

## **BAB II**

### **KERANGKA TEORETIK, KERANGKA BERFIKIR dan HIPOTESIS PENELITIAN**

#### **2.1. Kajian Teoretik**

##### **2.1.1 Penghematan**

Penghematan energi atau konservasi energi adalah tindakan mengurangi jumlah penggunaan energi. Penghematan energi dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien dimana manfaat yang sama diperoleh dengan menggunakan energi lebih sedikit, ataupun dengan mengurangi konsumsi dan kegiatan yang menggunakan energi. Penghematan energi dapat menyebabkan berkurangnya biaya, serta meningkatnya nilai lingkungan, keamanan negara, keamanan pribadi, serta kenyamanan. Organisasi-organisasi serta perseorangan dapat menghemat biaya dengan melakukan penghematan energi, sedangkan pengguna komersial dan industri dapat meningkatkan efisiensi dan keuntungan dengan melakukan penghematan energi<sup>1</sup>.

Penghematan energi adalah hal yang penting untuk mengurnagi pemakain dari sumber energi tek terbarukan. Penghematan energi diharapkan dapat menekan angka pemkaian energi dan permintaan energi ,sehingga dapat menutup meningkatnya kebutuhan energi akibat

---

<sup>1</sup> [https://id.wikipedia.org/wiki/Penghematan\\_energi](https://id.wikipedia.org/wiki/Penghematan_energi): ( 29 juni 2015 )

pertumbuhan populasi. Selain itu juga dapat mengurangi biaya operasional dari pemakaian energi tersebut.

### 2.1.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sebuah energi alternatif pengganti dari pembangkit listrik tenaga fosil, contohnya seperti batu bara, minyak dan lain lain. Pembangkitan tenaga surya mulai dipergunakan dan dipergunakan secara umum pada tahun 1970. Tegangan yang dihasilkan solar sel sangat kecil yaitu hanya sekitar 0.5 v dc. Untuk menghasilkan tegangan 12 volt maka harus merangkai lempeng solar sel secara seri sebanyak 24 buah<sup>2</sup>.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menggunakan teknologi konversi *photovoltaic* (biasanya disebut juga sel surya) adalah piranti semikonduktor yang dapat merubah cahaya secara langsung menjadi arus listrik searah (dc) dengan menggunakan kristal *silicon* (Si) yang tipis. Sebuah kristal silindris (Si) diperoleh dengan cara memanaskan (Si) dengan tekanan yang diatur sehingga (Si) berubah menjadi penghantar. Bila kristal silindris dipotong setebal 0,3 mm, akan terbentuklah sel-sel silikon yang tipis atau yang disebut juga dengan sel surya (fotovoltaik). Sel-sel silikon tersebut dipasang dengan posisi sejajar/seri dalam sebuah panel yang terbuat dari aluminium atau baja anti karat dan dilindungi oleh kaca atau plastik. Kemudian pada tiap-tiap (Si) diberi sambungan yang berfungsi untuk mengaliri arus listrik apabila terkena sinar matahari. Besarnya arus/tenaga listrik tergantung pada jumlah energi cahaya yang

---

<sup>2</sup> Hutasuhut, Fajar Purwanto, *Fisika Terapan*, ( Jakarta : Karunika, 1986 ), h.48.

mencapai (Si) dan luas permukaan sel tersebut. Untuk penempatan dan kondisi lingkungan sangat berpengaruh untuk mengaplikasikan sistem pembangkit listrik tenaga surya agar meminimalisasi terjadi kegagalan sistem. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk perancangan yaitu adalah:

1. Menentukan nilai tegangan listrik yang akan dibutuhkan.
2. Survei ketersediaan energi listrik di lokasi tersebut yang meliputi lama minimal/maksimal, dan lain-lain.
3. Penentuan jenis modul, jumlah, tegangan listrik, dan arus listrik keluaran, spesifikasi lain.
4. Penentuan jenis tegangan listrik yang sesuai.

### **2.1.3 Pemanfaatan Energi Matahari**

Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi alternatif untuk mengatasi krisis energi, khususnya minyak bumi yang telah kita rasakan sampai saat ini dan mendapat perhatian yang cukup besar dari banyak negara di dunia. Energi surya memiliki energi yang tidak terbatas atau tidak pernah habis, pemanfaatannya juga tidak menimbulkan polusi yang dapat merusak lingkungan. Cahaya atau sinar matahari dapat dikonversi menjadi listrik dengan menggunakan teknologi sel surya atau fotovoltaik.

