

# Pengaturan Tegangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

## 1000 WATT

<sup>1)</sup> Dian Furqani Alifyanti

<sup>2)</sup> Juara Mangapul Tambunan

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Elektro, STT PLN Jakarta

<sup>2)</sup> Jurusan Teknik Elektro, STT PLN Jakarta, juaramangapult\_stmsi@yahoo.com

**Abstract**— *Solar power is one renewable energy sources that are environmentally friendly. Solar power is harnessed by solar power plants to generate electricity. Electricity energy generated is converted to light energy by solar cells. Collection of solar cells arranged in such a way as to produce solar panels. The electrical energy produced will be stored in a medium called a battery. In the storage and use of electrical energy, we need to be considered in order to avoid overcharge and overdischarge. Therefore we used battery charge controller that will regulate the charging or discharging energy, beside that battery charge controller also server as a system protection. To use AC load, we used inverter to regulate the voltage's output becomes  $V_{AC}$*

**Keywords** - PLTS, solar panels, battery charge controller, battery, inverter.

**Abstrak**— Tenaga surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Tenaga surya dimanfaatkan oleh pembangkit listrik tenaga surya untuk menghasilkan listrik. Energi listrik yang dihasilkan merupakan energi cahaya yang dikonversi oleh sel surya. Kumpulan sel surya disusun sedemikian rupa sehingga menghasilkan panel surya. Energi listrik yang dihasilkan akan disimpan didalam sebuah media yang disebut baterai. Dalam penyimpanan dan penggunaan energi listrik ini, perlu diperhatikan agar tidak terjadi kelebihan pengisian/*overcharge* dan kelebihan pemakaian/ *overdischarge*. Oleh karena itu digunakan pengatur pengisian baterai/battery charge controller yang akan mengatur pengisian ataupun pemakaian energi, selain itu juga berfungsi sebagai alat proteksi. Untuk pemakaian beban AC digunakan inverter untuk mengatur keluaran tegangan menjadi  $V_{AC}$ .

**Kata kunci**— PLTS, Panel surya, *Battery charge controller*, Baterai, Inverter

### I. PENDAHULUAN

Kondisi bumi kita kian lama kian mengesankan karena tercemarnya lingkungan dari efek rumah kaca (*greenhouse effect*) yang menyebabkan pemanasan global (*global warming*), hujan asam, rusaknya lapisan ozon hingga hilangnya hutan tropis. Semua jenis polusi itu rata-rata akibat dari penggunaan bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara dan lainnya yang tiada hentinya. Padahal kita tahu bahwa bahan bakar dari fosil tidak dapat diperbaharui, tidak seperti bahan bakar non-fosil.

Dengan kondisi yang memprihatinkan, gerakan hemat energi merupakan keharusan di seluruh dunia. Salah satunya dengan hemat bahan bakar dan menggunakan bahan bakar non-fosil yang dapat diperbaharui seperti tenaga angin, tenaga air, energi panas bumi, tenaga matahari, dan lainnya. Duniapun mulai merubah penggunaan bahan bakarnya, dari bahan bakar fosil beralih ke bahan bakar non-fosil, terutama tenaga surya yang tidak terbatas.

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) lebih diminati karena dapat digunakan untuk keperluan apa saja dan di mana saja : bangunan besar, pabrik, perumahan, dan lainnya. Selain persediaannya tanpa batas, tenaga surya nyaris tanpa dampak buruk terhadap lingkungan dibandingkan bahan bakar lainnya. Di negara-negara industri maju seperti Jepang, Amerika Serikat, dan beberapa negara di Eropa dengan bantuan subsidi dari pemerintah telah diluncurkan program-program untuk memasyarakatkan listrik tenaga surya.

Daya yang dihasilkan oleh PLTS ini tentunya akan disalurkan dari pusat pembangkit sampai ke konsumen yang terdiri dari berbagai proses yang sistematis, mulai dari proses pembangkitan hingga pendistribusian daya. Kualitas daya yang dihasilkan dipengaruhi oleh nilai tegangannya, oleh karena itu tegangan yang akan dikirim perlu di atur agar sesuai dengan yang dibutuhkan. Melalui penelitian ini, penulis membahas tentang pengaturan tegangan PLTS 1000 watt.

## II. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 SelSurya

Sel surya (*Solar cell*) atau sel fotovoltaik berasal dari bahasa inggris yaitu "photovoltaic". Photovoltaic berasal dari dua kata yaitu "photo" yang berarti cahaya dan kata "volt" adalah nama satuan pengukuran tegangan listrik. Sel surya (*Solar cell*) merupakan sebuah divais semikonduktor yang memiliki permukaan luas dan terdiri dari rangkaian diode tipe "p" dan "n", yang mampu merubah energi matahari menjadi energi listrik. Sel surya (*Solar cell*) bergantung pada efek fotovoltaik untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan.

Perbedaan utama dari panel sel surya adalah bahan produksi dari sel surya. Bahan sel surya yang paling umum adalah *crystalline silicon*. Bahan *crystalline* dapat terdiri dari *monocrystalline* dan *polycrystalline*.

