

# PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MENGGUNAKAN TEKNOLOGI SOLAR CELL UNTUK CHARGER LAPTOP BAGI MAHASISWA IST AKPRIND YOGYAKARTA

Bima Manunggal Sekti No. Mhs. 101041022  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta  
Sakti.bim@gmail.com

## INTISARI

Salah satu permasalahan dalam bidang energi listrik adalah keterbatasan sumber energy fosil yang merupakan sumber utama penghasil energi listrik di Indonesia. Untuk mengurangi dampak ketergantungan listrik terhadap ketersediaan fosil ini, maka dibutuhkan sumber energy listrik baru yang dapat diperbaharui. Solar cell merupakan salah satu sumber penghasil energy listrik, yang bersumber dari cahaya matahari yang tidak terbatas, dan ramah lingkungan. Dikarenakan sumber dari solar cell ini adalah matahari, maka keluaran dari solar cell inipun tidak stabil, karena berubah ubah sesuai dengan cuaca yang terjadi dan lingkungan sekitarnya, maka dibutuhkan suatu penyimpanan energi yang dapat menampung energi listrik keluaran solar cell. Baterai adalah salah satu peralatan yang dapat menyimpan energi listrik dan dapat menampung energi keluaran yang berasal dari solar cell.

Dalam pengujian, baterai diisi oleh solar cell dimana solar cell menghasilkan tegangan dengan cara mengkonversikan energi matahari menjadi energi listrik. Tegangan yang dihasilkan solar cell berkisar 14,8 – 17,5 volt DC. Solar cell yang digunakan yaitu panel jenis Polikristal (*Poly-crystalline*) dengan daya 100 wp.

Pada distribusi arus dan tegangan dari sumber solar cell, walaupun tegangan yang dihasilkan solar cell  $\pm 17V$ , tetapi pendistribusiannya untuk mengisi baterai sangat stabil dengan maksimum rata-rata 13,5V karena semua distribusi pengisian diatur oleh solar charger controller. Tegangan dan arus akan mulai meningkat pada pagi hari pukul 07.00WIB, kemudian akan mencapai level yang maksimum pada siang hari pukul 10.00 - 14.00 WIB, dan mulai turun hingga sore hari.

**Kata kunci :** solar cell, cahaya matahari, energi listrik.

## ABSTRACT

Increasing energy needs with the advancement of technology. Energy source that is widely used to this day is a source that can be depleted non-renewable such as oil, coal and natural gas. Due to the increased energy needs of man's efforts to exploit the energy resources above is increasing. Given the limited availability of energy sources, then began to look for other energy sources such as solar energy, wave energy, wind energy, tidal energy.

In testing, battery charged by a solar cell in which the solar cell produces a voltage by converting solar energy into electrical energy. The resulting solar cell voltage ranges from 14.8 to 17.5 volts DC. Solar cell panel type used is polycrystalline (poly-crystalline) with power 100 wp.

On the distribution of current and voltage of the solar cell source, although the resulting solar cell voltage  $\pm 17V$ , but in distribution to charge very stable with an average maximum of 13.5 V for all distribution pengisian controller. Voltage and current will begin to rise in the morning at 07.00WIB, then will reach a maximum level during the day at 10.00-14.00WIB, and began to descend into the afternoon.

**Keywords:** energy crisis, solar cell, electrical energy,

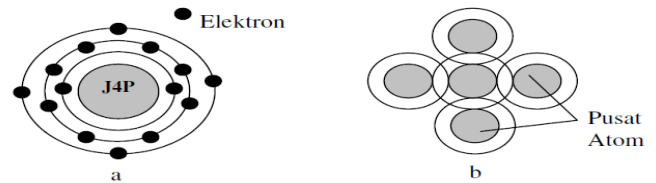
## I. Pendahuluan.

Sel surya adalah suatu elemen aktif yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm, yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan kutub negatif. Prinsip dasar pembuatan sel surya adalah memanfaatkan efek *foto voltaik*, yaitu suatu efek yang dapat mengubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik. Prinsip ini pertama kali ditemukan oleh *Bacquere*, seorang ahli fisika berkebangsaan Perancis tahun 1839. Apabila sebuah logam dikenai suatu cahaya dalam bentuk foton dengan frekwensi tertentu, maka energi kinetik dari foton akan menembak ke atom-atom logam tersebut. Atom logam yang iradiasi akan melepaskan elektron-elektronnya. Elektron-elektron bebas inilah yang mengalirkan arus dengan jumlah tertentu.

