

PORTABLE POWER SOLAR ENERGY

Khoirul azizi¹, Subandi., ST.MT², Sigit Priyambodo., ST.MT³

¹Mahasiswa, ²Pembimbing 1 dan ³Pembimbing 2

Program Sarjana Strata-1 (S-1) Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri

Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Jalan Kalisahak No. 28, Komplek Balapan Tromol Pos 45, Yogyakarta 55222

Telp. (0274) 563029 Email: Khoirulazizi169@gmail.com

INTISARI

Salah satu permasalahan dalam era globalisasi ini yaitu pencemaran lingkungan dan kebakaran hutan yang terjadi karena faktor alam dan faktor manusia, Kecelakaan manusia contohnya adalah lupa mematikan api untuk memasak saat ketika melakukan perkemahan di hutan atau gunung. Dalam teknologi ini dikembangkan suatu energi listrik yang ramah lingkungan dan tidak menimbulkan kebakaran hutan, yaitu energi listrik yang bisa di bawa kemana saja dan sangat mudah untuk pemakaiannya. Di samping itu tidak untuk peralatan gunung saja yaitu kebutuhan akan arus listrik (PLN) pada zaman sekarang sangat penting dalam melaksanakan kegiatan sehari-hari. Pada saat sekarang ini khususnya di kota sering terjadi pemadaman listrik oleh PLN yang mengakibatkan terganggunya kegiatan masyarakat dalam pendapatan hidup sehari-hari. Akan tetapi sumber energi fosil yang merupakan sumber utama penghasil energi listrik di Indonesia. Untuk mengurangi dampak ketergantungan listrik terhadap ketersediaan fosil ini, maka dibutuhkan sumber energi listrik baru yang dapat diperbaharui. Solar cell merupakan salah satu sumber penghasil energi 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 ini pun tidak stabil, karena berubah ubah sesuai dengan cuaca yang terjadi dan lingkungan disekitarnya, 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 – 21,5 volt DC. Solar cell yang digunakan yaitu panel jenis monokristal (mono-crystalline) dengan daya 50 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 07.00 WIB, kemudian akan mencapai level yang maksimum pada siang hari pukul 10.00 - 14.00 WIB, dan mulai turun hingga sore hari.

Kata kunci : portabel solar energy, peralatan hiking, cahaya matahari, energi listrik.

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi yang terus meningkat dan semakin menipisnya cadangan minyak bumi memaksa manusia untuk mencari sumber-sumber energi alternatif. Negara-negara maju juga telah bersaing dan berlomba membuat terobosan-terobosan baru untuk mencari dan menggali serta menciptakan teknologi baru yang dapat menggantikan minyak bumi sebagai sumber energi. Semakin menipisnya persediaan energi dan juga ketergantungan pada salah satu jenis energi dimana hingga saat ini pemakaian bahan bakar minyak sangat besar sekali dan hampir semua sektor kehidupan menggunakan bahan bakar ini, sementara itu bahan bakar merupakan komoditi ekspor bagi surya yang dominan untuk pendapatan negara.

Dalam upaya pencarian sumber energi baru sebaiknya memenuhi syarat yaitu menghasilkan jumlah energi yang cukup besar, biaya ekonomis dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu pencarian tersebut diarahkan pada pemanfaatan energi matahari baik secara langsung maupun tidak langsung dengan menggunakan panel surya yang dapat merubah energi matahari menjadi energi listrik yang dinamakan Solar Cell. Teknologi Solar Cell telah lama dikenal oleh manusia penangkap panas yang dibawa sinar matahari untuk diubah menjadi sumber energi listrik. Penggunaannya juga sudah cukup luas dari menggerakkan mobil hingga menggerakkan robot.

PRINSIP KERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

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. 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.

Prinsip kerja dari panel surya adalah jika cahaya matahari mengenai panelsurya, 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 baterai. Tetapi ini tidak langsung dihubungkan begitu saja dari panel surya ke baterai, tetapi harus dihubungkan ke rangkaian *solar charger controller*, dimana didalam rangkaian tersebut terdapat rangkaian pengisi Baterai otomatis (*Automatic charger*). Fungsi dari *solar charger controller* ini adalah untuk meregulasi tegangan keluaran dari panel surya dan mengatur arus yang masuk ke baterai secara otomatis. Selain itu *solar charger controller* berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan arus dari panel surya ke baterai secara otomatis dan juga berfungsi untuk memutuskan aliran arus dari baterai kebeban bila terjadi hubung singkat ataupun beban yang berlebihan.