Saat ini pemerintah telah mengeluarkan roadmap pemanfaatan energi surya yang menargetkan kapasitas PLTS terpasang hingga tahun 2025 adalah sebesar 0.87 GW atau sekitar 50 MWp/tahun. Jumlah ini merupakan gambaran potensi pasar yang cukup besar dalam pengembangan energi surya di masa datang. Suplai energi yang diterima

oleh permukaan bumi mencapai  $3 \times 10^{24}$  *joule*/tahun. Jumlah energi tersebut setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di diseluruh dunia saat ini<sup>3</sup>.

Komponen utama sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan menggunakan teknologi fotovoltaik adalah sel surya. Saat ini terdapat banyak teknologi pembuatan sel surya. Sel surya konvensional yang sudah komersil saat ini menggunakan teknologi wafer silikon kristalin yang proses produksinya cukup kompleks dan mahal. Secara umum, pembuatan sel surya konvensional diawali dengan proses pemurnian untuk menghasilkan silika *solar grade*, dilanjutkan dengan pemotongan silika menjadi wafer silika. Selanjutnya wafer silika diproses menjadi sel surya, kemudian sel-sel surya disusun membentuk modul surya. Tahap terakhir adalah mengintegrasikan modul surya dengan BOS (*Balance of System*) menjadi sistem PLTS. BOS adalah komponen pendukung yang digunakan dalam sistem PLTS seperti inverter, baterai, sistem kontrol, dan lain-lain.

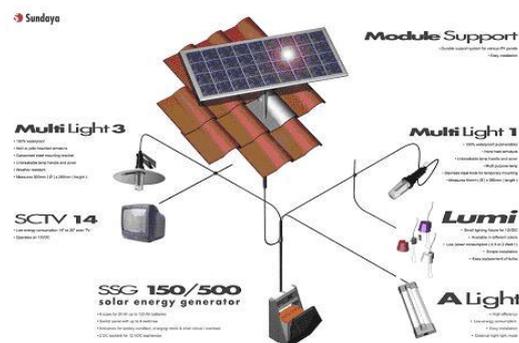
---

<sup>3</sup> Suyitno M, *Energi Alternatif*, ( Surakarta : Yuma Pustaka, 2011 ), h.123.

### 2.1.4 Prinsip Kerja PLTS

Pada siang hari modul surya menerima cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses fotovoltaik. Listrik yang dihasilkan oleh modul dapat langsung disalurkan ke beban ataupun disimpan dalam baterai sebelum digunakan ke beban: lampu, radio, dan lain-lain. Pada malam hari, dimana modul surya tidak menghasilkan listrik, beban sepenuhnya dicatu oleh baterai. Demikian pula apabila hari mendung, dimana modul surya menghasilkan listrik lebih rendah dibandingkan pada saat matahari benderang. Modul surya dengan kapasitas tertentu dapat menghasilkan jumlah listrik yang berbeda-beda apabila ditempatkan pada daerah yang berlainan.

Secara skematis sistem PLTS dapat dilihat pada gambar 2.1 :



Gambar 2.1 Diagram instalasi PLTS.

Sumber: <http://rhazio.files.wordpress.com/2007/09/sry1.jpg>

### 2.1.5 Sel Surya (*Solar cell*)

Sel surya adalah sebuah alat yang tersusun dari material semikonduktor yang dapat mengubah sinar matahari menjadi tenaga listrik secara langsung. Sering juga dipakai istilah *photovoltaic* atau fotovoltaik. Pemanfaatan solar sel sejauh ini dapat di manfaatkan menjadi sumber pembangkit energi listrik secara massal atau pun dapat secara berkelompok serta dapat juga sebagai pembangkit tunggal. Pembangkitan secara missal dapat dilakukan dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya dalam skala besar . Sedangkan pembangkitan untuk berkelompok misalkan untuk pemenuhan suatu kelompok atau beberapa unit komsumsi listrik seperti perumahan dan perkampungan. Pembangkitan tunggal dapat di terapkan di masing-masing rumah dengan satu unit pembangkitan solar sel.

Cara kerja solar sel adalah dengan merubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik oleh sel-sel Kristal yang melewati sitem atau proses *photovoltaic*. Prinsip kerja sel surya adalah berdasarkan konsep semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas terdiri dari rangkaian diode tipe p dan tipe n.<sup>2</sup>

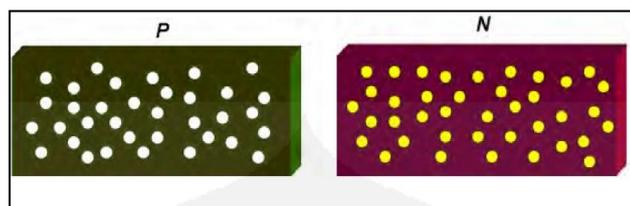
Struktur sel surya yang berupa diode sambungan (*junction*) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semi konduktor yang masing-masing diketahui sebagai semikonduktor jenis negative (n) dan smikonduktor jenis positif (p). Semikonduktor jenis n memiliki kelebihan elektron dengan kata lain memiliki kelebihan muatan *negative*. Sebaliknya semikonduktor jenis p memiliki kelebihan *hole*, sehingga kelebihan muatan positif. Proses

pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini karena divais sel surya memiliki struktue *diode* yang tersusun oleh yaitu jenis *negative* (n) dan jenis positif (p).Caranya dengan menambahkan unsur lain kedalam semikonduktor,maka kita dapat mengontrol jenis semikonduktor tersebut. Didalam semikonduktor alami (semikonduktor intrinsik),elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama.Kelebihan elektron atau hole dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor.