- 1). *Polycrystalline* berwarna kebiruan dengan bercak-bercak biru muda dan biru tua. Jenis ini yang paling banyak digunakan pada pembangkit listrik tenaga surya skala kecil. Efisiensinya yaitu sekitar angka belasan persen.
- 2). *Monocrystalline*, mempunyai efisiensi lebih baik lagi tetapi harganya juga relatif lebih mahal. Jenis ini dapat dikenali dengan warnanya yang kebiruan polos tanpa bercak.
- 3). Selain itu panel sel surya ada yang terbuat dari lapisan tipis *amorphous silicon*, berwarna agak gelap kehitaman dan umum digunakan pada perangkat dengan konsumsi daya sangat rendah seperti kalkulator. Efisiensi dari jenis ini paling rendah yaitu sekitar 3-5%.

Sel *Crystalline silicon* mempunyai 2 tipe yang hampir serupa, meskipun sel *single crystalline* lebih efisien dibandingkan dengan *poly-crystalline* karena *poly-crystalline*

merupakan ikatan antara sel-sel. Keunggulan dari amorphous silicon adalah harga yang terjangkau tetapi tidak seefisien crystalline silicon sel surya.

## 2.2 Efek fotovoltaik

Energi radiasi surya dapat diubah menjadi arus listrik searah dengan menggunakan lapisan-lapisan tipis dari silikon (Si) murni atau bahan semikonduktor lainnya. Pada saat ini silikon merupakan bahan yang terbanyak dipakai. Silikon merupakan unsur yang banyak terdapat di alam. Untuk keperluan pemakaian sebagai semikonduktor, silikon harus dimurnikan hingga suatu tingkat pemurnian yang tinggi sekali.

Pada suhu nol absolut ( $0^{\circ}\text{K}$ ) semua ikatan kovalensi berada dalam keadaan utuh dan lengkap. Bilamana suhu naik, atom-atom akan mengalami keadaan getaran thermal. Getaran-getaran ini yang meningkat dengan suhu, pada suatu saat dapat mengganggu beberapa ikatan kovalensi.

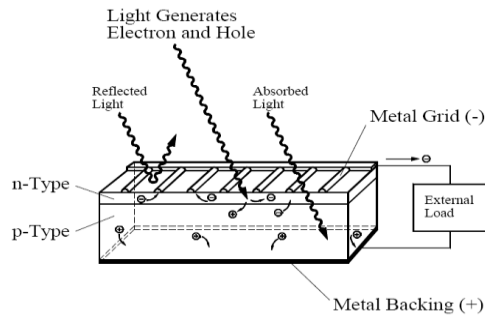
Terganggunya ikatan kovalensi dalam kristal semikonduktor pada suhu lingkungan biasa mempunyai beberapa akibat besar terhadap sifat-sifat listrik kristal itu dan penting dalam penjelasan efek photovoltaik.

### 2.2.1 Prinsip Kerja Fotovoltaik

Apabila suatu bahan semikonduktor seperti bahan silikon disimpan dibawah sinar matahari, maka bahan silikon tersebut akan melepaskan sejumlah kecil listrik yang biasa disebut *efek fotolistrik*. Efek fotolistrik adalah pelepasan elektron dari permukaan metal yang disebabkan penumbukan cahaya. Efek ini merupakan proses dasar fisis dari fotovoltaik merubah energi cahaya menjadi listrik.

Cahaya matahari terdiri dari partikel-partikel yang disebut sebagai "*photons*" yang mempunyai sejumlah energi yang besarnya tergantung dari panjang gelombang pada spektrum cahaya. Pada saat photon menumbuk sel surya maka cahaya tersebut akan dipantulkan atau diserap atau mungkin hanya diteruskan. Cahaya yang diserap akan membangkitkan listrik.

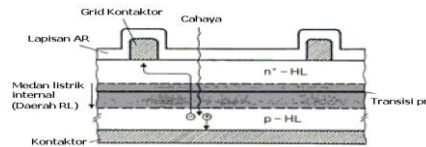
Pada saat terjadi tumbukan, energi yang dikandung oleh photon ditransfer pada elektron yang terdapat pada atom sel surya yang merupakan bahan semikonduktor. Dengan energi yang didapat dari photon, elektron melepaskan diri dari ikatan normal bahan semikonduktor dan menjadi arus listrik yang mengalir dalam rangkaian listrik yang ada. Dengan melepaskan dari ikatannya, elektron tersebut menyebabkan terbentuknya lubang atau "*hole*".



**Gambar 2.1** Konversi cahaya matahari

Secara umum, konstruksi sebuah fotovoltaik terdiri dari 3 bagian, yaitu

- Lapisan penerima radiasi
- Lapisan tempat terjadinya pemisahan muatan akibat fotoinduksi
- Lapisan kontaktor



**Gambar 2.2** Penampang PV

### 2.2.2 Efisiensi Fotovoltaik

Dalam menilai suatu fotovoltaik bekerja dengan baik atau tidak, serta menentukan kualitasnya, tergantung pada efisiensi yang dihasilkan oleh fotovoltaik tersebut. Apabila fotovoltaik memiliki efisiensi yang baik, maka daya yang dihasilkan akan maksimal dan rugi-rugi akan semakin kecil. fotovoltaik dengan efisiensi yang tinggi dan rugi-rugi yang kecil inilah yang bisa dikatakan fotovoltaik yang baik. Efisiensi pada fotovoltaik dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain insolasi matahari ( $I$ ), Luas kolektor fotovoltaik ( $A_c$ ) dan daya kolektor yang dimiliki fotovoltaik.

Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\eta_p = \frac{(IV)_{max}}{IA_c}$$

dimana,  $\eta_p$  = efisiensi fotovoltaik

$(IV)_{max}$  = daya kolektor maksimum (W)

$I$  = Insolasi matahari (W/m<sup>2</sup>)

$A_c$  = luas kolektor fotovoltaik (m<sup>2</sup>)

Nilai efisiensi sebuah modul surya sangat tergantung pada nilai *Peak Sun Hour* (PSH). PSH sangat subyektif tergantung pada karakteristik lingkungan termasuk lamanya penyinaran matahari dan indeks kecerahan di suatu tempat.

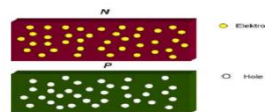
## 2.3 Proses Konversi

Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor; yakni jenis n dan jenis p. Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, ( $n = \text{negatif}$ ). Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan p ( $p = \text{positif}$ ) karena kelebihan muatan positif. Caranya, dengan menambahkan unsur lain ke dalam semikonduktor, maka kita dapat mengontrol jenis semikonduktor tersebut.

Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktivitas 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 semikonduktor.

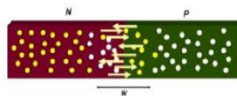
Dua jenis semikonduktor n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan p-n atau dioda p-n (istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi / metallurgical junction) yang dapat digambarkan sebagai berikut.

1. Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung.



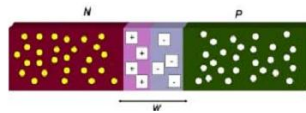
**Gambar 2.3** Semikonduktor P dan N

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. Perpindahan elektron maupun hole ini hanya sampai pada jarak tertentu dari batas sambungan awal.



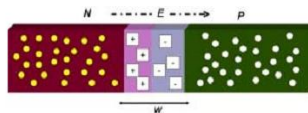
**Gambar 2.4** Semikonduktor setelah disambung

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 negatif. Pada saat yang sama, hole dari semikonduktor p bersatu dengan elektron yang ada pada Semikonduktor n yang mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini berkurang. Daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif.



**Gambar 2.5** Daerah Depleksi

4. Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah depleksi (depletion region) ditandai dengan huruf W.
5. Baik elektron maupun hole yang ada pada daerah depleksi disebut dengan pembawa muatan minoritas (minority charge carriers) karena keberadaannya di jenis semikonduktor yang berbeda.
6. Dikarenakan adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah depleksi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal  $E$  dari sisi positif ke sisi negatif, 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 depleksi.



**Gambar 2.6** Timbulnya Medan Listrik

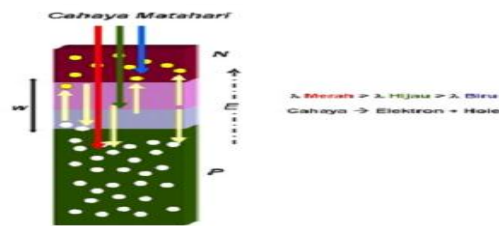
7. Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan p-n berada pada titik setimbang, yakni saat di mana jumlah hole yang berpindah dari semikonduktor p ke n dikompensasi dengan jumlah hole yang tertarik kembali ke arah semikonduktor p akibat medan listrik  $E$ . Begitu pula dengan jumlah elektron yang berpindah 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 lain. Pada sambungan p-n inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. Untuk keperluan sel surya, semikonduktor n berada pada lapisan atas sambungan p yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor p, sehingga cahaya matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus terserap dan masuk ke daerah depleksi dan semikonduktor p.



**Gambar 2.7** Proses Konversi

Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan diri dari semikonduktor n, daerah depleksi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini meninggalkan hole pada daerah yang

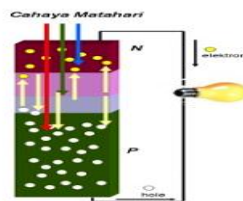
ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan fotogenerasi elektron-hole (electron-hole photogeneration) yakni terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat cahaya matahari.



**Gambar 2.8** Proses Konversi Cahaya Matahari

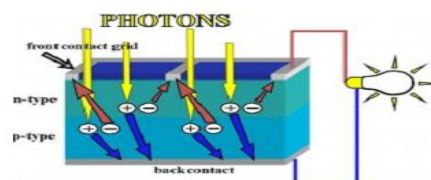
Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor p yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor n.

Selanjutnya, dikarenakan sambungan p-n terdapat medan listrik E, elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor n, begitu pula dengan hole yang tertarik ke arah semikonduktor p. Apabila rangkaian kabel dihubungkan ke dua bagian semikonduktor, maka elektron akan mengalir melalui kabel. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel, lampu tersebut menyala dikarenakan mendapat arus listrik, dimana arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron.



**Gambar 2.9** Rangkaian Uji Coba Arus

Pada umumnya, untuk memperkenalkan cara kerja sel surya secara umum, ilustrasi di bawah ini menjelaskan segalanya tentang proses konversi cahaya matahari menjadi energi listrik.