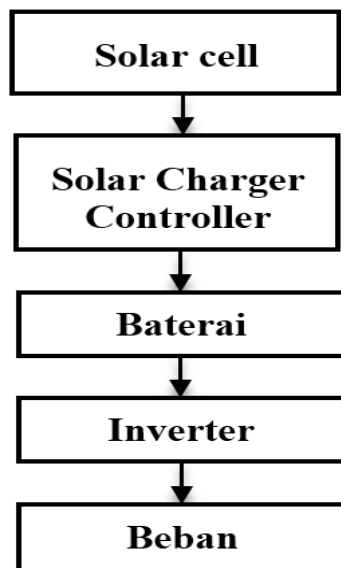
Panel Surya sebenarnya dapat langsung digunakan tanpa diberi rangkaian *solar charger controller* ataupun baterai, tetapi ini tidak dilakukan karena dapat membebani kinerja dari panel (akibat adanya beban yang berlebihan) sehingga akan terjadi kerusakan yang fatal pada panel surya tersebut. Selain itu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

PERANCANGAN SISTEM DAN PENGUJIAN ALAT

Sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) ini direncanakan dengan kapasitas maksimal 500 watt. Pembangkitan listrik tenaga surya ini disusun dengan menggunakan 1 (satu) panel surya yang berukuran 50 Wp dirangkai

dengan tetap mempertahankan tegangan operasional sebesar 12 volt. Besarnya kapasitas ini didapat dari baterai yang terhubung dengan pembangkitan sebagai perangkat penyimpan energi listrik dengan kapasitas 55 Ah dan tegangan oprasional 12 volt. Penggunaan pembangkitan ini akan digunakan sebagai *portable power plant solar cell* yaitu dimana sebuah pembangkit listrik bertenaga matahari yang bisa dibawa kemana saja dengan daya kluaran *solar cell* 50 wp dan kluaran *inverter* 500 watt yang dapat digunakan untuk membantu petani disawah sebagai sumber untuk penerangan atau untuk pompa air dan juga bisa digunakan sebagai sumber listrik bagi peralatan hiking berupa kompor listrik, lampu, carjer hp maupun laptop yang bisa meminimalisir kebakaran hutan karna disetiap penggunaan tidak ada unsur api. Perancangan sistem yang akan disusun dalam perencanaan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) meliputi beberapa hal yang penting didalamnya. Sebuah perencanaan harus tersusun secara sistematis, runtut dan jelas sehingga proses alur kerja yang terdapat didalamnya.



Gambar 1 Diagram Blok Sistem Kerja PLTS

PERANCANGAN ALAT DAN BAHAN

Perancangan alat dan bahan merupakan tahapan menentukan kebutuhan peralatan yang akan digunakan dalam menyusun sistem pembangkitan listrik tenaga surya (PLTS) Sebuah sistem akan berjalan dengan baik apabila semua peralatan dan bahan penyusunnya dapat direncanakan secara sistematis sehingga dapat mengurangi kendala yang akan timbul selanjutnya.

Tabel 1 Daftar Bahan Penyusun Sistem Portabel Pembangkitan Listrik Tenaga Surya (PLTS)