Sel surya adalah semikonduktor dimana radiasi surya langsung diubah menjadi energi listrik. Material yang sering digunakan untuk membuat sel surya adalah silikon kristal. Pada saat ini silikon merupakan bahan yang banyak digunakan untuk pembuatan sel surya. Agar dapat digunakan sebagai bahan sel surya, silikon dimurnikan hingga satu tingkat yang sangat tinggi.

Atom merupakan partikel pembentuk suatu unsur. Atom terdiri dari inti dengan muatan positif yang disebut proton dan neutron yang bermuatan netral. Inti atom dikelilingi sejumlah elektron yang bermuatan negatif. Sebuah atom silikon terdiri dari sebuah inti yang berisi 14 proton dan dikelilingi 14 elektron yang beredar dalam lintasan tertentu. Jumlah maksimum elektron dalam masing-masing lintasan mengikuti pola  $2n^2$ , dengan  $n$  adalah nomor lintasan dari atom (Malvino, 1986). Apabila atom-atom silikon bergabung membentuk zat padat, maka atom-atom itu akan membentuk suatu pola teratur yang disebut kristal. Setiap atom silikon mempunyai 4 buah elektron valensi dan mempunyai 4 atom tetangga. Setiap atom tetangga memberikan sebuah elektron untuk dipakai bersama-sama dengan atom yang berada ditengah. Atom yang ditengah mendapat tambahan 4 elektron dari tetangga sehingga jumlah elektron valensi menjadi 8 buah, karena inti atom yang berdekatan memiliki muatan

positif mereka akan menarik elektron-elektron yang dipakai



Gambar 1. Ikatan kovalen kristal silikon

bersama dan menciptakan gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah. Penarikan dalam arah yang berlawanan ini menyebabkan atom-atom terikat dalam ikatan kovalen (Malvino, 1986).

## II. Karakteristik Sel Surya

Karakteristik dari sel surya dapat diperoleh berdasarkan tiga parameter yaitu tegangan hubung singkat ( $I_{sc}$ ) dan factor isi. Besarnya factor isi dapat diketahui dari persamaan berikut ini:

$$Ff = \frac{I_{mp} \cdot U_{mp}}{I_{sc} \cdot U_o}$$

Dimana:

$Ff$  = Faktor isi

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

$U_{mp}$  = Tegangan maksimum (Volt)

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

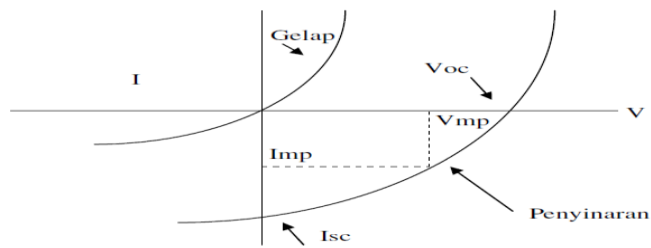
$U_o$  = Tegangan hubung terbuka (Volt)

Bila sel surya tak berbeban maka dapat ditemukan suatu arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ) dan suatu titik karakteristik sel surya. Dengan mengatur beban sampai harga tertentu maka akan didapatkan kurva karakteristik arus dan tegangan sel surya. Bila bebannya sangat besar maka tidak ada arus yang melewatinya, kondisi ini sama dengan memutus penghubung pada amperemeter dan hasil penunjukan voltmeter merupakan tegangan tanpa beban ( $V_{oc}$ ).

Pada keadaan tanpa penyinaran kondisi sel surya seperti dioda penyearah, dan bila mendapat penyearah akan mengalir arus yang berlawanan dengan arah arus pada dioda. Grafik karakteristik antara tegangan dan arus dari sel surya pada kondisi gelap dan penyinaran terlihat seperti gambar 2.8.

Dari gambar karakteristik sel surya yang disinari terdapat tiga titik beban ( $V_{oc}$ ), arus hubung singkat ( $I_{sc}$ )

dan titik daya maksimum yang merupakan perkalian antara arus dan tegangan yang menghasilkan daya maksimum.