**Gambar 2.10** Proses Konversi Energi cahaya Menjadi Energi Listrik



## 2.4 Perhitungan Teknis

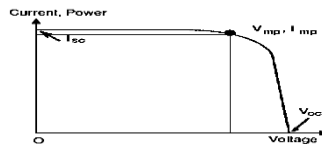
Daya yang dihasilkan panel surya maksimum diukur dengan besaran Wattpeak (Wp), yang konversinya terhadap Watthour (Wh) tergantung intensitas cahaya matahari yang mengenai permukaan panel. Selanjutnya daya yang dikeluarkan oleh panel surya adalah daya panel dikalikan lama penyinaran.

Misalnya sebuah panel surya berkapasitas 50 Wattpeak disinari matahari dengan intensitas maksimum selama 8 jam maka daya yang dihasilkan adalah 50 kali 8 Watthour atau 400 Watthour. Daya sebanyak ini dapat digunakan untuk menyalakan 4 buah lampu 25 Watt selama 4 jam atau sebuah televisi hitam putih 40 Watt selama 10 jam.

## 2.5 Performansi Panel Sel Surya

Total pengeluaran listrik (*wattage*) dari panel sel surya adalah sebanding dengan voltase/ tegangan operasi dikalikan dengan arus operasi saat ini. Panel sel surya dapat menghasilkan arus dari voltase yang berbeda-beda. Hal ini berbeda dengan baterai, yang menghasilkan arus dari voltase yang relatif konstan.

Karakteristik keluaran/output dari panel sel surya dapat dilihat dari kurva performansi, disebut I-V curve. I-V curve menunjukkan hubungan antara arus dan voltase.



**Gambar 2.11** I-V Curve

Gambar diatas menunjukkan tipikal kurva I-V. Voltase (V) adalah sumbu horizontal. Arus (I) adalah sumbu vertikal. Kebanyakan kurva I-V diberikan dalam Standar Test Conditions (STC) 1000 watt per meter persegi radiasi (atau disebut satu matahari puncak/ one peak sun hour) dan 25 derajat Celcius/ 77 derajat Fahrenheit suhu solar cell panel. Sebagai informasi STC mewakili kondisi optimal dalam lingkungan laboratorium.

Kurva I-V terdiri dari 3 hal yang penting:

### 1). Maximum Power Point ( $V_{mp}$ dan $I_{mp}$ )

Pada kurva I-V, Maximum Power Point ( $V_{mp}$  dan  $I_{mp}$ ) adalah titik operasi, dimana maksimum pengeluaran/ output yang dihasilkan oleh panel sel surya saat kondisi operasional. Dengan kata lain,  $V_{mp}$  dan  $I_{mp}$  dapat diukur pada saat panel sel surya diberi beban pada 25 derajat Celcius dan radiasi 1000 watt per meter persegi. Pada kurva di atas voltase 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.

### 2). Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ )



Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ ) adalah kapasitas tegangan maksimum yang dapat dicapai pada saat tidak adanya arus (current). Pada kurva I-V,  $V_{oc}$  adalah 21 volt. Daya pada saat  $V_{oc}$  adalah 0 watt.

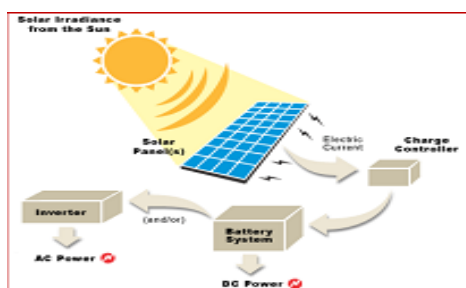
$V_{oc}$  panel sel surya dapat diukur dilapangan dalam berbagai macam keadaan. Saat membeli modul, sangat direkomendasikan untuk menguji voltase untuk mengetahui apakah cocok dengan spesifikasi pabrik. Saat menguji voltase dengan multimeter digital dari terminal positif ke terminal negatif. Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ ) dapat diukur pada pagi hari dan sore hari.

### 3). Short Circuit Current ( $I_{sc}$ )

Short Circuit Current ( $I_{sc}$ ) adalah maksimum output arus dari panel sel surya yang dapat dikeluarkan (output) di bawah kondisi dengan tidak ada resistansi atau hubung pendek. Pada kurva I-V diatas menunjukkan perkiraan arus 2,65 Ampere. Daya pada  $I_{sc}$  adalah 0 watt. Short circuit current dapat diukur hanya pada saat membuat koneksi langsung terminal positif dan negatif dari panel sel surya.

## III. KOMPONEN-KOMPONEN PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

Agar PLTS dapat berfungsi dengan baik, maka dalam suatu sistem terdapat beberapa macam komponen utama dan komponen pembantu. Masing-masing komponen tersebut mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Semuanya merupakan rangkaian kesatuan yang tidak dapat dipisahkan. Pada dasarnya, seluruh komponen-komponen tersebut mempunyai masa pemakaian ( life time ) yang baik.



**Gambar 3.1** Prinsip Kerja PLTS



**Gambar 3.2** Panel Surya

Berdasarkan gambar PLTS di atas, komponen-komponen yang menyusun PLTS adalah:

### 3.1 Modul/Panel Surya

Modul/Panel sel surya mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik. Sel surya menghasilkan arus yang digunakan untuk mengisi baterai. Dengan menambah modul/panel surya (memperluas) berarti menambah konversi tenaga surya. Umumnya panel sel surya dengan ukuran tertentu memberikan hasil tertentu pula. Untuk mendapatkan keluaran energi listrik yang maksimum maka permukaan modul surya harus selalu mengarah ke matahari.