Semikonduktor intrinsic yang dimaksud adalah silicon (Si). Semikonduktor jenis p,biasanya dibuat dengan menambahkan unsur *boron* (B),*alumunium* (Al),*galium* (Ga), atau *Indium* (In) kedalam *silicon*(Si). Unsur-unsur tambahan boron,alumunium,gallium atau indium ini dapat menambah jumlah hole,sebaliknya jenis n dibuat dengan menambahkan nitrogen (N), fosfor (P) atau arson (As) untuk meningkatkan jumlah elektron. Sedangkan silikon (Si) intrinsic tidak ada unsur tambahan,usaha untuk menambahkan unsur tersebut disebut dengan usaha *doping* yang jumlahnya tidak lebih dari  $10^{-7}$  dibanding berat Si yang akan didoping.

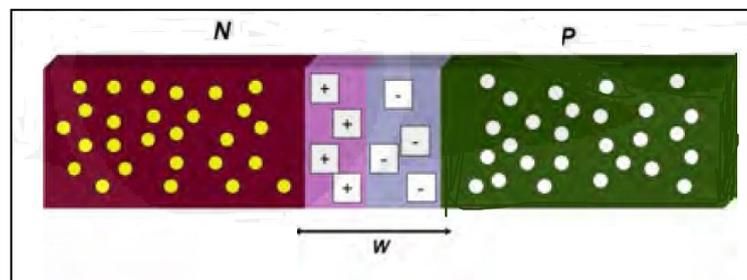
Jika dua jenis semokonduktor n dan p ini disatukan akan membentuk sambungan pn atau diode p-n yang dapat di gambarkan sebgai berikut :

1. Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung,



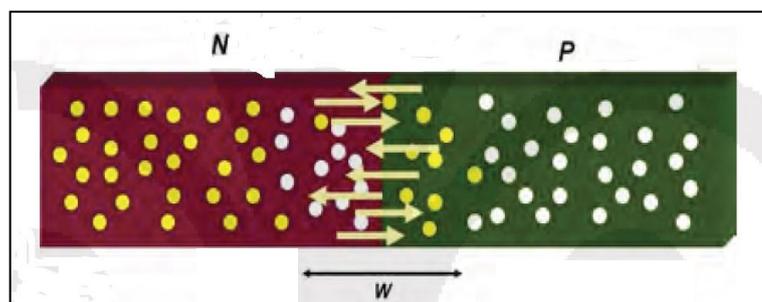
**Gambar 2.2 Gambar Sebelum Di Sambung**

2. Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron–elektron dari semikonduktor n menuju semikonduktor p dan perpindahan hole dari semikonduktor p menuju semikonduktor n, proses ini disebut dengan proses difusi. Perpindahan elektron maupun *hole* ini hanya sampai pada jarak tertentu dari batas sambungan awal, karena gaya tarik elektrostatis yang ditinggalkan.



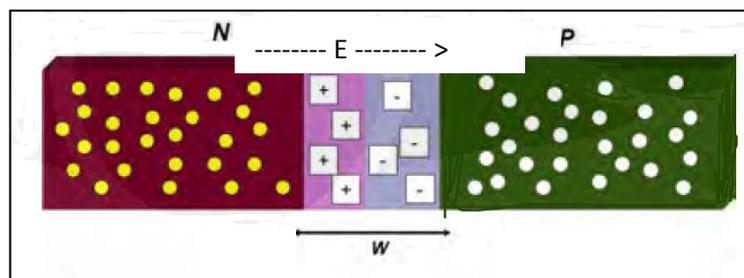
**Gambar 2.3 Gambar Sesaat Setelah Disambung**  
**Sumber : Dokumentasi(2015)**

3. Elektron dari semikonduktor n bersatu dengan hole pada semikonduktor p yang mengakibatkan jumlah hole pada semikonduktor p akan berkurang. Daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan negative. Disaat yang bersamaan hole dari semikonduktor p bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor n yang mengakibatkan jumlah elektron daerah ini berkurang dan akhirnya lebih bermuatan positif.