Gambar 2. Karakteristik sel surya pada keadaan penyinaran dan gelap

1. Karakteristik efisiensi energi

Efisiensi konversi adalah perbandingan antara daya yang dapat diperoleh sebuah sel surya dengan daya yang diterima dari matahari. Kepadatan daya cahaya matahari yang mencapai bagian luar atmosfer bumi sekitar 136 m.W/cm<sup>2</sup> tetapi setelah melewati atmosfer sebagian dihamburkan, sedangkan kepadatan daya matahari yang sampai di permukaan bumi pada siang hari yang cerah sekitar 100 m.W/cm<sup>2</sup> (Kadir,1982).

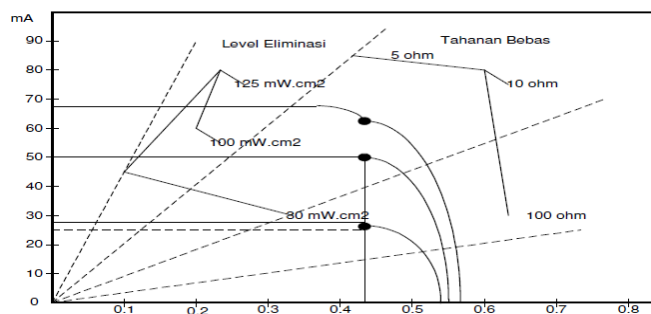
Persamaan untuk efisiensi konversi dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{V \cdot I}{P \cdot A} \%$$

Dimana:

- $\eta$  = efisiensi tegangan
- V = tegangan yang dibangkitkan (Volt)
- I = arus sel surya
- P = rapat daya yang mengenai sel
- A = luas penampang solar sel

2. Karakteristik tegangan terhadap arus sel surya

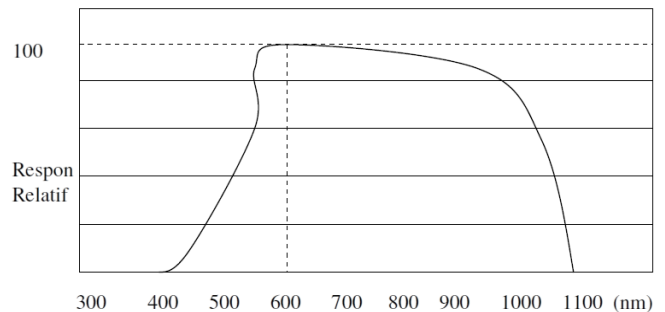


Gambar 3. Karakteristik arus tegangan suatu sel surya

Pada gambar 2.9 tampak bahwa tegangan hubung terbuka (Voc) kira-kira konstan, tetapi arus hubung singkat (Isc) akan berubah-ubah sesuai dengan intensitas cahaya yang mengenainya.

3. Karakteristik respon spectral

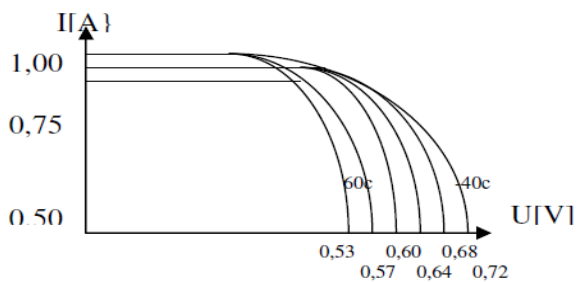
Pada gambar 2.10 menunjukkan bahwa sumbu horizontal merupakan panjang gelombang dari cahaya yang mengenai sel surya dan sumbu vertical adalah respon relatif. Panjang gelombang ini mencakup panjang gelombang ultraviolet sampai inframerah. Hal ini berarti sel surya akan menghasilkan energi listrik pada spectrum yang luas mulai dari panjang gelombang 300 sampai 1.100 nanometer. Respon relatif terbesar diberikan cahaya dengan panjang gelombang sekitar 525 nanometer yaitu pada cahaya hijau. Sel surya juga menghasilkan energi listrik bila disinari oleh lampu pijar atau sumber cahaya yang lain. Sel surya berguna dalam penerapan fotoelektrik. Terdapat beberapa kemungkinan perbedaan, tentang bagaimana sel surya dibuat dalam pengertian bahwa sel surya adalah hubungan antara bahan-bahan semikonduktor atau bahan semikonduktor dengan bahan metal lainnya, yang pada kenyataannya adalah sel silikon.



