

PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI MATAHARI SEBAGAI PENGGERAK POMPA AIR DENGAN MENGGUNAKAN SOLAR CELL

Subandi¹, Slamet Hani²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 26 Oktober 2014, revisi masuk: 15 Januari 2015, diterima: 27 Januari 2015

ABSTRACT

This paper discusses the application of solar cells as an electric power source and the electricity generated is used to a drive water pump. The working principle of solar power plants is the conversion of energy contained in to electricity. When these photons strike the surface of the solar cell electrons will be excited and generate electric voltage. Electricity generated from the solar cell is direct current (DC) to charge a battery, which in turn is converted into alternating current (AC) using an inverter. The testing stage carried out in the field is to find the to main parameters which are the voltage and amperage. Battery is charged by the solar cell to accumulate the solar energy into electrical energy. The produced solar cell voltage ranges from 14.8 to 17.5 volts DC. The Solar cells used are of panel type polycrystalline (poly-crystalline) with a power of 50 wp. Current and voltage of the solar cell source varies depending on the incident sunlight power the cell voltage is $\pm 17V$, but charging the battery the average voltage is 13,5V which is secured by the solar charger controller. Voltage and current will begin to rise in the morning at 07.00 am, then reach the maximum level during the day at 10:00 a.m to 13:00 p.m, and begin to fall in the afternoon.

Keywords: power plant, solar cell, electric

INTISARI

Makalah ini membahas tentang aplikasi *solar cell* (*sel surya*) sebagai pembangkit listrik dengan sumber energi matahari. Listrik yang dihasilkan digunakan sebagai penggerak pompa air. Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga surya adalah dari cahaya matahari yang mengandung energi dalam bentuk foton. Ketika foton ini mengenai permukaan sel surya, elektron-elektronnya akan tereksitasi dan menimbulkan tegangan listrik. Arus listrik yang dihasilkan dari sel surya adalah arus searah (DC) sebagai pengisi baterai, yang selanjutnya arus searah (DC) tersebut diubah menjadi arus bolak-balik (AC) menggunakan inverter. Tahap pengujian dilaksanakan di lapangan pemasangan dengan parameter pengujian berupa tegangan dan arus listrik. Baterai diisi oleh *solar cell* sebagai hasil konversi energi matahari menjadi energi listrik. Tegangan yang dihasilkan solar cell berkisar 14,8 – 17,5 volt DC. *Solar cell* yang digunakan berupa panel jenis **Polikristal (Poly-crystalline)** dengan daya 50 wp. Pada distribusi arus dan tegangan dari sumber *solar cell*, walaupun tegangan yang dihasilkan *solar cell* $\pm 17V$, tetapi ketika mengisi baterai sangat stabil dengan tegangan rata-rata 13,5V karena 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 10.00-13.00WIB, dan mulai turun di sore hari.

Kata kunci: pembangkit listrik, *solar cell*, listrik.

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 *fotovoltaik*, yaitu suatu efek yang dapat mengubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik. Prinsip ini pertama

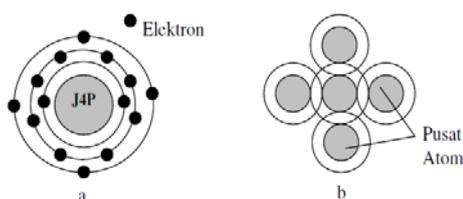
¹ s_subandi@ymail.com

kali diketemukan 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 aka 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 tinggi.

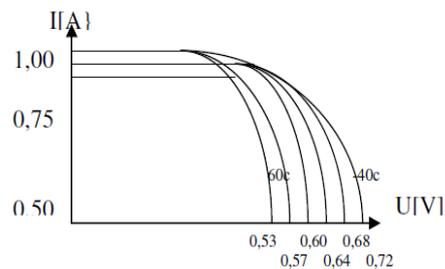
Atom merupakan partikel pembentuk suatu unsur. Atom terdiri dari inti dengan muatan positif yang disebut proton dan neutron yang bermuatan netral Inti atom dikelilingi sejumlah elektron yang bermuatan negatif. Sebuah atom silikon terdiri dari sebuah inti yang berisi 14 proton dan dikelilingi 14 elektron yang beredar dalam lintasan tertentu. Jumlah maksimum elektron dalam masing-masing lintasan mengikuti pola $2n^2$, dengan n adalah nomor lintasan dari atom (Mallvino, 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 akan menarik elektron-elektron yang dipakai bersama dan menciptakan gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah.