**Gambar 2.4 Daerah Depleksi**  
**Sumber :Dokumentasi (2015)**

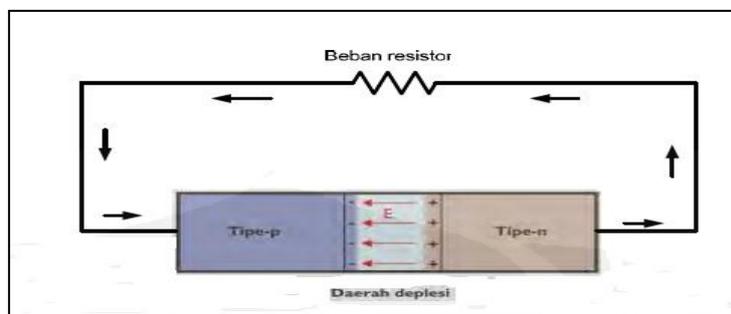
4. Daerah *negative* dan positif ini disebut dengan daerah deplesi yang memiliki jarak yang di notasikan dengan huruf  $w$ .
5. Elektron yang didifusi ke p akan mengisi *holes* yang ada di daerah junction layer p sehingga daerah tersebut menjadi daerah intrinsic. Begitu pula holes yang didifusi ke n akan menarik elektron di daerah junction layer n, sehingga daerah tersebut menjadi daerah intrinsic di bagian *junction* n dan p dan daerah *junction* ini disebut *depletion layer*.
6. Karena adanya perbedaan muatan positif dan *negative* di daerah deplesi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal  $E$  dari sisi positif ke sisi *negative*, yang mencoba menarik kembali hole ke semikonduktor p dan elektron ke semikonduktor n. Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan hole maupun elektron pada awal terjadinya daerah deplesi. Pada gambar dibawah ini menunjukkan garis medan listrik ( $E$ ) pada sambungan semikonduktor.



**Gambar 2.5 terciptanya daerah medan listrik**  
**Sumber Documentasi (2015)**

7. Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan pn berada pada titik setimbang, yakni saat dimana jumlah *hole* berpindah dari semikonduktor p ke n di kompensasi dengan jumlah *hole* yang tertarik ke arah semikonduktor p akibat medan listrik  $E$ . Begitu pula dengan jumlah

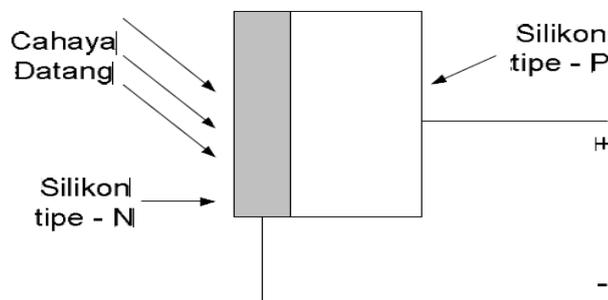
elektron yang berpindah dari semikonduktor n ke p, dikompensasi dengan mengalirnya kembali elektron ke semikonduktor n akibat tarikan medan listrik E. Dengan kata lain, medan listrik E mencegah seluruh elektron dan hole berpindah dari semikonduktor yang satu ke semikonduktor yang lainnya. Pada sambungan diode pn inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. Pada gambar dibawah ini menunjukkan proses aliran arus listrik pada sambungan pn.



**Gambar 2.6** gambar aliran arus listrik pada sambungan p.n  
(Sumber : Wasito, *Vademekum Elektronika*, 1995:165)

Satu sel surya dapat menghasilkan beda potensial sebesar 0.5V DC (dalam keadaan cahaya penuh). Penyusunan 36 sel yang dihubungkan secara seri menjadi satu modul menghasilkan tegangan ( $V_{oc}$ ) sebesar :  $0,50V \times 36 = 18 \text{ Volt}$ . Beberapa sel dapat dideretkan guna memperoleh tegangan 6, 9, 12, 24V, dan seterusnya. ). Penyusunan 36 sel yang dihubungkan secara seri menjadi satu modul menghasilkan tegangan ( $V_{oc}$ ) sebesar :  $0,50V \times 36 = 18 \text{ Volt}$ . Beberapa sel dapat dideretkan guna memperoleh tegangan 6, 9, 12, 24V, dan seterusnya. Sel surya dapat pula diujarkan guna memperoleh arus keluaran lebih besar. Bahan dasar dari sel surya adalah Silikon, dimana Fosfor digunakan untuk menghasilkan Silikon tipe – N dan Boron digunakan sebagai pencemar untuk

memperoleh bahan tipe – P. Untuk struktur dari sel surya dapat dilihat pada Gambar 2.2