Gambar 4. Karakteristik respon spectral

4. Pengaruh temperatur terhadap daya solar sel

Dengan penyinaran yang konstan, daya solar sel berkurang sesuai dengan kenaikan temperatur. Hal ini sesuai dengan sifat tegangan beban nol dan berlawanan dengan arus hubung singkat. Tegangan beban nol berkurang sesuai dengan kenaikan temperatur yang besarnya lebih kurang 3 mV/K. Sedangkan arus hubung singkat akan bertambah sesuai dengan naiknya temperatur yang besarnya lebih kurang 0,1%/K. Grafik kenaikan temperatur terhadap daya dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 5. Pengaruh temperatur terhadap daya solar sel

Dari grafik dapat dilihat bahwa penurunan tegangan jauh lebih besar dibandingkan dengan kenaikan arus. Sebaiknya solar sel ditempatkan pada temperatur yang agak dingin agar penurunan tegangan tidak terlalu besar. Walaupun hal ini agak sulit sebab solar sel akan memanaskan sendiri apabila ada sinar yang jatuh padanya.

#### 5. Pengaruh luas permukaan solar sel terhadap daya

Luas solar sel mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh solar sel tersebut dalam hal ini hubungannya adalah linier. Misalnya solar sel dengan luas penampang 100 cm dayanya akan dua kali lebih besar dibandingkan dengan solar sel yang luasnya 50 cm (Karmon Sigalingging, 1994).

#### 6. Efisiensi solar sel

Daya suatu solar sel dipengaruhi oleh variabel yang lain yaitu:

##### a. Kerugian refleksi

Kerugian refleksi adalah bagian dari sinar matahari yang melalui permukaan sel direfleksikan dan menghilang. Beban silikon dapat merefleksikan sinar matahari sampai 36%. Untuk mengurangi refleksi ini dimungkinkan dengan penyempurnaan permukaan sel sehingga kerugian refleksi dapat dibatasi  $\pm 4\%$  (Karmon S, 1994).

##### b. Cahaya tak terabsorpsi

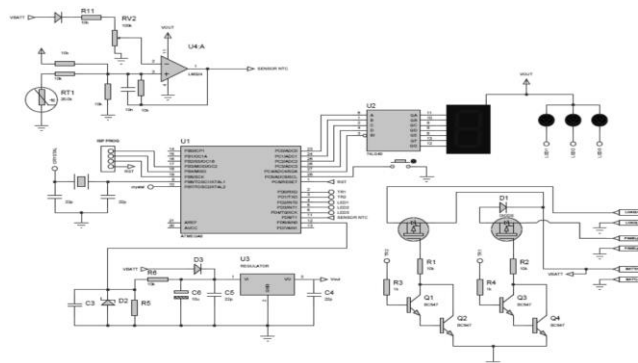
Cahaya tak terabsorpsi adalah bagian penyinaran yang hanya mendapatkan energi kecil dan mengakibatkan tidak adanya valensi elektron pada daerah ikatan (Karmon S, 1994).

### III. Prinsip kerja Solar Charge Controller

*Solar Charge Controller* adalah alat yang berfungsi sebagai kontrol tegangan dan arus yang berasal dari output sel surya untuk menuju ke baterai dan ke beban. Pada saat panel surya menerima energi matahari, output dari panel surya tidak konstan, sesuai dengan intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya. Sehingga tegangan keluaran dan arus keluaran dari sel surya juga tidak konstan dan bervariasi terus sepanjang waktu di siang hari, sedangkan tegangan dan arus yang menuju baterai mempunyai batasan tertentu.

Solar charge controller memiliki terminal diantaranya: terminal untuk panel surya, terminal untuk baterai, terminal untuk beban. Ketiga terminal tersebut dilengkapi dengan polaritas yaitu tanda negatif (-) dan tanda positif (+) yang jelas agar tidak terjadi kesalahan.

*Solar Charger Controller* berfungsi mengatur tegangan dan arus dari panel surya ke baterai, apabila baterai sudah penuh maka listrik dari panel surya tidak akan dialirkan ke baterai dan sebaliknya. Dan dari baterai ke beban, apabila listrik dalam baterai tinggal 20-30%, maka listrik ke beban otomatis dimatikan.



Gambar 6. Rangkaian Solar Charge Controller

### IV. Prinsip Kerja Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Prinsip kerja dari panel surya adalah jika cahaya matahari mengenai panel surya, maka elektron – elektron yang ada pada sel surya akan bergerak dari N ke P, sehingga pada terminal keluaran dari panel surya akan menghasilkan energi listrik.

Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya berbeda – beda tergantung dari jumlah sel surya yang dikombinasikan didalam panel surya tersebut. Keluaran dari panel surya ini adalah berupa listrik arus searah (DC) yang

besar tegangan keluarannya tergantung dengan jumlah sel surya yang dipasang didalam panel surya dan banyaknya sinar matahari yang menyinari panel surya tersebut.

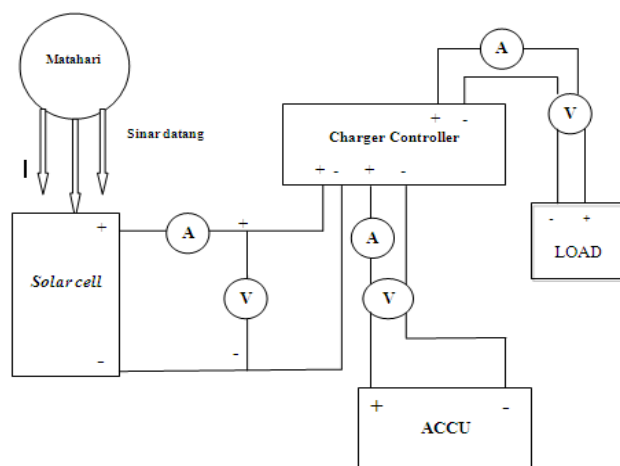
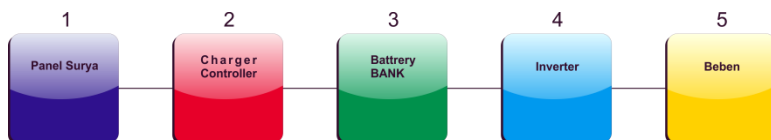
Keluaran dari panel surya ini sudah dapat digunakan langsung ke beban yang memerlukan sumber tegangan DC dengan konsumsi arus yang kecil. Agar energi listrik yang dihasilkan juga dapat digunakan pada kondisi – kondisi seperti

pada malam hari (kondisi saat panel surya tidak disinari cahaya matahari), maka keluaran dari panel surya ini harus di hubungkan ke sebuah media penyimpanan (*storage*). Dalam hal ini adalah batere. Tetapi ini tidak langsung dihubungkan begitu saja dari panel surya ke batere, tetapi harus dihubungkan ke rangkaian *solar charger controller*, dimana didalam rangkaian tersebut terdapat rangkaian pengisi Batere otomatis (*Automatic charger*). Fungsi dari *solar charger controller* ini adalah untuk meregulasi tegangan keluaran dari panel surya dan mengatur arus yang masuk ke batere secara otomatis. Selain itu *solar charger controller* berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan arus dari panel surya ke batere secara otomatis dan juga berfungsi untuk memutuskan aliran arus dari batere ke beban bila terjadi hubung singkat ataupun beban yang berlebihan.

Panel Surya sebenarnya dapat langsung digunakan tanpa diberi rangkaian *solar charger controller* ataupun baterai, tetapi ini tidak dilakukan karena dapat membebani kinerja dari panel (akibat adanya beban yang berlebihan) sehingga akan terjadi kerusakan yang fatal pada panel surya tersebut. Selain itu *solar charger controller* ini juga berfungsi untuk mengamankan dari terjadinya kelebihan beban dari panel surya sehingga panel surya tidak cepat rusak.

Jika kita menginginkan hasil keluaran listrik dari PLTS ini berupa listrik arus bolak-balik (AC) maka PLTS yang sudah dapat mengeluarkan listrik arus searah (DC) ini harus dihubungkan ke sebuah rangkaian elektronik / modul elektronik yang bernama *Inverter DC – AC*.