Gambar 1. Ikatan kovalen kristal silikon

Penarikan dalam arah yang berlawanan ini menyebabkan atom-atom akan terikat dalam ikatan kovalen (Malvino,1986).

Dengan penyinaran yang konstan, daya pada *solar sell* akan berkurang sesuai dengan kenaikan temperatur. Hal ini sesuai dengan sifat tegangan pada beban nol dan berlawanan dengan arus hubung singkat. Tegangan beban pada 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 $\pm 0,1\%/K$. Gambar 2. grafik kenaikan temperatur terhadap daya.



Gambar 2. Pengaruh temperatur terhadap daya solar sel

Dari Gambar 2. dapat dilihat bahwa penurunan tegangan jauh lebih besar dibanding dengan kenaikan arus. Sebaiknya *solar sell* ditempatkan pada temperatur yang agak dingin agar penurunan tegangan tidak terlalu besar. Walaupun hal ini agak sulit sebab solar sel akan memanas sendiri apabila ada sinar yang jatuh padanya.

Efisiensi konversi merupakan 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^2 tetapi setelah melewati atmosfer sebagian diham-burkan, sedangkan kepadatan daya matahari yang sampai di permu-kaan bumi pada siang hari yang cerah sekitar 100 m.W/cm^2 (Kadir, 1995).

Pengaruh luas permukaan solar sel terhadap daya Luas solar sel mem-pengaruhi 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).

METODE

Dalam perancangan alat ini perlu adanya identifikasi kebutuhan terhadap alat yang akan dibuat, antara lain: Pertama, perlu komponen untuk menghasilkan energi listrik. Kedua, perlunya suatu komponen pengatur penyimpanan dan pemakai energy listrik ke baterai. Ketiga, perlunya komponen menyimpan dan mensuplay energy listrik ke beban. Keempat, perlunya komponen untuk mengubah arus DC 12 volt menjadi arus AC 220 Volt dengan frekuensi 50 Hz. Kelima, perlunya komponen untuk proses penyiraman kebun salak.

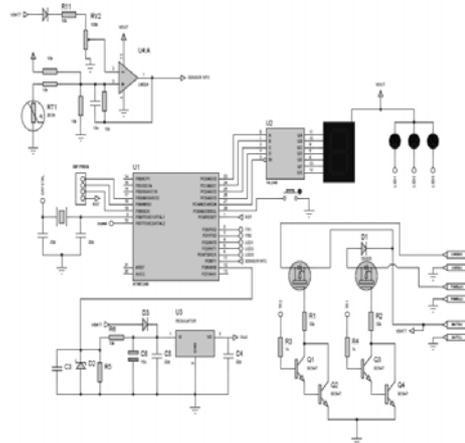
Berdasarkan indetifikasi dari kebutuhan yang ada, maka diperoleh beberapa analisa kebutuhan terhadap alat yang akan dibuat dengan spesifikasi sebagai berikut: Pertama, seke-ping *solar cell* yang mampu menerima energy listrik dari tenaga surya. Kedua, *Solar Charge Controller* adalah sebagai komponen untuk mengontrol proses penyimpanan baterai dari solar cell dan pemakaian energy listrik ke beban. Ketiga, baterai merk *deep cycle* untuk mencharging energy listrik arus DC. Keenam, inverter sebagai konversi arus DC 12 volt menjadi AC 220 volt. Kelima, pompa air Sanyo mampu menyirami kebun salak.

Deskripsi Umum Perancangan, sistem yang dirancang dalam perancangan ini adalah suatu energi listrik yang berasal dari sumber energy matahari dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Selain itu dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan motor pompa air untuk penyiraman kebun salak, dengan energy listrik yang sudah di konversikan melalui inverter 12V DC sampai 220 volt AC.

Alat yang akan dikembangkan pada prinsipnya terdiri atas solar cell berfungsi sebagai penerima energy surya dan sebagai pembangkit tenaga surya yang memberikan sebuah energy listrik tegangan maksimum berkisar 17,2 volt pada saat siang hari, energi listrik dari solar cell dapat disimpan ke baterai dan proses penyimpanan dan pemakaian energy listrik diatur dengan menggunakan *Solar Charge Controller*. Kemudian energy listrik yang sudah disimpan di baterai digunakan untuk menggerakkan motor listrik, motor listrik yang berupa pompa air membutuhkan tegangan 220

volt AC frekuensi 50 HZ maka dari itu perlu ditambahkan inverter untuk mengubah arus DC menjadi arus AC.