**Gambar 2.7 Struktur Sel Surya.**

**Sumber :** (Sumber : Wasito, *Vademekum Elektronika, 1995:165*)

Saat ini, efisiensi sel surya dapat dibagi menjadi efisiensi sel surya komersil dan efisiensi sel surya skala laboratorium. Sel surya komersil yang sudah ada di pasaran memiliki efisiensi sekitar 12-15%. Sedangkan efisiensi sel surya skala laboratorium pada umumnya 1,5 hingga 2 kali efisiensi sel surya skala komersil. Hal ini disebabkan pada luas permukaan sel surya yang berbeda. Pada sel surya di pasaran pada umumnya memiliki luas permukaan 100 cm<sup>2</sup> yang kemudian dirangkai mejadi modul surya yang terdiri atas 30-40 buah sel surya. Dengan semakin besarnya luas permukaan sel surya, maka sudah menjadi pengetahuan umum jika terdapat banyak efek negatif berupa resistansi sirkuit, cacat pada sel dan sebagainya, yang mengakibatkan terdegradasinya efisiensi sel surya.<sup>4</sup>

Sel surya hanya merupakan satu komponen penyerap cahaya yang langsung mengkonversi cahaya tersebut menjadi listrik. Agar listrik dari sel surya ini dapat dimanfaatkan, maka sel surya membutuhkan apa yang disebut dengan *Balance of System* (BOS) yang paling minim terdiri atas;

<sup>4</sup> <http://energisurya.wordpress.com/faq-sel-surya/>. (10 Maret 2015)

inverter (mengubah listrik DC dari sel surya menjadi listrik AC untuk keperluan sehari hari), *baterai* (untuk menyimpan kelebihan muatan listrik guna pemakaian darurat atau malam hari), serta beberapa buah *controller* untuk mengatur secara optimal daya keluaran sel surya.

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

Karakteristik *output* dari *solar cell* panel dapat dilihat dari kurva performansi, disebut I-V curve. I-V curve menunjukkan hubungan antara arus dan *Voltage*.

Kurva I-v terdiri dari 3 hal yang penting:

1. *Maximum power point* ( $V_{mp}$  dan  $I_{mp}$ )
2. *Open Circuit Voltage* ( $V_{oc}$ )
3. *Short circuit Current* ( $I_{sc}$ )

Pada kurva I-V, *Maximum power point*  $V_{mp}$  dan  $I_{mp}$ , adalah titik operasi, dimana maksimum pengeluaran/ *output* yang dihasilkan oleh solar cell panel saat kondisi operasional. Dengan kata lain,  $V_{mp}$  dan  $I_{mp}$  dapat diukur pada saat *solar cell* panel diberi beban pada 25 derajat *Celcius* dan radiasi 1000 *watt* per meter persegi. Pada kurva di atas *Voltage* 17 *Volts* adalah  $V_{mp}$ , dan  $I_{mp}$  adalah 2,5 *Ampere*. Jumlah *watt* pada batas maksimum ditentukan dengan mengalikan  $V_{mp}$  dan  $I_{mp}$ , maksimum jumlah *watt* pada STC adalah 43 *watt*.

*Output* berkurang sebagaimana *Voltage* menurun. Arus dan daya *output* dari kebanyakan modul *solar cell* panel menurun sebagaimana tegangan/ *Voltage* meningkat melebihi *maximum power point*. *Open Circuit Voltage* (*Voc*). *Open Circuit Voltage* *Voc*, adalah kapasitas tegangan maksimum yang dapat dicapai pada saat tidak adanya arus (*current*). Pada kurva I-V, *Voc* adalah 21 *Volt*. Daya pada saat *Voc* adalah 0 *watt*. *Voc solar cell* panel dapat diukur dilapangan dalam berbagai macam keadaan. Saat membeli modul, sangat direkomendasikan untuk menguji *Voltage* untuk mengetahui apakah cocok dengan spesifikasi pabrik. Saat menguji *Voltage* dengan multimeter digital dari terminal positif ke terminal negatif. *Open Circuit Voltage* (*Voc*) dapat diukur pada pagi hari dan sore hari. *Short circuit Current* *Isc*, adalah maksimum *output* arus dari *solar cell* panel yang dapat dikeluarkan (*output*) di bawah kondisi dengan tidak ada resistansi atau *short circuit*. Pada kurva I-V diatas menunjukkan perkiraan arus 2,65 *Ampere*. Daya pada *Isc* adalah 0 *watt*. *Short circuit Current* dapat diukur hanya pada saat membuat koneksi langsung terminal positif dan negatif dari sel surya.