### V. Grafik Hasil Pengamatan



Gambar 6. Bagan rangkaian Panel Surya

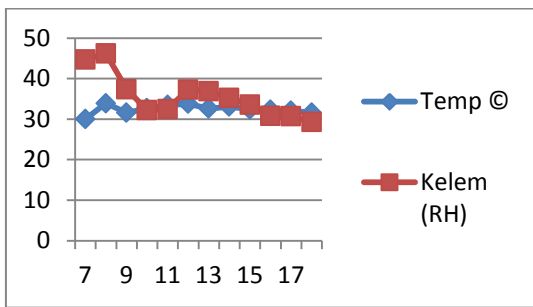


Gambar 7. Rangkaian Box Panel

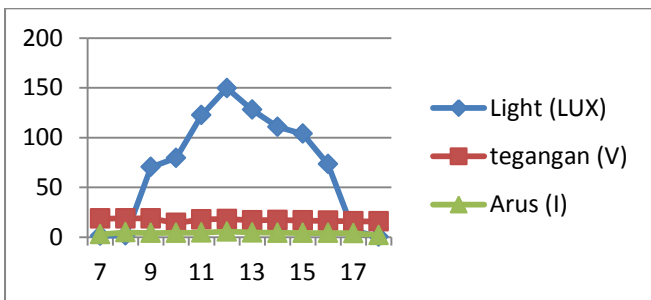
## VI. Analisis Data Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengamatan dapat dibuat grafik seperti yang ditunjukkan pada masing-masing grafik berikut ini

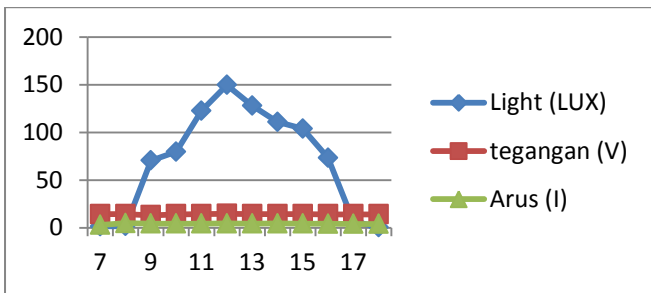
NO	TIME	FISIK			OUTPUT SOLAR			OUTPUT CHARGER CONTROLLER		
		TEMP (C)	Kelem (RH)	LIGHT ( lux )	V	I (A)	W	V	I (A)	W
1	7.00	30	44,7	1588 (1lux)	18,77	3.00	56.31	14.20	3.00	42.6
2	8.00	33.9	46.2	1694 (1lux)	18.89	4.90	92.561	14.20	4.90	69.58
3	9.00	31,6	37,4	70472 (1lux)	18.85	4.30	81.055	13.10	4.30	56.33
4	10.00	32,7	32,2	79616 (1lux)	14,19	4.42	62.719	14.12	4.42	62.41
5	11.00	33.5	32.5	122524 (1lux)	17.9	4,63	82.877	14.20	4.42	62.764
6	12.00	33.8	37.3	149674 (1lux)	19.2	5.71	103.922	14.64	4.45	65.148
7	13.00	32.6	36.9	127893 (1lux)	17	4,68	79.56	14.18	4.34	61.541
8	14.00	33.1	35.2	110826 (1lux)	17,2	4.35	74.82	14.20	4.56	64.752
9	15.00	32.4	33.6	103872 (1lux)	16,8	4.31	72.408	14.17	4.31	61.072
10	16.00	32.3	30.8	73273 (1lux)	16.4	4.23	69.372	14.16	4.11	58.197
11	17.00	32.1	30.7	6892 (1lux)	16	4.11	65.76	14.14	4.08	57.691
12	18.00	31,6	29.3	579 (1lux)	15,8	2.01	31.758	14.12	3.98	56.197



Gambar 4.1 Pengaruh suhu dan kelembaban terhadap waktu pada pengukuran hari pertama



Gambar 4.2 Pengaruh intensitas cahaya terhadap tegangan dan arus pada output sel surya pada pengukuran hari pertama



Gambar 4.3 Pengaruh intensitas cahaya terhadap tegangan dan arus pada output charger controller pada pengukuran hari pertama

## VII. Pembahasan

Dari data pengujian PLTS (Tabel 1) dapat dilihat bahwa tegangan keluaran dari panel surya sekitar 14 V – 18.5 V. Namun tegangan keluaran dari solar charger controller lebih stabil yaitu sekitar 14 V. Keadaan ini sama setiap jamnya, ini terjadi karena didalam solar charger controller terdapat rangkaian pengatur tegangan dan arus oleh karena itu pengisian baterai pada setiap jamnya akan selalu stabil sehingga pengisian muatan yang berlebihan (*over charging*) tidak akan terjadi. Jadi walaupun panel surya menghasilkan tegangan nominal 17V, maka tegangan pengisian baterai stabil yaitu sekitar 13,5 V. Ini bertujuan agar baterai tidak cepat rusak, dibandingkan apabila panel surya langsung dihubungkan ke baterai tanpa melewati solar charger controller.