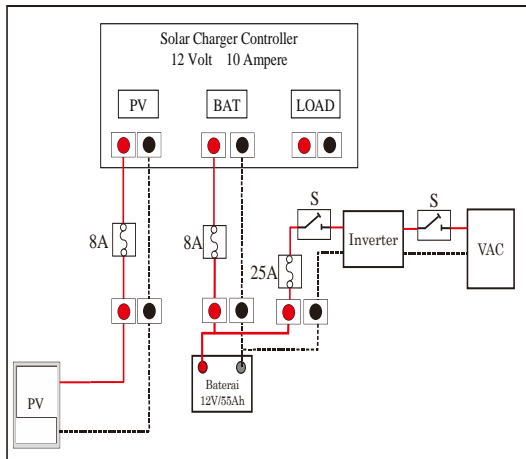
No	Komponen	Jumlah
1	Modul panel surya 50 Wp	1 buah
2	<i>Solar Charger Controller</i> 10 A	1 buah
3	Inverter 500 watt	1 buah
4	Baterai (aki) 55 Ah	1 buah
5	<i>Voltmeter AC</i> 220 volt	1 buah
6	Fuse 10 A	2 buah
7	Fuse 20 A	1 buah
8	Mcb 1 A	1 buah
9	Kontak - kontak	2 buah
10	Kabel NYHHY 2 x 2,5 mm	2 meter
11	Kabel NYHHY multiwire 6sqmm	2 meter
12	Kabel NYA 2,3 mm	6 meter
13	Lampu Indikator dc	1 buah
14	Lampu indikator ac	1 buah
15	Triplex 90 mm	1,5x3 meter
16	Plat besi rangka (kotak) (D:2cm) 6 mm	6 meter
17	Plat besi rangka (kotak) (D:2,5cm) 6 mm	6 meter
18	Cat putih ½ kg	1 kaleng
19	Cat biru ½ kg	1 kaleng
20	Poxy ½ kg	1 kaleng
21	Dempul 2 kg	2 kaleng
22	Paku ternit panjang 2 cm	1 kg
23	Mur dan Baut (12)	4 buah
24	Mur dan Baut (6)	12 buah
25	Konektor batterai	2 buah
26	Isolasi selongsong	1 meter

Tabel 2 Daftar Alat Penyusunan Sistem Portabel Pembangkitan Listrik Tenaga Surya (PLTS)

No	Komponen	Jumlah
1	Tang potong	1 buah
2	Tang gengam	1 buah
3	Tang buaya	1 buah
4	Multimeter digital	1 buah
5	Luxmeter	1 buah
6	Pengupas kabel	1 buah
7	Boor listrik	1 buah
8	Mata boor besi 1,5 mm	1 buah
9	Mata boor besi 4 mm	1 buah
10	Mata boor freser 10mm	1 buah
11	Obeng (+)	1 buah
12	Obeng (-)	1 buah
13	Solder	1 buah
14	Timah solder	2 meter
15	Kunci pas (12)	1 buah
16	Kunci pas (6)	1 buah
17	Gergaji	1 buah
18	Amplas 150	10 lembar
19	Amplas 250	10 lembar

DIAGRAM PENGAWATAN

Diagram pengawatan yang direncanakan diharapkan dapat mempermudah saat proses instalasi dan mengurangi faktor kesalahan yang terjadi pada proses instalasi. Diagram pengawatan ini akan digunakan sebagai acuan dalam instalasi dalam bok panel sehingga dapat tertata rapih.



Gambar 2 Diagram Instalasi Pengawatan
KAPASITAS PANEL SURYA

Kapasitas panel surya merupakan suatu hal yang pokok yang akan digunakan sebagai perangkat pembangkitan. Besarnya kapasitas panel surya dinyatakan berdasarkan sell surya yang tersusun didalamnya dalam luasan penampang pada setiap modul surya. Kapasitas panel surya yang banyak ditemui bervariasi berdasarkan kapasitas daya yang dapat dibangkitkan dengan satuan Wp (*Watt Peak*) atau beban puncak yang dapat dihasilkan oleh sebuah panel surya. Perangkat panel surya yang digunakan dalam portabel pembangkitan menggunakan 1 (satu) panel surya dengan kapasitas 50 Wp.



Gambar 3 Panel Surya 50wp

KAPASITAS BATERAI

Penggunaan baterai akan disesuaikan dengan kapasitas yang dibutuhkan untuk mengoperasikan beban yang terhubung dengan baterai. Tipe baterai yang akan digunakan pada sistem PLTS ini merupakan baterai yang berjenis baterai *maintenance free* sehingga daya tahan baterai akan lebih baik dengan *life time* yang tahan lama.