## 2.1.6 Komponen Utama Pembangkit Listrik Tenaga Surya

### 2.1.6.1. Panel Surya

Panel surya atau modul surya adalah merupakan kumpulan sel-sel surya yang dirangkai sedemikian rupa (seri atau paralel) sesuai dengan keperluan. Sedangkan generator surya adalah kumpulan dari beberapa panel surya yang dirangkai sedemikian rupa (seri atau paralel) sesuai dengan keperluan. Yang berfungsi merubah cahaya matahari menjadi listrik arus searah (DC), *inverter* dapat dengan mudah merubahnya menjadi listrik arus bolak balik (AC) apabila diperlukan. Bentuk moduler dari modul surya memberikan kemudahan pemenuhan kebutuhan listrik untuk berbagai skala kebutuhan. Kebutuhan kecil dapat dicukupi dengan satu modul atau dua modul, dan kebutuhan besar dapat dicatu oleh bahkan ribuan modul surya yang dirangkai menjadi satu. Satu buah modul surya umumnya terdiri dari 36 buah *solar cell*.



**Gambar 2.8 Panel Solar cell**  
**Sumber : Dokumentasi (2015)**

Susunan panel surya adalah susunan sel surya kristal yang mempunyai tegangan beban nol sekitar 0,6 Volt sebesar 3 Ampere (dari luas permukaan 100 cm<sup>2</sup> ). Pada kondisi titik kerja tegangan yang dihasilkan pada sel surya kristal yaitu sebesar  $\pm 0,5$  Volt yang hampir tak dapat dipakai oleh beban. Oleh karena itu untuk mendapatkan tegangan daya

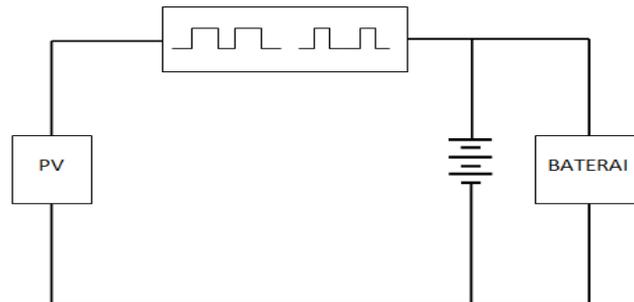
yang dapat diinginkan, sel surya harus dihubungkan secara seri maupun paralel. Dalam banyak pemakaian, sel surya dihubungkan satu sama lain untuk mendapatkan daya  $\pm 40$  Wp dengan tegangan 15 Volt, yang memungkinkan dihubungkan dengan baterai 12 Volt. Hubungan beberapa sel-sel ini disebut sebagai suatu modul (panel) surya, dan generator surya adalah hubungan beberapa panel surya untuk mendapatkan daya sesuai dengan keperluan. Panel dibentuk sedemikian rupa, sehingga dapat mengamankan pengaruh mekanik. Kekuatan panel yang sering dibuat produsen digaransi sampai 20 tahun. Kebanyakan panel memiliki bahan sejenis gelas dibagian depan dan di belakang semacam bahan Pvc (EVA, Tedler dan lain-lain).

*Controller* atau pengatur adalah suatu peralatan yang dilengkapi dengan rangkaian elektronik berfungsi untuk mengatur arus pengisian/pengosongan *baterai* (sebagai penyimpan) secara otomatis. Setiap regulator pada umumnya dilengkapi dengan dioda sebagai pemblokir arus balik dari baterai kepanel apabila tegangan panel sangat rendah. Untuk panel surya dengan baterai 12 Volt DC maka regulator harus dapat memisahkan rangkaian dari pemakai saat tegangan baterai mencapai 10,5 Volt. Seperti halnya panel surya, regulator ini perlu diketahui data-data tekniknya, sehingga pembelian regulator disesuaikan dengan kebutuhan di lapangan.

Fungsi BCR :

- a. Mengatur transfer energi dari modul PV – baterai – beban, secara efisien dan semaksimal mungkin.

- b. Membatasi daerah tegangan kerja baterai.
- c. Menjaga/memperpanjang umur baterai.
- d. Mencegah beban berlebih dan hubung singkat.
- e. Melindungi dari kesalahan polaritas terbalik.



**Gambar 2.9 Rangkaian Solar Charge Controller**  
Sumber : Dokumentasi



**Gambar 2.10 Solar Charge Controller**  
Sumber : Dokumentasi

- Pada saat baterai hampir penuh, terjadi pengisian (*charging*) yang terputus-putus dengan teknik PWM (*Pulse Width Modulation*).
- Proses pengisian baterai mendekati kondisi ideal, karena besar kecilnya arus pada saat baterai akan penuh diatur oleh lebar pulsa “ON”.

- Rangkaian BCR lebih rumit, terutama PWM harus didisain sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan interferensi pada gelombang radio.