Rancangan suatu sistem yang akan diimplementasikan dalam bentuk perangkat keras dapat dibuat melalui proses berikut ini: Pertama, pembuatan desain (*Design Entry*). Desain dibuat dalam bentuk gambar atau dalam bentuk teks dengan bantuan perangkat lunak computer. Kedua, pembuatan desain untuk penyangga yang sebagai tempat dudukan solar cell. Ketiga, pembuatan jalur-jalur instalasi untuk proses pengkabelan dari solar cell ke baterai, baterai ke inverter dan inverter ke pompa air. Keempat, Implementasi desain, yaitu mengimplementasikan rancangan dalam bentuk perangkat keras.



Gambar 3. Rangkaian *Solar Charge Controller*

Secara garis besar aplikasi PLTS digunakan untuk penyiraman kebun salak tersusun atas beberapa rangkaian utama, yaitu: solar cell sebagai penyerap energy surya yang dapat difungsikan menjadi energy listrik, pengontrol penyimpanan dan pemakaian energy listrik melalui *Solar Charge Controller*, baterai sebagai tempat mencharging energy listrik dan mensuplay energy listrik ke beban, Inverter sebagai pengubah arus DC ke AC, Pompa air sanyo sebagai penyiraman kebun salak.

Prinsip kerja *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

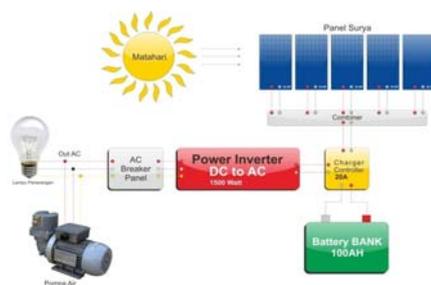
matahari, output dari panel surya tidak konstan, sesuai dengan intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya. Sehingga tegangan keluaran dan arus keluaran dari sel surya juga tidak konstan dan bervariasi terus sepanjang waktu di siang hari, sedangkan tegangan dan arus yang menuju baterai mempunyai 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.

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.

Skema Rangkaian Panel Surya



Gambar 4. Diagram Blok Kerja Sistem PLTS Penyiraman Kebun Salak

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.

Prinsip kerja PLTS Energi surya diserap oleh sel surya yang masuk

kedalam solar sel, energi yang diserap sel surya menghasilkan keluaran tegangan DC output Positif (+) dan Negatif (-) dikontrol melalui solar charge controller adalah komponen yang berfungsi mengisi baterai/Charging mode dan menjaga pengisian baterai saat baterai accu penuh, kegunaan lain dalam operation mode penggunaan baterai ke beban dapat melakukan pemutusan beban saat baterai sudah mulai kosong, dari solar charging controller menuju ke baterai yang berguna menyimpan energi dari sel surya yang berupa tegangan maupun arus yang dihasilkan, baterai accu sebagai sumber utama untuk mensuplay ke pompa penyiraman, karena penyiramannya membutuhkan tegangan 220 volt maka dibutuhkan inverter untuk menaikkan tegangan 12 volt DC ke 220 volt AC.

Dalam perancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini, digunakan beberapa komponen, secara umum komponen yang digunakan dalam perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini dibagi menjadi empat bagian, yang meliputi :

Panel Surya yang digunakan dalam perancangan yaitu panel surya dengan daya 50 wp jenis Polikristal (*Poly-crystalline*).

Solar Charge Controller, Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban.

Battery, pada Solar Power System, battery atau biasa kita sebut sebagai aki, akan digunakan sebagai sumber energi manakala tidak tersedianya atau terputusnya sumber listrik dari PLN. Umumnya untuk penggunaan battery dengan kapasitas besar >105AH, biasanya orang menggunakan tipe *battery deep cycle*.

Baterai charge berfungsi sebagai media penyimpan dan penyedia energi listrik DC.

Inverter adalah rangkaian yang mengubah DC menjadi AC. Atau lebih tepatnya inverter memindahkan tegangan dari sumber DC ke beban AC. *Inverter* digunakan pada aplikasi seperti *adjustable-speed AC motor drives, uninterruptible power supplies* (UPS), dan aplikasi ac yang dijalankan dari baterai.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan berupa pengukuran yang telah dilaksanakan dari pagi hingga menjelang sore untuk mendapatkan hasil analisa data output tegangan dan arus dari panel surya, maka diperoleh data-data seperti yang ditunjukkan pada masing-masing diperlihatkan pada Tabel 1.