Proses pengisian sangat tergantung kondisi tingkat kecerahan. Jika panel surya mendapatkan sinar matahari pada cuaca yang sangat terik, maka tegangan dan arus yang didapat akan besar dan cepat diterima. Sebaliknya, jika cuaca mendung atau panel surya kurang mendapatkan sinar matahari, maka tegangan dan arus yang didapat selama proses pengisian baterai akan menurun dan lambat. Pada jam 12.00 dimana tegangan yang dihasilkan panel surya 18,2 V dan arusnya 5,71 A. Ini merupakan daya yang tertinggi yang dihasilkan panel surya dalam sehari. Namun arus dan tegangan yang didistribusikan untuk mengisi baterai sangat stabil dan diatur oleh solar charger controller yaitu hanya sebesar 14,64 V dan arusnya sebesar 4,45 A. Namun setiap hari tentu berbeda cuacanya dan sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan.

Jika tegangan pada batere sudah mencapai tegangan maksimum, yaitu sekitar 14 V maka secara otomatis arus yang mengalir ke batere akan berhenti sehingga kemungkinan terjadinya pengisian yang berlebihan (*over charging*) tidak akan terjadi.

Pengisian paling baik yaitu pada tabel jam 12.00 WIB dengan tegangan dan arus output solar charger controller mencapai titik tertinggi yaitu 14,64 V / 4,45 A. Sebaiknya sebelum melakukan pengisian baterai, lebih baik dilakukan pengosongan baterai terlebih dahulu untuk kinerja pengisian Solar Charger Controller yang baik. Sedangkan sekecil-kecilnya arus yang didapat sesuai dengan

pengamatan yaitu pada sore hari jam 18.00 WIB pada saat matahari mulai tenggelam seperti yang terlihat pada tabel dengan arus yang di hasilkan yaitu 2,01 A.

## VII. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dan uji coba pengambilan data serta analisis keseluruhan yang telah dilaksanakan, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Intensitas cahaya tertinggi tercatat pada jam 12.00 WIB dengan nilai sebesar 149674 lux dengan temperature 33,8 C dan kelembapan 37,3 Rh
2. Intensitas cahaya terendah tercatat pada jam yaitu 579 lux pada jam 18.00 WIB serta menghasilkan output yang kecil pula yaitu 15,8 V dan 2,01 A.
3. Pada distribusi arus dan tegangan dari sumber sel surya, walaupun tegangan yang dihasilkan oleh sel surya  $\pm$  17,2V, tetapi pendistribusiannya untuk mengisi baterai sangat stabil dengan maksimum rata-rata 14V karena semua distribusi pengisian diatur oleh solar charger controller.
4. Tegangan dan arus akan mulai meningkat pada pagi hari pukul 06.00WIB sampai pukul 12.00 WIB, kemudian akan mencapai level yang maksimum pada siang hari pukul 10.00-12.00WIB, dan mulai turun hingga sore hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Culp. Jr, AW., 1991, *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*, Erlangga, Jakarta.
- Foster,B., 2000, *Fisika*, Erlangga, Jakarta.
- Kadir. A. (1995). *Energi Sumber Daya, Inovasi,Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi*. Jakarta: UI-Press
- Malvino, 1986, *Prinsip – Prinsip Elektronika*, Jilid I, Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta.
- Pudjanarsa, A., Nursuhud, D., 2006, *Mesin Konversi Energi*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Rhazio, 2007, *Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Institut Sains & Teknologi Al-Kamal, Jakarta. <http://rhazio.word.press.com..>
- Sigalingging, Karmon. 1995. *Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Bandung: Tarsito
- Sungkar, R., 2007, *Energi Surya*. [http://griyaasri.com/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=168](http://griyaasri.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=168)
- Wasito S., 2001, *Vademekum Elektronika Edisi Kedua*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Wiranto. A, 1995, *Teknologi Rekayasa Surya*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Yushardi, 2002, *Pengaruh Faktor Metereologi Terhadap Pola Efisiensi Tiap Jam harian Pada Modul Sel Surya*. [http://www.tumoutou.net/702\\_05123/yushardi.DOC](http://www.tumoutou.net/702_05123/yushardi.DOC)