Di Indonesia, energi listrik yang optimum akan didapat apabila modul surya diarahkan dengan sudut kemiringan sebesar lintang lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) tersebut berada. Sebagai contoh, untuk daerah yang berada di sebelah utara khatulistiwa maka modul surya harus dihadapkan ke selatan, dan sebaliknya.

Misalnya sebuah panel solar mempunyai spesifikasi 50 Wp(Watt peak) ini berarti daya yang dapat dihasilkan sebesar 50 watt saat intensitas cahaya optimal. Jika lama penyinaran optimal di Indonesia 5 jam maka hasil daya yang dapat dihasilkan:

$$50 \times 5 \text{ jam} = 250 \text{ watt.}$$

### 3.1.1 Rangkaian Modul Surya Secara Paralel

Untuk mendapatkan arus listrik yang lebih besar dari 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).

Apabila masing-masing modul surya mempunyai tegangan kerja 15 Volt dan menghasilkan arus listrik sebesar masing-masing 3 Amper, kemudian ketiganya dihubungkan secara paralel maka akan didapatkan arus listrik total sebesar 9 Ampere sedangkan tegangan totalnya akan sama dengan tegangan masing-masing modul surya yaitu 15 Volt.

### 3.1.2 Rangkaian Modul Surya Secara Seri

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

Tegangan total yang didapatkan dengan cara menghubungkan seri tiga buah modul masing-masing mempunyai tegangan 15 Volt adalah merupakan jumlah yaitu 45 Volt, tetapi arus listrik total yang dihasilkan adalah sama dengan masing-masing arus setiap modul yaitu 3 Ampere.

## 3.2. Pengatur Pengisian Baterai / Battery Charge Controller



**Gambar 3.3** Battery Charge Controller

Sebagai perangkat yang digunakan untuk menyalurkan energi listrik ke beban dan akumulator yang dibangkitkan oleh sel surya. Alat ini juga memilih dan memindahkan secara otomatis, apabila PLTS tidak mencukupi ke beban, maka yang menyuplai energi listrik adalah baterai. Untuk menjaga kesetimbangan energi di dalam baterai, diperlukan alat pengatur elektronik yang disebut *battery charge controller*.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memilih *battery charge controller*:

- 1). Voltage 12 volt DC/ 24 volt DC
- 2). Kemampuan dari controller. Misalnya 5 ampere, 10 ampere dll
- 3). Full charge dan low voltage cut

Battery charge yang baik, biasanya mampu mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh, maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. *Battery charge controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, apabila level tegangan jatuh/drop, maka baterai akan diisi kembali.

Battery charge controller pada umumnya terdiri dari :

- a). 1 input ( 2 terminal ) yang terhubung dengan output panel surya.
- b). 1 output ( 2 terminal ) yang terhubung dengan baterai/aki.
- c). 1 output ( 2 terminal ) yang terhubung dengan beban (*load*).

Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel surya karena terdapat “*diode protection*” yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya ke baterai, bukan sebaliknya.

### 3.3 Inverter

Inverter adalah alat kontrol yang digunakan untuk merubah tegangan  $12 V_{DC}$  atau  $24 V_{DC}$  menjadi tegangan  $220 V_{AC}$ . Sehingga memungkinkan untuk menjalankan berbagai peralatan listrik dengan standar listrik PLN.



**Gambar 3.4** Inverter

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih inverter:

- 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*

Rugi-rugi / losses yang terjadi pada inverter biasanya berupa dissipasi daya dalam bentuk panas. Pada umumnya efisiensi inverter adalah berkisar 50-90% tergantung dari beban

outputnya. Bila beban outputnya semakin mendekati beban kerja inverter yang tertera maka effisiensinya semakin besar, demikian pula sebaliknya.