Gambar 4 Baterai *Maintenance Free* 12 volt 100 Ah

SOLAR CHARGER CONTROLLER

Solar charger controller dapat disebut sebagai regulator baterai yang berfungsi sebagai perangkat yang mengatur proses charger yang bersumber dari arus listrik yang dihasilkan modul PV menuju baterai dan untuk mengatur proses discharger menuju beban yang terhubung dengan solar charger.

Penggunaan solar charger controller yang digunakan dari merk CMP 12 volt dengan nilai arus maksimal 10 ampere.



Gambar 5 Solar Charger Controller CMP 12 - 10A

INVERTER

Kapasitas inverter yang dibutuhkan berhubungan dengan daya maksimal yang dibutuhkan beban dalam beroperasi. Besarnya daya maksimal beban yang akan beroperasi dengan tegangan sumber arus bolak-balik (Vac) sehingga penggunaan inverter yang tepat harus lebih besar dari kebutuhan daya maksimal beban dengan

mempertimbangkan nilai efisiensi inverter. Penggunaan inverter pada pembangkitan ini menggunakan inverter dengan kapasitas 500 watt dengan tujuan sebagai pertimbangan adanya penambahan beban lampu yang menggunakan daya backup yang tersedia.



Gambar 6 Inverter SUOER 500 watt

TAHAPAN PENGUJIAN

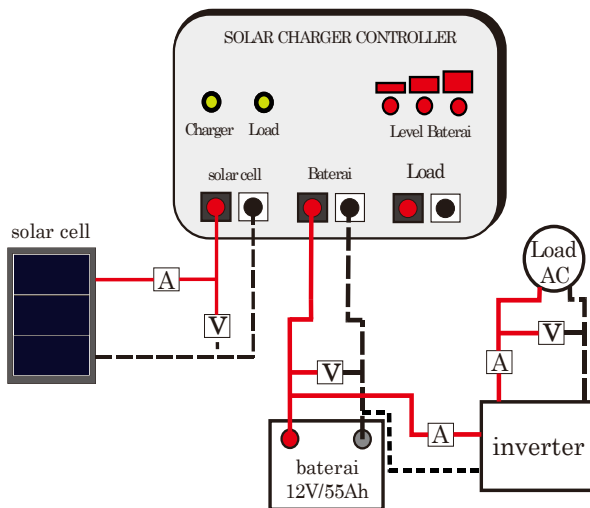
Tahapan pengujian dibuat untuk dapat mempermudah dalam proses pengujian perangkat dan pengambilan data perangkat. Hasil data yang didapatkan akan menjadi sebuah acuan kinerja perangkat dan akan diolah data dalam bentuk tabel dan grafik.

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian portabel pembangkit listrik tenaga surya ini dilakukan selama 6 hari. Selama enam hari itulah dilakukan pengamatan.



Gambar 8 Pengujian perangkat PLTS



Gambar 7 Wiring Total Pengujian perangkat PLTS

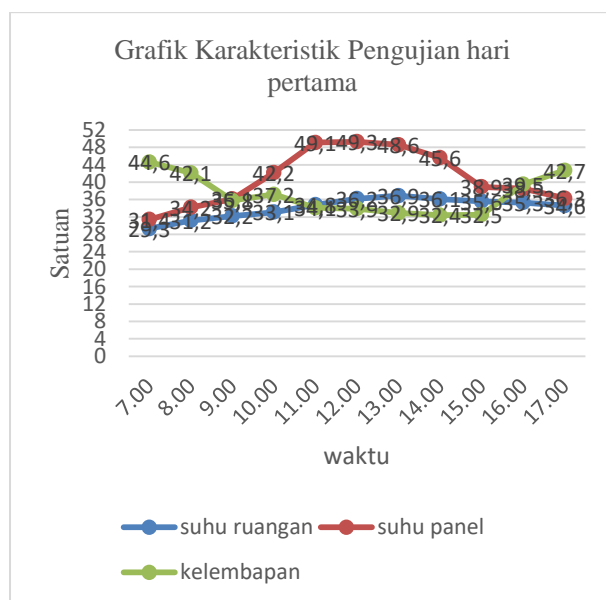
PENGUJIAN PANEL SURYA

Dalam proses pengujian tersebut akan terlihat hasil tegangan (volt) dan arus (amper) yang dihasilkan oleh panel surya dan pengaruhnya terhadap parameter lainnya.