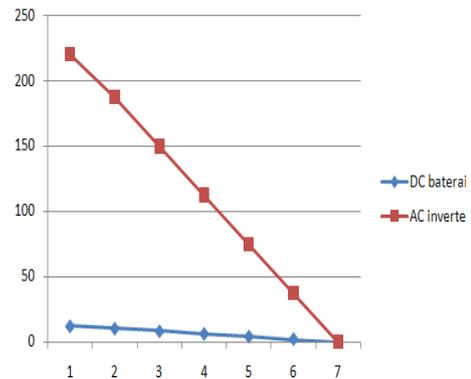
Pengukuran pencatatan daya dengan menggunakan solar cell 250 wattpeak ini dilakukan selama 1 hari yaitu hari minggu, 23 Juni 2014. Selama dua hari itu dilakukan pencatatan daya dari solar cell keaki, dengan mengukur intensitas cahaya yang masuk dengan suhunya, dan juga yang terpenting adalah mengukur arus dan tegangan dari solar cell ketika sedang mencatu aki.

Tabel 1. Pengambilan Data Pengukuran Arus dan Tegangan pada Keluaran Panel Surya.

No.	Waktu	Output Panel Surya		Output Charger Controller	
		V	I	V	I
		(volt)	(ampere)	(volt)	(ampere)
1	6:00	16,2	1	13,8	1
2	7:00	17	3.5	13,5	3.5
3	8:00	17,2	4	13,5	4
4	9:00	17,2	4	13,5	4
5	10:00	17	3.5	13,7	3.5
6	11:00	17,2	4.5	13,7	4.5
7	12:00	17,2	4.5	13,7	4.5
8	13:00	17,3	5	13,5	5
9	14:00	17	3.5	13,5	3.5
10	15:00	16,9	3	13,5	3
11	16:00	16,4	1	13,5	1
12	17:00	15,8	0.5	13,5	0.5

Tabel 2. Pemakaian baterai dengan beban AC pompa 125 watt dan lampu 100 W.

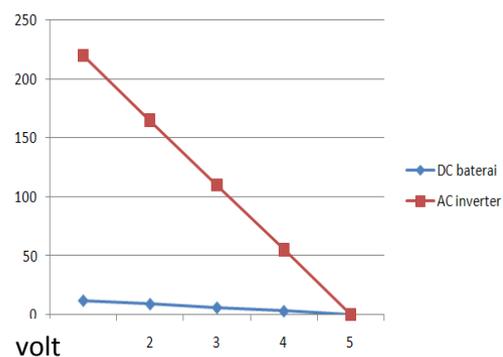
waktu/ jam	tegangan		arus (amper)	watt beban
	DC baterai	AC inverter		
1	12	220	0.88	225
2	10.2	187	0.748	225
3	8.16	149.6	0.5984	225
4	6.12	112.2	0.4488	225
5	4.08	74.8	0.2992	225
6	2.04	37.4	0.1496	225
7	0	0	0	225



Gambar 5. Grafik pemakaian baterai dengan beban pompa AC 125 W dan lampu 100 watt.

Tabel 3. pemakaian baterai dengan beban AC pompa 125 watt dan lampu 200 W.

waktu/ jam	tegangan		arus (amper)	watt beban
	DC baterai	AC inverte		
1	12	220	0.6769	325
2	9	165	0.5076	325
3	6	110	0.3384	325
4	3	55	0.1692	325
5	0	0	0	325



Gambar 6. Grafik pemakaian baterai dengan beban pompa AC 125 W dan lampu 200 watt

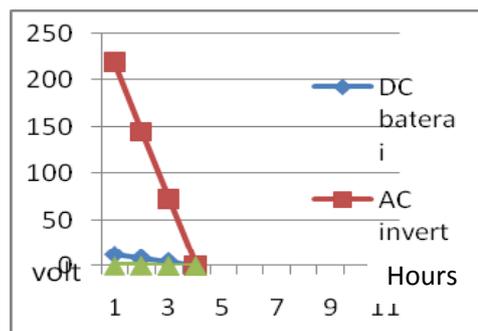
Pompa air merupakan sebuah mesin yang berguna untuk menyempatkan air ke permukaan kebun salak yang sudah dipasang pipa dan kran. Mesin pompa air menyalurkan air yang dседot melalui sumur deng-

an kedalaman tertentu, dan memberikan tekanan hingga ketinggian tertentu.