### 3.4 Baterai



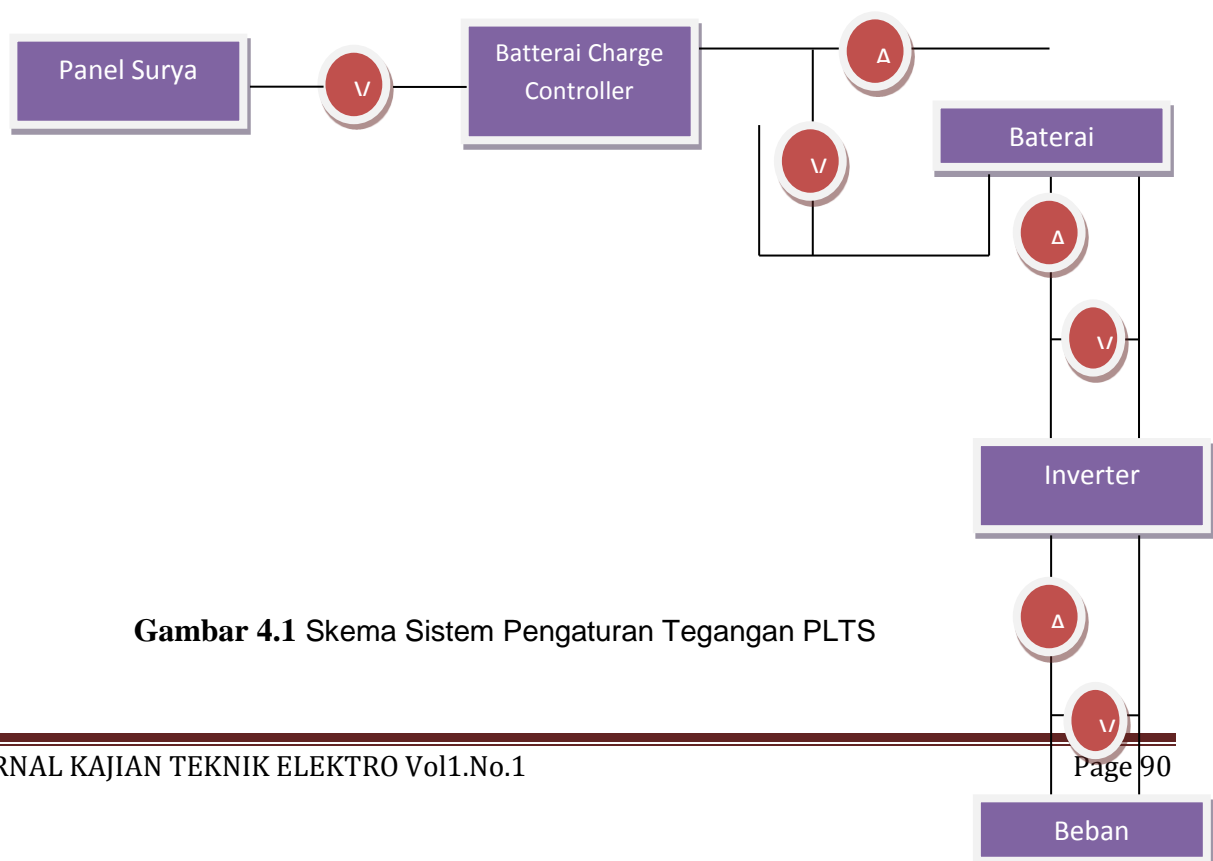
**Gambar 3.5** Baterai

Fungsi dari baterai adalah sebagai penyimpan energi. Jenis baterai yang tersedia bermacam-macam. Yang paling umum digunakan adalah jenis asam timbal. Karena harganya yang paling murah, jenis ini umum ditemukan pada kendaraan bermotor. Baterai asam timbal terbagi dalam dua jenis yaitu Sealed atau biasa disebut dengan aki kering kadang juga disebutkan sebagai aki bebas perawatan dan *Non-Sealed* atau aki “biasa”.

Kemampuan dari suatu baterai ditentukan oleh kapasitasnya yang diukur dalam satuan Ampere/hour (Ah). Misal baterai dengan kapasitas 5 Ah maksimum dapat mengeluarkan arus sebesar 5 Ah selama satu jam. Daya yang dapat dikeluarkan merupakan perkalian antara arus dan tegangan, misal baterai di atas bertegangan 12 volt, maka daya yang dikeluarkan adalah 60 Watt/hour (Wh).

Parameter berikutnya yang harus diketahui dalam operasional sebuah baterai adalah batasan daya yang boleh dikeluarkan dari baterai. Istilah teknis untuk parameter ini adalah *Deep Of Discharge* (DoD). Untuk baterai asam timbal, angka maksimumnya adalah 80%, sebaiknya batasan tersebut tidak dilanggar untuk menjaga umur baterai.

## IV. HASILDANPEMBAHASAN



**Gambar 4.1** Skema Sistem Pengaturan Tegangan PLTS

## 4.1 Spesifikasi Komponen Pengaturan Tegangan

Sebelum menjelaskan pengaturan tegangan setiap komponen, perlu diketahui spesifikasi yang digunakan pada PLTS 1000 W agar kerja dari setiap komponen lebih optimal. Untuk menentukan spesifikasi komponen, terlebih dahulu kita merancang atau memperkirakan beban-beban apa saja yang akan digunakan.

### 4.1.1 Merancang Beban

Untuk menentukan spesifikasi dari komponen yang akan digunakan, terlebih dahulu kita mengasumsikan beban-beban yang akan kita gunakan. Beban yang digunakan berupa beban DC dan beban AC. Berikut rincian beban yang digunakan.

**TABEL 4.1**  
RANCANGAN BEBAN

Jam	Beban (a)	Jumlah (b)	Daya (watt) (a x b)	Lama Pemakaian (jam)	Total Energi (watt hour/Wh)
18.00-05.00	Lampu Teras 10 W	1	10	11	110
18.00-06.00	Lampu Kamar Mandi 10 W	1	10	12	120
18.00-22.00	Lampu Dapur 10 W	1	10	4	40
18.00-22.00	Lampu Ruang Tamu 15 W	1	15	4	60
19.00-22.00 04.00-06.00	Lampu Kamar Tidur 15 W	1	15	5	75
12.00-15.00 16.00-18.00 19.00-22.00	TV 14 " 70 W	1	70	8	560
12.00-17.00	Kipas 35 W	1	35	5	175
04.00-06.00 20.00-22.00	Charge HP 25 W	1	25	4	100
06.00-07.00	Pemasak Nasi	1	350	1	350
22.00-02.00	AC ½ PK 368 W	1	368	4	1472
Total					3062