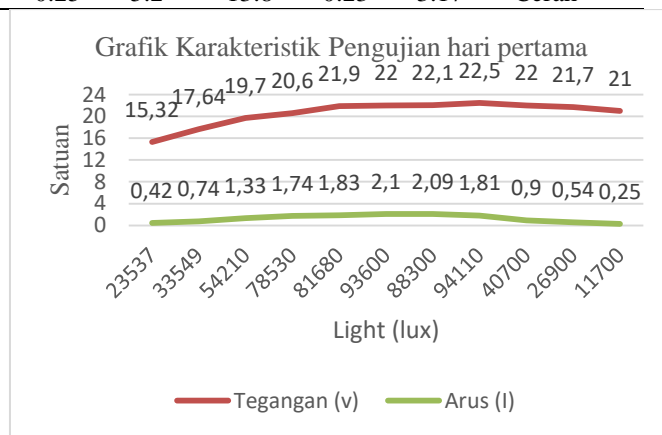
Tabel 3 Data Pengujian Panel Surya

No	TIME	FISIK				OUTPUT SOLAR CELL			OUTPUT SOLAR CHARGER			CUACA
		Suhu ruang (°C)	Suhu panel (°C)	KELEM (RH %)	LIGHT (LUX)	V	I (A)	W	V	I (A)	W	
1	7.00	29.3	31.4	44.6	23537	15,32	0,42	6,434	13,62	0,19	2,587	Berawan
2	8.00	31.2	34.2	42.1	33549	17,64	0,74	13,05	13,57	0,43	5,835	Berawan
3	9.00	32.2	36.1	35.8	54210	19,7	1,33	26,20	13,8	1,2	16,56	Cerah
4	10.00	33.1	42.2	37.2	78530	20,6	1,74	35,84	13,87	1,61	22,33	Berawan
5	11.00	34.8	49.1	34.1	81680	21,9	1,93	42,26	13,9	1,80	25,02	Cerah
6	12.00	36.2	49.3	33.9	93600	22	2,1	46,2	14	1,97	27,58	Cerah
7	13.00	36.9	48.6	32.9	88300	22,1	2,09	46,18	14,1	2,1	29,61	Cerah
8	14.00	36.1	45.6	32.4	94110	22,5	1,81	40,72	13,4	1,71	22,91	Cerah
9	15.00	35.6	38.9	32.5	40700	22	0,90	19,8	14	0,90	12,6	Cerah
10	16.00	35.3	38.5	39.5	26900	21,7	0,54	11,7	14	0,45	6,3	Berawan
11	17.00	34.6	36.3	42.7	11700	21	0,25	5,2	13,8	0,23	3,17	Cerah

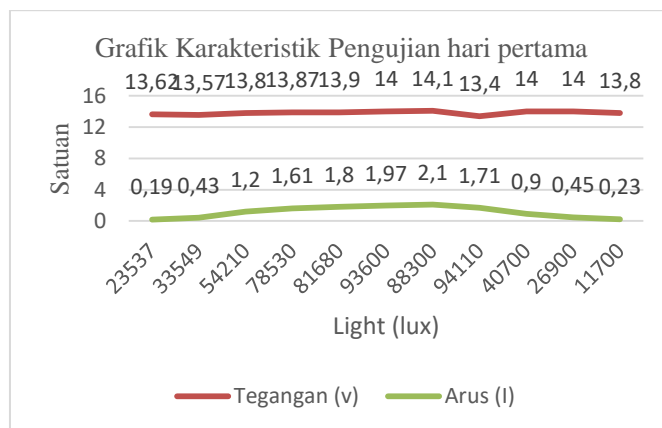
Berdasarkan hasil pengamatan dapat dibuat grafik seperti yang ditunjukkan pada masing-masing grafik berikut ini.