#### **2.1.6.2. Inverter**

Inverter digunakan untuk pengubah tegangan DC yang dihasilkan oleh panel surya menjadi sumber tegangan AC yang di alirkan ke beban. Penggunaan Inverter agar tegangan dari sumber listrik panel surya sesuai dengan tegangan untuk beban yang digunakan. Inverter mengubah tegangan DC 12 volt menjadi 220 volt AC.

#### **2.1.6.3. Aki**

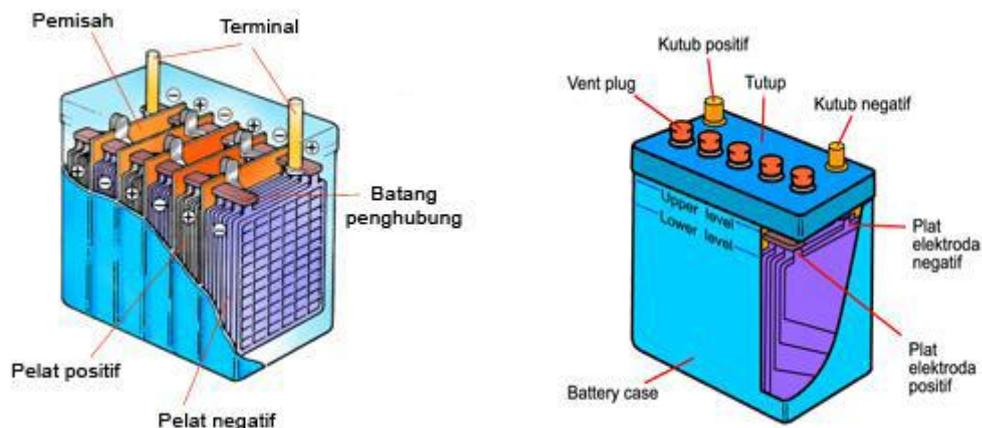
Accumulator atau sering disebut aki adalah sebuah sel listrik yang didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat dibalikan ) dengan efisiensi yang tinggi. Proses elektrokimia reversible ialah didalam baterai atau aki dapat berlangsung proses perubahan energi kimia menjadi tenaga listrik (pengosongan). Sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (pengisian kebalikan dengan regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai), yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas ) yang berlawanan didalam sel<sup>5</sup>.

Terdapat dua jenis elemen yang merupakan sumber arus searah DC dari proses kimiawi yaitu elemen primer dan sekunder. Elemen primer terdiri dari elemen basah dan elemen kering. Reaksi kimia pada elemen primer menyebabkan electron mengalir dari elektroda negatif (katoda) ke el-

---

<sup>5</sup> Daryanto, *Teknik Listrik*, ( Bandung : Sarana Tutorial Nurani Sejahtera, 2010 ), h.78.

elektroda positif (anoda) tidak dapat dibalik arahnya. Maka jika muatannya habis, maka elemen primer tidak dapat dimuati kembali dan memerlukan penggantian bahan pereaksinya (elemen kering). Sehingga dilihat dari sisi ekonomis elemen primer dapat dikatakan cukup boros. Contoh elemen primer adalah batu baterai kering. Alessandro Volta, seorang ilmuwan fisika mengetahui gaya gerak listrik (ggl) dapat dibangkitkan oleh dua logam (tembaga dan seng) yang berbeda dan dipisahkan larutan elektrolit. Hal ini menjadi prinsip dasar bagi pembuatan dan penggunaan elemen sekunder. Elemen sekunder harus diberi muatan terlebih dahulu sebelum digunakan, yaitu dengan cara mengalirkan arus listrik melaluinya (secara umum dikenal dengan istilah disetrum). Akan tetapi, tidak seperti elemen primer, elemen sekunder dapat dimuati kembali 6 berulang kali. Elemen sekunder ini lebih dikenal dengan aki. Dalam sebuah aki berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (bolak-balik) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel yaitu di dalam aki saat dipakai berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (*discharging*). Sedangkan saat diisi atau dimuati, terjadi proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (*charging*).



Gambar 2.11 Sel Aki

Sumber : <http://news.ralali.com/cara-memperbaiki-aki-basah/database> diakses pada tanggal 22 juni 2015

Aki memiliki 2 kutub/terminal, kutub positif dan kutub negatif . Biasanya kutub positif (+) lebih besar atau lebih tebal dari kutub negatif (-), untuk menghindarkan kelalaian bila aki hendak dihubungkan dengan kabel-kabelnya. Pada aki terdapat batas minimum dan maksimum tinggi permukaan air aki untuk masing-masing sel. Bila permukaan air aki di bawah level minimum akan merusak fungsi sel aki. Jika air aki melebihi level maksimum, mengakibatkan air aki menjadi panas dan meluap keluar melalui tutup sel.

