi surya, suatu jumlah energi  $E_1$  di terima oleh planet dan sebesar  $E_2$  diserap, yaitu sebayak :

$$E_2 = \pi R^2 S (1 - \alpha) \quad (2.1)$$

Dimana :

$E_2$  = Energi yang tidak di serap oleh planet

$R$  = Radius, atau jari – jari planet

$S$  = Padat radiasi surya

$\alpha$  = Angka, refleksi atau albedo, permukaan planet

### 2.3. Bahan Sel Surya

Bahan yang terdapat pada sel surya adalah silikon, Silikon adalah elemen kedua yang terbanyak di bumi setelah oksigen, Di bumi silikon terdapat dalam bentuk silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ). Pada bahan sel surya saat ini adalah silikon yang dapat dari pemurnian  $\text{SiO}_2$ . Pengelompokan sel surya di peroleh pada bahan dan susunan.

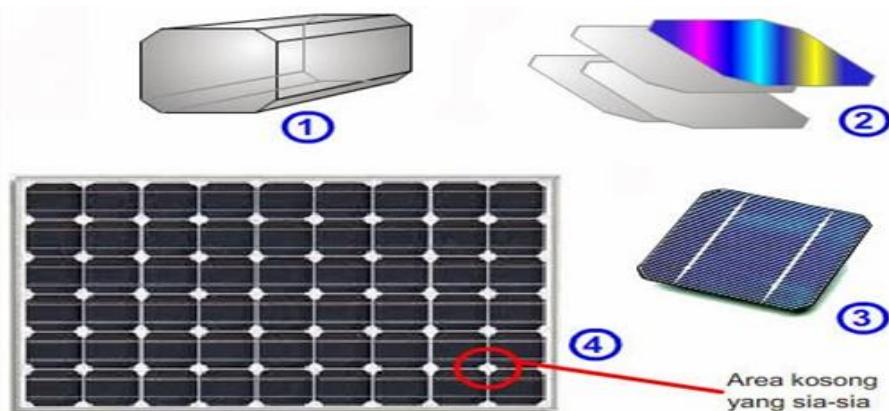
Secara umum, dilakukan pengelompokan kedalam golongan silikon (Si) yang bahan dasarnya silikon dan golongan campuran yang bahan dasarnya adalah campuran semikonduktor.

## 2.4. Teknologi Sel Surya

Bermacam – macam teknologi telah di teliti oleh para ahli di dunia untuk merancang dan membuat sel surya yang lebih baik, murah, dan efisien.

### 2.4.1. Monokristal

Merupakan panel surya yang lebih efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Kelemahan dari panel surya jenis ini adalah tidak akan berfungsi lebih baik di tempat yang cahaya matahari nya kurang (teduh), efisiennya akan turun drastis dalam cuaca berawan. sel surya ini jika disusun membentuk solar modul (panel surya) alat menyisakan banyak ruangan yang kosong karena sel surya seperti ini umumnya berbentuk segi enam atau bulat, tergantung dari bentuk batangan kristal silikonnya, seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2.2. Panel Surya Jenis Monokristal

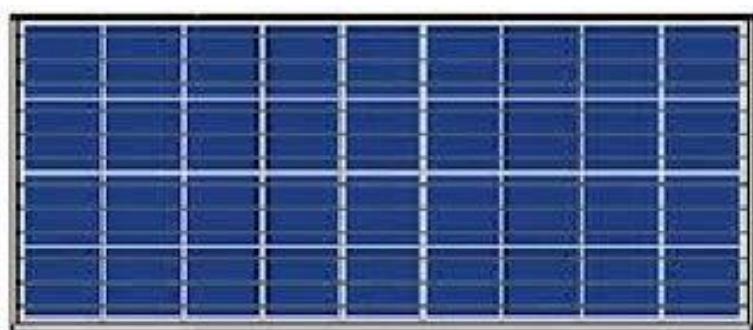
Keterangan gambar :

1. Batangan Kristal silicon murni.
2. Irisan kristal silicon yang sangat tipis.
3. Sebuah sel surya monokristal yang sudah jadi.
4. Sebuah panel surya monokristal yang berisi susunan sel surya monokristal. Nampak area kosong yang tidak tertutup karena bentuk sel surya jenis ini.

#### **2.4.2. Polikristal**

Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Tipe polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar di bandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.

Karena sel surya yang dihasilkan tidak identik satu sama yang lain dan efisiensinya lebih rendah, sekitar 13% - 16%. Tampilannya nampak seperti ada motif pecahan kaca didalamnya. Bentuknya yang persegi, jika disusun membentuk panel surya, akan rapat dan tidak akan ada ruang kosong yang sia – sia seperti susunan pada panel surya monokristal di atas.