**TABEL 2**  
PEMBEBANAN 24 JAM

Waktu pembebanan	Beban AC	Beban DC	Energi total (Wh)
00. <sup>00</sup> – 01. <sup>00</sup>	AC ½ PK	2 lampu DC TL	388
01. <sup>00</sup> – 02. <sup>00</sup>	AC ½ PK	2 lampu DC TL	388
02. <sup>00</sup> – 03. <sup>00</sup>	-	2 lampu DC TL	20
03. <sup>00</sup> – 04. <sup>00</sup>	-	2 lampu DC TL	20
04. <sup>00</sup> – 05. <sup>00</sup>	Charge HP	3 lampu DC TL	60
05. <sup>00</sup> – 06. <sup>00</sup>	Charge HP	2 lampu DC TL	50
06. <sup>00</sup> – 07. <sup>00</sup>	Pemasak Nasi	-	350

07. <sup>00</sup> - 08. <sup>00</sup>	-	-	0
08. <sup>00</sup> - 09. <sup>00</sup>	-	-	0
09. <sup>00</sup> - 10. <sup>00</sup>	-	-	0
10. <sup>00</sup> - 11. <sup>00</sup>	-	-	0
11. <sup>00</sup> - 12. <sup>00</sup>	-	-	0
12. <sup>00</sup> - 13. <sup>00</sup>	Kipas Angin	TV	105
13. <sup>00</sup> - 14. <sup>00</sup>	Kipas Angin	TV	105
14. <sup>00</sup> - 15. <sup>00</sup>	Kipas Angin	TV	105
15. <sup>00</sup> - 16. <sup>00</sup>	Kipas Angin	-	35
16. <sup>00</sup> - 17. <sup>00</sup>	Kipas Angin	TV	105
17. <sup>00</sup> - 18. <sup>00</sup>	-	TV	70
18. <sup>00</sup> - 19. <sup>00</sup>	-	4 lampu DC TL	45
19. <sup>00</sup> - 20. <sup>00</sup>	-	5 lampu DC TL, TV	130
20. <sup>00</sup> - 21. <sup>00</sup>	Charge HP	5 lampu DC TL, TV	155
21. <sup>00</sup> - 22. <sup>00</sup>	Charge HP	5 lampu DC TL, TV	155
22. <sup>00</sup> - 23. <sup>00</sup>	AC ½ PK	2 lampu DC TL	388
23. <sup>00</sup> - 24. <sup>00</sup>	AC ½ PK	2 lampu DC TL	388
<b>TOTAL</b>			<b>3062</b>

#### 4.1.2 Menentukan spesifikasi panel surya

Dengan merancang beban yang akan digunakan, kita dapat menentukan spesifikasi panel surya yang digunakan. Kapasitas panel surya dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas panel} = \frac{ET}{\text{Insolasi Matahari}} \times \text{Energi Band Gap}$$

Maka,

$$= \frac{3062}{4.5} \times 1.1 = 748.49 \text{ Watt}$$

**TABEL 3**  
KARAKTERISTIK SEL SURYA

Jenis Material	Energi Band Gap (eV)	<sup>n</sup> <sub>terukur</sub>
Silikon (Si)	1.11	8
Indium Phosphide (InP)	1.25	3
Galium Arsenide (GaAs)	1.35	1
Cadmium Telluride (CdTe)	1.45	7
Gallium Phosphide (GaP)	2.25	1
Cadmium Sulfide (CdS)	2.40	7

Dengan memperhitungkan rugi-rugi sistem yang sebesar 15 % (Bien, Kasim, & Wibowo, 2008:41 dalam bukunya Mark Hankins, 1991: 68), , maka besar kapasitas panel surya yang dibutuhkan dengan pertimbangan *losses* sistem adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas panel surya} &= P_{\text{panel surya}} + (15\% \times P_{\text{panel surya}}) \\ &= 748.49 \text{ W} + (15\% \times 748.49 \text{ W}) \\ &= 860.7635 \text{ Watt} \approx 1000 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas kita dapat menentukan bahwa panel surya yang akan digunakan mempunyai spesifikasi panel 1000 WP, karena dipasaran tidak terdapat spesifikasi yang nilainya 1000 WP, maka digunakan panel surya dengan spesifikasi 100 WP sebanyak 10 buah.

#### 4.1.3 Menentukan spesifikasi baterai

Penentuan kapasitas baterai yang akan digunakan dipengaruhi oleh total konsumsi energi perhari (Wh), tegangan kerja baterai (V), dan *Deep of Discharge* (DOD) baterai 80%.

Kapasitas baterai =

$$AH = \frac{ET}{VS} = \frac{3062}{24} = 127.58$$

Dipilih tegangan 24 Volt karena total energi digunakan perharinya cukup besar, maka digunakan tegangan 24 volt agar arusnya semakin kecil dan rugi-rugi bisa diminimalisir.