Grafik 1 Pengaruh suhu dan kelembapan terhadap waktu pada pengukuran



Grafik 2 Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Tegangan dan Arus pada Output Solar Cell pada pengukuran



Grafik 3 Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Tegangan dan Arus pada output solar charger pada pengukuran

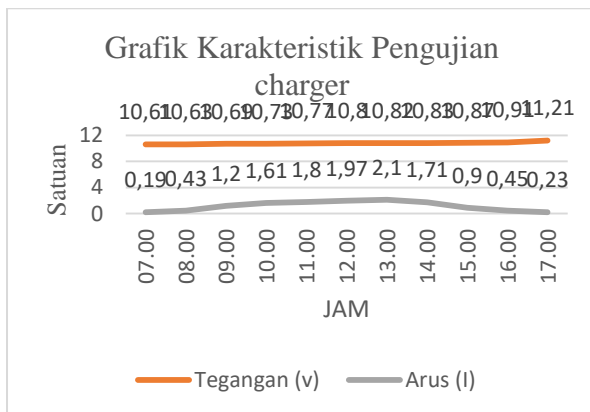
PENGUJIAN PROSES CHARGING

Dalam proses charger maka akan diperoleh data hasil proses charger dengan tidak menambahkan beban yang terhubung dengan terminal laod. Proses pengambilan data akan dilakukan selama 6 (enam) hari terhitung dari pukul 05:00 hingga 17:00 dengan kondisi baterai kosong sebesar.

Tabel 4 Data Pengujian Proses Charger

No	Jam	Indikator		Terminal Baterai		
		Charger	Baterai	Volt (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	07:00	ON	1	10.61	0.19	2,0159
2	08:00	ON	1	10.63	0.43	4,5709
3	09:00	ON	1	10.69	1.2	12,828
4	10:00	ON	1	10.73	1.61	17,2753
5	11:00	ON	1	10.77	1.80	19,386
6	12:00	ON	1	10.8	1.97	21,276
7	13:00	ON	1	10.82	2.1	22,722
8	14:00	ON	1	10.83	1.71	18,5193
9	15:00	ON	1	10.87	0.90	9,783
10	16:00	ON	1	10.91	0.45	4,9095
11	17:00	ON	1	11.21	0.23	2,5783

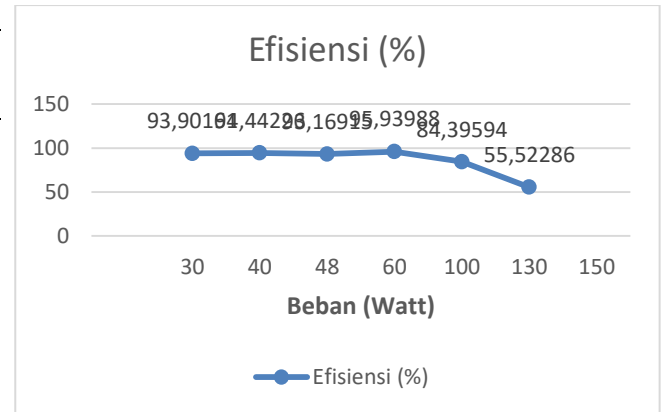
Setelah data pengujian pada tabel di atas maka selanjutnya data di atas akan ditampilkan dalam bentuk grafiik. Grafik yang akan dibuat merupakan grafik perbandingan antara tegangan dan arus pada proses charger baterai.