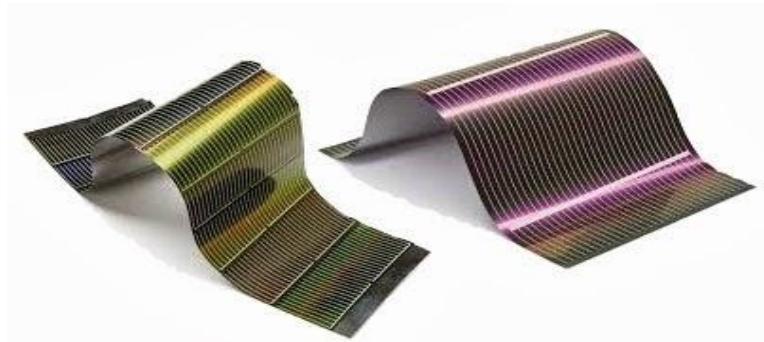


**Gambar 2.3. Panel Surya Jenis Polikristal**

Pada gambar 2.3. panel surya jenis polikristal proses pembuatannya lebih mudah dibandingkan monokristal karenanya harga lebih murah.

#### **2.4.3. Thin Film**

Lapisan tipis atau Thin Film, mempunyai ketebalan sekitar 10 mm diatas substrat atau steel (baja) atau juga disebut advanced sel surya. Tipe yang paling maju saat ini adalah amorphous silikon dengan heterojunction. Thin Film mempunyai efisiensi 10 %, Thin Film lain adalah metal Isolator Silikon (MIS). MIS transparan adalah teknologi lebih hemat 30 %, dari konvensional.



**Gambar 2.4. Panel Surya Thin Film**

#### **2.5. Modul Sel Surya**

Sel surya adalah merubah radiasi matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan sel (modul) surya. Berapa besar tegangan dan arus yang di hasilkan tergantung dari susunan sel surya tersebut, yaitu hubungan seri dan paralel. Hubung seri dan paralel pada modul surya bertujuan untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan. Sehingga cukup untuk pemakainan sistem catu daya beban.

Sistem catu daya sel surya sekarang banyak diterapkan untuk sistem penyediaan energi listrik yang jauh dari perusahaan listrik Negara (PLN) atau daerah terpencil. Oleh karena prinsip prinsip kerja sistem sel surya adalah tergantung dari pada radiasi matahari. Sel surya akan merubah radiasi matahari menjadi arus listrik searah (DC). Besarnya arus listrik sangat tergantung dari pada radiasi yang dipermukaan sel surya, namun baik radiasi langsung akan menghasilkan arus listrik searah (DC). Besarnya arus listrik tersebut sangat bergantung dari luas permukaan bidang sel surya yang menerima radiasi tersebut.

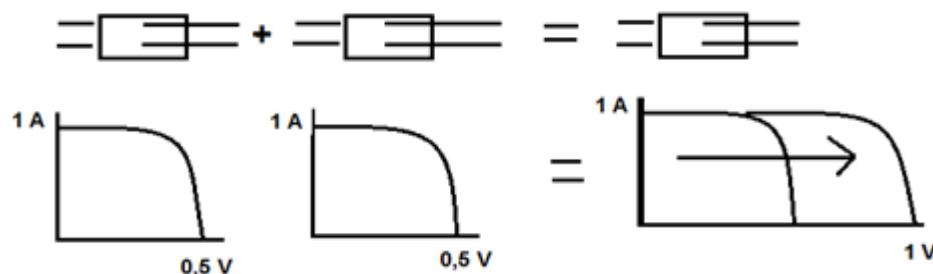
#### **2.5.1. Menentukan Jumlah Modul Surya**

Rangkaian dari sel – sel yang di susun seri dan paralel tersebut dinamakan modul. Biasanya setiap modul terdiri dari 10 – 36 unit sel. Apabila tegangan, arus dan daya dari suatu modul tidak mencukupi untuk beban yang di gunakan maka modul – modul tersebut dapat dirangkaikan seri, paralel atau pun kombinasi keduannya untuk menghasilkan besar tegangan dan daya sesuai kebutuhan. Rangkaian modul yang di hubungkan seri tersebut dinamakan rangkaian cabang dan modul – modul total yang terpasang disebut susunan modul yang terdiri dari kumpulan paralel rangkaian cabang.