Baterai yang digunakan merupakan baterai dalam, sehingga mempunyai DOD sebesar 80% atau 0.8, sehingga kapasitas baterai yang digunakan sebesar

$$CB = \frac{AH \times d}{DOD} = \frac{127.58 \times 1}{0.8} = 159.475 AH$$

Baterai hanya digunakan 50% untuk pemenuhan kebutuhan listrik karena baterai yang sering digunakan lebih dari 40% - 50% akan mengurangi *lifetime*. Jadi digunakan baterai ukuran 200 Ah 24 V sebanyak 2 buah dipasang secara paralel

#### 4.1.4 Menentukan Spesifikasi Baterai Charge Controller ( BCC )

Dalam penentuan spesifikasi BCC, yang perlu diperhatikan adalah tegangan sistem yang digunakan atau tegangan baterai. Tegangan baterai yang digunakan adalah 24 V dan  $P_{\text{panel surya}}$  adalah 1000 W, sehingga kapasitas dalam arus yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned} I_{\text{maks}} &= \frac{P_{\text{panelsurya}}}{V_s} \\ &= \frac{1000 W}{24 V} = 41,66 A \end{aligned}$$

Jadi BCC yang kita gunakan adalah BCC 60 A, karena dalam pemilihan spesifikasi sebaiknya dipilih spesifikasi dengan nilai yang lebih besar dari seharusnya dan disesuaikan dengan stock yang ada dipasaran.

#### 4.1.5 Menentukan spesifikasi inverter

Langkah selanjutnya adalah menentukan spesifikasi inverter. Untuk menentukan kapasitas dalam watt inverter yang digunakan kita harus mengetahui daya yang digunakan oleh beban AC dan memilih kapasitas dalam watt yang nilainya lebih besar dari total beban AC yang akan disupply dengan memperhitungkan efisiensi inverter itu sendiri.



#### 4.1.6 Pengaturan Tegangan Pada Panel Surya

Pengaturan tegangan oleh panel surya berhubungan dengan jumlah tegangan yang dihasilkan, yang mana jumlah tegangan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor :

a). Temperatur / suhu

**TABEL 4**  
HUBUNGAN SUHU DENGAN V-I

Temperatur (°C)	Arus ( A )	Tegangan ( V )	Daya ( Watt )
70	7.89	31.7	168.8
55	7.82	33.2	179.5
40	7.75	34.7	190.1
25	7.68	36.2	200.6
10	7.61	37.7	210.8

Dapat dilihat bahwa hubungan antara suhu/temperature dengan tegangan berbanding terbalik, dimana nilai temperatur semakin kecil sedangkan nilai tegangan semakin besar. Jika suhu panel surya meningkat diatas standar suhu normal yaitu 25 derajat Celcius, efisiensi panel surya dan tegangan akan berkurang. Panas dalam kasus ini, adalah hambatan listrik untuk aliran elektron. Untuk itu aliran udara di panel surya sangat penting untuk menghilangkan panas yang menyebabkan suhu panel surya yang tinggi.

**Tabel 5**

Hubungan Radiasi dengan V-I

Radiasi (w/m <sup>2</sup> )	Arus ( A )	Tegangan ( V )	Daya ( Watt )
70	1.54	33.1	37.8
400	3.07	34.4	78.5
600	4.61	35.2	119.5
800	6.14	35.8	160.3
1000	7.68	36.2	200.6

Radiasi sangat mempengaruhi tegangan dimana radiasi matahari dan tegangan berbanding lurus, semakin terik atau semakin tinggi nilai radiasi matahari maka tegangan yang dihasilkan juga semakin besar.

Untuk PLTS 1000 W kita menggunakan baterai dengan spesifikasi 24 V atau 48 V, sedangkan 12 V jarang digunakan untuk daya 1000 W, diakibatkan tegangan yang kecil untuk daya sebesar 1000 W, yang dapat menimbulkan arus yang besar dan berakibat terhadap baterai itu sendiri berupa panas.

#### V. KESIMPULAN

1. Pengaturan tegangan sangat penting dalam suatu sistem pembangkitan, karena jika tegangan tidak stabil dapat merusak peralatan listrik.
2. Pengaturan tegangan oleh pengatur pengisian baterai ( battery charge controller) dimaksudkan agar tidak terjadi kelebihan pengisian baterai ( over charging ), kelebihan pemakaian ( over discharge ) dan kelebihan

beban ( over loading ) yang dapat menyebabkan umur pakai (life time) baterai berkurang

3. Tegangan sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diserap oleh panel surya, semakin tinggi intensitas cahaya yang diserap semakin besar juga tegangan yang dihasilkan, berbeda dengan suhu panel surya yang juga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan, semakin tinggi suhu panel maka tegangan akan semakin berkurang
4. Baterai merupakan salah satu otak dari pembangkit listrik tenaga surya, oleh karena itu penentuan spesifikasi tegangan baterai perlu diperhatikan, yang mana tegangan baterai ini juga merupakan tegangan sistem
5. Pengaturan tegangan oleh inverter yaitu merubah tegangan 24VDC menjadi 220 VAC, agar pemakai dapat menggunakan beban AC.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

Dalam penelitian ini digunakan beberapa daftar acuan baik berupa buku, jurnal ataupun artikel ilmiah :

- [1] Jansen, Ted, J, *Teknologi Rekayasa Surya*, diterjemahkan oleh Prof. Wiranto Arismunandar ( Jakarta, PT. Pradnya Paramita, 1995 )
- [2] Kadir, Abdul, *Energie : Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi* (Jakarta : UI Press, 1990)
- [3] Suhono, *Inventarisasi Permasalahan pada Instalasi Solar Home System Di Wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta*, Laporan Kerja Praktek, Universitas Gadjad Mada. (Yogyakarta : 2009)
- [4] Suriadi dan Syukri, Mahdi, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan Di Banda Aceh”, *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, Vol.9 No.2, hal.77-80, 2010.