Akki memiliki kekuatan atau kapasitas penyimpanan daya. Kemampuan penyimpanan pada akki tersebut dinyatakan dengan *Ah* (*Amperehours* atau ampere jam). Pengertian *Ah* dapat dijelaskan jika, suatu akki 12 volt 10 *Ah* memiliki arti akki tersebut mengeluarkan tegangan DC 12 Volt dan untuk mengeluarkan arus 1 Amper, maka daya tahan akki tersebut hanya 10 jam<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Hutasuhut, Fajar Purwanto, *Fisika Terapan*, ( Jakarta : Karunika, 1986 ), h.4.2 .

### 2.1.7 Teori Pengukuran

Tegangan merupakan suatu beda potensial antara kutub positif (kekurangan electron) dengan kutub negative (kelebihan electron)<sup>7</sup>. Tegangan dibagi menjadi dua yaitu tegangan Ac atau tegangan bolak balik dan tegangan DC atau tegangan searah. Arus listrik adalah mengalirnya electron secara kontinyu pada konduktor akibat perbedaan jumlah electron pada beberapa lokasi yang jumlah elektronnya tidak sama dengan satuan *Ampere*. Satu *ampere* arus adalah mengalirnya electron sebanyak  $6.28 \times 10^{16}$  atau sama dengan 1 *coulumb* perdetik melewati suatu penampang konduktor.<sup>8</sup> Arus listrik merupakan gerakan muatan secara langsung yang hanya dapat mengalir pada bahan yang didalamnya terdapat bahan pembawa muatan dengan jumlah yang cukup dan bebas bergerak<sup>8</sup>.

Pengukuran tegangan dapat dilakukan secara parallel dengan rangkaian. Sedangkan untuk mengukur arus dilakukan secara seri dengan beban atau tahanan. Alat ukur untuk mengukur tegangan adalah Voltmeter, dan alat ukur untuk mengukur arus adalah ampere meter.

## 2.2. Kerangka berfikir

Perkembangan teknologi yang semakin pesat membuat manusia selalu berusaha untuk terus mengembangkan teknologi sehingga mencari solusi untuk menghemat pemakaian energi listrik. Beberapa kondisi yang mendorong peneliti ingin melakukan penelitian tentang pengaruh PLTS terhadap penghematan energi listrik rumah tinggal yang pertama adalah faktor besarnya pemakaian daya listrik. Kedua biaya atau tarif listrik yang

---

<sup>7</sup> Daryanto, *Teknik Listrik*, (Bandung : Sarana Tutorial Nurani Sejahtera, 2010 ),h.17.

<sup>8</sup> Daryanto, *Teknik Listrik*, (Bandung : Sarana Tutorial Nurani Sejahtera, 2010 ),h.79

mahal dan semakin meningkat. Ketiga pemakaian lampu yang berlebihan dan penggunaan energi yang sia-sia.

Sistem penerangan energi listrik tenaga surya mendorong peneliti untuk menggunakan energi alternatif yaitu pembangkit listrik tenaga surya sebagai sumber listrik di rumah tinggal diharapkan dapat mengalihkan ketergantungan penuh terhadap sumber energi listrik dari PLN, mengurangi harga yang harus dikeluarkan dikarenakan meningkatnya tarif daya listrik. Penggunaan PLTS tidak menggunakan sumber energi PLN melainkan energi surya yang merupakan energi terbarukan dan sangat ramah lingkungan karena tidak menimbulkan polusi.

Peneliti tertarik untuk meneliti dan merangkai alat pemanfaatan Pembangkit Listrik tenaga surya sebagai sumber listrik untuk penerangan dirumah tinggal karena memiliki beberapa kelebihan yaitu : (1) PLTS sebagai sumber listrik untuk penerangan rumah tinggal diduga dapat di aktifkan sesuai kebutuhan pemakai, (2) PLTS sebagai sumber listrik untuk penerangan rumah tinggal diduga dapat aktif ketika sumber dari PLN sedang terjadi pemadaman ataupun sedang ada masalah sumber PLN, (3) PLTS sebagai sumber listrik untuk penerangan rumah tinggal diduga dapat digunakan secara rutin di malam hari, (4) PLTS sebagai sumber listrik untuk penerangan diduga dapat mengurangi ketergantungan penuh terhadap sumber energi listrik dari PLN.

Oleh karena itu peneliti terdorong untuk meneliti apakah terdapat pengaruh dari penggunaan PLTS terhadap penghematan energi listrik rumah tinggal untuk kebutuhan penerangan.

### **2.3. Hipotesis Penelitian**

Berdasarkan landasan teoritis dan kerangka berfikir yang telah dikemukakan maka dapatlah diajukan hipotesis penelitian sebagai berikut :  
“Penggunaan PLTS dapat menghemat kebutuhan energi listrik pada rumah tinggal “.