Untuk memperoleh besar tegangan dan daya yang sesuai dengan kebutuhan, sel sel photovoltaik tersebut harus dikombinasikan secara seri dan paralel, dengan aturan sebagai berikut :

- Untuk memperoleh tegangan keluaran yang dua kali lebih besar dari tegangan keluaran sel photovoltaik, maka dua buah sel photovoltaik dihubungkan secara seri.
- Untuk memperoleh arus keluaran yang dua kali lebih besar dari arus keluaran sel photovoltaik, maka dua buah sel photovoltaik dihubungkan secara paralel.
- Untuk memperoleh daya keluaran yang dua kali lebih besar dari daya keluaran sel photovoltaik dengan tegangan yang konstan, maka dua buah sel photovoltaik harus dihubungkan secara seri dan paralel.

Untuk menentukan tegangan yang diinginkan modul surya dihubungkan secara seri yaitu dengan cara menghubungkan kutub positif dan kutub negatif.



**Gambar 2.5. Hubungan Seri**

Jumlah modul yang harus dihubungkan seri ditentukan oleh tegangan masukan inverter, dengan rumus dibawah ini :

$$J_S = V_{INV} : V_{MF} \quad (2.2)$$

Dimana :

$J_S$  = Jumlah seri modul surya

$V_{INV}$  = Tegangan masukan inverter (Volt)

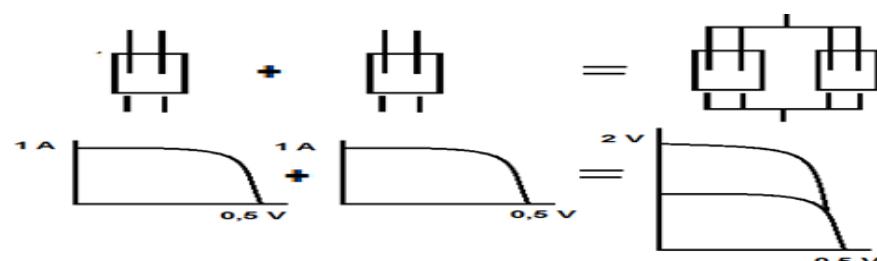
$V_{MF}$  = Tegangan maksimum modul surya (Volt)

Bilangan  $J_S$  harus merupakan bilangan bulat (interger). Bila didapatkan bilangan pecahan, maka bilangan tersebut harus dibulatkan, sehingga di peroleh

$$V_{GPV} = J_S : V_{MF} \quad (2.3)$$

Dengan  $V_{GPV}$  adalah tegangan generator modul surya dalam Volt.

Untuk menentukan jumlah hubungan paralel modul surya adalah mendapatkan arus listrik yang lebih besar dari pada keluaran arus listrik dari setiap modul surya, maka modul surya dihubungkan secara paralel, dengan cara menghubungkan kutub – kutub yang sama ( kutub negatif saling dihubungkan dan kutub positif juga saling dihubungkan ), seperti terlihat di gambar berikut :



**Gambar 2.6. Hubungan Paralel**

Untuk memperoleh daya total generator photovoltaik  $P_{GPV}$ , maka dibutuhkan jumlah string sebagai berikut :

$$J_P = p : V_{GPV} \cdot I_{MF} \quad (2.3)$$

Bila diperoleh bilangan pecahan,  $J_P$  di bulatkan keatas, arus nominal generator photovoltaik ( $I_{GPV}$ ) dapat dihitung kemudian dengan rumus sebagai berikut :

$$I_{GPV} = J_P \cdot I_{MF} \quad (2.4)$$

Setelah ditentukan  $J_S$  dan  $J_P$  maka daya generator photovoltaik terpasang dihitung kembali menggunakan persamaan :

$$P_{GPV} = V_{GPV} \cdot I_{GPV} \text{ (Watt peak)} \quad (2.5)$$

Sedangkan jumlah susunan modul photovoltaik ( $N$ ) yang terpasang adalah :

$J_P$  = Jumlah string modul photovoltaik

$P_{GPV}$  = Daya generator photovoltaik (Watt)

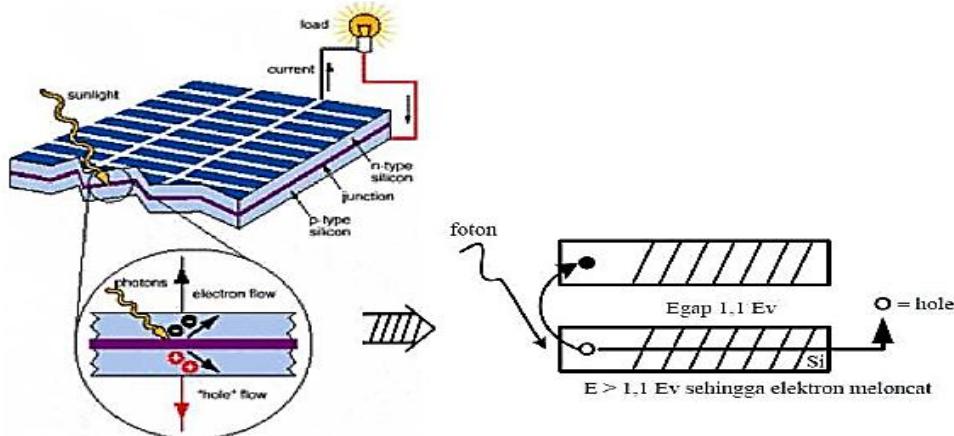
$V_{GPV}$  = Tegangan generator photovoltaik ( Volt )