Tabel 4. Pemakaian baterai dengan beban pompa air 125 watt dan beban lampu 300 watt.

Waktu /jam	tegangan		arus (amper)	watt beban
	DC baterai	AC inverter		
1	12	220	0.5176	425
2	7.92	145.2	0.3416	425
3	3.96	72.6	0.1708	425
4	0	0	0	425

Setelah malam datang, dimana sudah tidak ada intensitas matahari yang masuk ke solar cell, kita langsung menghentikan percobaan, dan langsung mendischarge (membuang muatan) aki yang memiliki tegangan sekitar 13 Volt ke inverter dan beban pompa air.



Gambar 3. Grafik pemakaian baterai dengan beban pompa AC 125 W dan lampu 300 watt.

Pengukuran dengan menggunakan solar cell dengan daya 250 tegangan awal sebesar 16,2 Volt. Tegangan awal ini mendekati nilai tegangan discharge akhir pada waktu aki digunakan untuk mencatu air conditioner, dengan terlebih dahulu dihubungkan ke inverter, sehingga pada nilai tegangan tersebut aki sudah tidak dapat lagi mencatu air conditioner. Penulis memilih pencatuan ke air conditioner sebagai patokan nilai tegangan awal dikarenakan air conditioner dianggap beban yang paling sering digunakan. Pada akhir percobaan didapat tegangan akhir sebesar 16,4 Volt.

Dari data pengujian PLTS dapat dilihat bahwa tegangan keluaran dari panel surya sekitar 15,8V–17,3V. Namun tegangan keluaran dari solar charger

controller lebih stabil yaitu sekitar 13,5 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 13,5V. 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. Seperti pada Tabel 4. Dimana tegangan yang dihasilkan panel surya 17.2V dan arusnya 5A. 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 13,7 V dan arusnya sebesar 5 A. Namun setiap hari tentu berbeda cuacanya dan sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan.

Jika tegangan pada batere sudah mencapai tegangan maksimum, yaitu sekitar 14V 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 4. jam 12.00 WIB dengan tegangan dan arus output solar charger controller mencapai titik tertinggi yaitu 13,7V/5A. 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 16.00 WIB pada saat matahari mulai tenggelam seperti yang terlihat pada Tabel 4. dengan arus yang di hasilkan yaitu 2A.

Dari hasil pengamatan waktu yang paling efektif untuk melakukan penyiraman kebun salak pagi hari pada pukul 06:00WIB hingga pukul 08:00 WIB, penyiraman kebun salak pagi hari pada pukul 16:00WIB hingga pukul 18:00 WIB. Sedangkan arus maksimal diperoleh pada pukul 06.00 WIB dan 16.00 WIB.

KESIMPULAN

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

Prinsip kerja PLTS adalah mengubah energi panas Matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan *solar cell* panel surya.

Untuk merubah tegangan 12 volt DC dari accu/ baterai menjadi tegangan 220 volt AC dengan menggunakan rangkaian inverter.

Pada distribusi arus dan tegangan dari sumber solar cell, walaupun tegangan yang dihasilkan oleh *solar cell* $\pm 17,2V$, 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 06.00 WIB 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. Faktor cuaca sangat mempengaruhi kinerja dari PLTS.

Kelemahan dari sistem *Solar cell* ini adalah kurangnya efisiensi daya pada kondisi cuaca yang sangat berubah-ubah. Jika cuaca cerah, proses pengisian sangatlah baik, itu semua juga tergantung pada karakteristik jenis *solar cell* tersebut. Pada daerah yang tinggi curah hujannya, sebaiknya digunakan panel yang berjenis Polykristal yang dapat menghasilkan listrik dengan baik pada saat mendung. Kelemahan lain proses penyalaan pompa air ke tendon air ini hanya dilakukan secara manual sehingga proses pengisian pompa air ini dinyalakan oleh operator manusia.

Untuk pengembangan selanjutnya agar alat mendapatkan energi yang besar pada sel surya, maka sebaiknya dipasang sistem penjejak matahari otomatis yang dapat mengikuti arah cahaya matahari. Hal ini dilakukan supaya energi maksimal tercapai dengan catatan mengarahkan sel surya tegak lurus terhadap cahaya matahari. Pengembangan pada pompa air dibuat secara otomatis agar proses penyiraman kebun salak dapat dilakukan secara otomatis pada jam-jam penyiraman tertentu misal pagi hari pada jam 7 pagi dan sore hari pada jam 4 sore.

DAFTAR PUSTAKA

- 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