$I_{MF}$  = Arus maksimum modul photovoltaik ( Ampere )

### 2.5.2. Prinsip Kerja Sel Surya

Sel surya Bahan yang di gunakan adalah silikon, unsur kimia yang berada pada golongan periodik. Sel surya silikon pertama kali dibangun oleh Chapin, fuller, pearson, yang memiliki efisiensi 6%.

Struktur dari sel surya umum dipakai yaitu sel surya berbasis material silikon yang juga secara umum mencakup struktur dan cara kerja Sel Surya generasi pertama (sel surya silikon) dan kedua (*thin film*/lapisan tipis).



**Gambar 2.7. Prinsip Kerja Sel Surya**

Pada gambar 2.7. memperlihatkan suatu prinsip kerja sel surya terbentuk dari sambungan semi konduktor silikon (Si) tipe – n dan tipe – p. Bahan Si mempunyai celah energi (Eg) atau energi gap sebesar  $i$ ,  $i$  eV (elektron volt).

### 2.5.3. Proses Konversi

Penjelasan secara singkat bagaimana sel surya mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik adalah sebagai berikut :

- Foton di dalam cahaya matahari mengenai panel surya dan diserap oleh *semiconducting material, silicon*.

- b. Elektron (bermuatan negatif) dilepaskan dari atom, membiarkan untuk mengalir melalui material panel surya untuk menghasilkan listrik. Muatan positif yang saling melengkapi juga diciptakan (seperti gelembung) yang disebut *hole* dan mengalir dikebalikan arah elektron di dalam suatu silikon panel surya.
- c. Ilustrasi semikonduktor diketahui pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktifitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. Di dalam semikonduktor alami (disebut dengan semikonduktor intrinsik) ini, elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau hole dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikoduktor. Dua jenis semikonduktor n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan p – n atau dioda p – n.

## 2.6. Pemanfaatan Listrik Tenaga Surya

Pemanfaatan listrik tenaga surya sebagai pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan masyarakat pedesaan. Ruang lingkup aplikasi pembangkit listrik tenaga surya secara umum untuk aplikasi khusus, berdiri sendiri dan gabungan.

Aplikasi pembangkit listrik tenaga surya bermacam – macam konfigurasi, secara umum dapat dibagi menjadi tiga yaitu :

1. Sistem kesatuan (Desentralisasi) atau *solar home system* (SHS)
2. Gabungan (*Hybrid*)
3. Sentralisasi (Stand-alone)

Pada pembahasan, membahas gabungan (*Hybrid*) pemilihan pembangkit listrik tenaga surya tergantung pada daya yang di butuhkan dan kondisi setempat, masing – masing konfigurasi mempunyai keuntungan dan kerugiannya sendiri.

### **2.6.1. Desentralisasi Atau *Solar Home System (SHS)***

Sistem ini berdiri sendiri diperlukan baterai berkapasitas besar guna mensuplai daya pada malam hari, ini berarti kurang ekonomis. Untuk mengatasi masalah ini ada dua cara yaitu :

1. Perlu pembangkit lain yang mensuplai daya pada malam hari.
2. Semua beban di jalankan pada siang hari, pada malam hari dijalankan betul – betul yang di perlukan.

### **2.6.2. Gabungan (*Hybrid*)**

Sistem pembangkit listrik tenaga surya gabungan adalah sistem yang mengkombinasikan teknologi. Sistem pembangkit listrik yang di gabung atau *hybrid*, direncanakan untuk :

1. Mengoptimalkan dua jenis sistem konversi maupun dari unjuk kerja maupun biaya.
2. Memanfaatkan energi alternatif.
3. Menghemat bahan bakar kalau menggunakan pembangkit konvensional berbahan bakar minyak.
4. Meminimalkan pemakaian pembangkit konvensional.

### **2.6.3. Sentralisasi (Stand – Alone)**

Sistem sentralisasi ini dipasang secara terpusat dan dayanya di distribusikan setiap rumah, umumnya untuk pemakaian skala kecil, masing – masing rumah mendapatkan energi 20 - 40 W di pakai hanya untuk penerangan, radio. Sasarannya untuk rumah pedesaan.