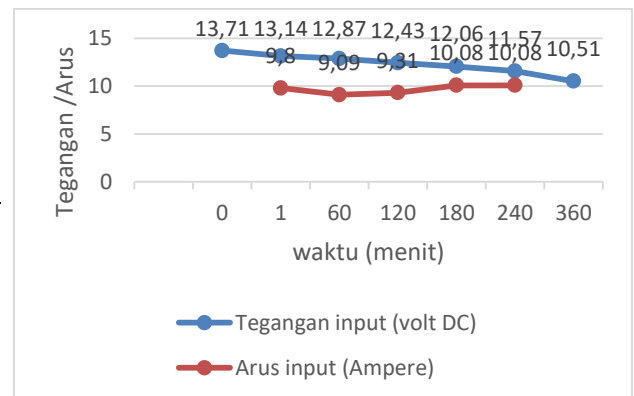
Grafik 4. Tegangan Dan Arus Charger

PENGUJIAN DATA INVERTER

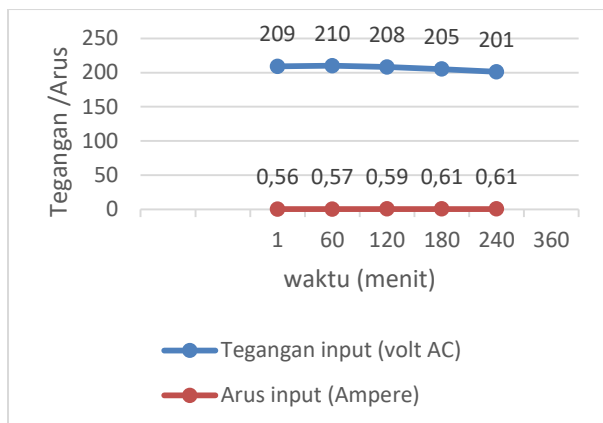
Pengambilan data inverter dilakukan di Laboratorium Elektronika Digital AKPRIND Yogyakarta. Pada tahap ini dilakukan pengambilan data tegangan, frekuensi dan bentuk dari gelombang *output* inverter. Selain itu juga dilakukan pengambilan data efisiensi inverter Berdasarkan hasil pengamatan dapat dibuat grafik seperti yang ditunjukkan pada masing-masing grafik berikut ini.



Grafik 5 Grafik efisiensi inverter untuk beban



Grafik 6 Grafik hubungan tegangan dan arus input inverter dengan beban



Grafik 7 Grafik hubungan tegangan dan arus output inverter dengan beban

PEMBAHASAN

Dari data pengujian PLTS dapat dilihat bahwa tegangan keluaran dari panel surya sekitar 15 V – 22.5 V. 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 13,5 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. 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 1,5 A. Namun setiap hari tentu berbeda cuacanya dan sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan.

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

Sebaiknya sebelum melakukan pengisian baterai, lebih baik dilakukan pengosongan baterai

terlebih dahulu untuk kinerja pengisian SolarCharger Controller yang baik.

KESIMPULAN

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

1. Prinsip kerja dari PLTS adalah merubah energi panas matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan solar cell/ panel surya.
2. Nilai efisiensi inverter sangatlah bergantung terhadap jenis beban dan besar daya yang disambungkan. Dari pengujian yang dilakukan dengan berbagai jenis beban dan besar daya, diperoleh nilai rata-rata efisiensi sebesar 95,93988%. Namun untuk mensuplai beban lampu berdaya total 130 Watt, inverter ini memiliki nilai efisiensi yang cukup baik yaitu sebesar 93%.
3. Untuk merubah tegangan 12 volt DC dari accu/ baterai menjadi tegangan 220 volt AC menggunakan rangkaian inverter.
4. 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 13,7 V karena semua distribusi pengisian diatur oleh solar charger controller.
5. Tegangan dan arus yang dihasilkan akan mulai meningkat pada pagi hari pukul 08.00WIB, kemudian akan mencapai level yang maksimum pada siang hari pukul 11.00-14.00WIB, dan mulai turun hingga sore hari, selain itu faktor cuaca sangat mempengaruhi kinerja dari PLTS.
6. Intensitas cahaya sangat mempengaruhi daya pada sistem solar cell. Semakin tinggi intensitas cahaya yang menyinari permukaan panel surya, maka semakin meningkat arus dan tegangan yang dihasilkan solar cell.
7. Suhu menjadi faktor penting dalam peningkatan daya pada solar cell. Pada pengamatan, semakin naiknya suhu pada solar cell, akan mempengaruhi arus dan tegangan pada solar cell yang semakin naik juga.

DAFTAR PUSTAKA

Aditayanwan A. O., H, D. C., & Sulistijono, L, 2013, "Sistem Pengisian Battery LeadAcid", Temuandi: <https://www.pens.ac.id/uploaddata/downloadlink.php?id=1859>, diakses 5 Oktober 2015.

Ariani, W. D., & Winardi, B, 2013, Analisis Kapasitas Dan Biaya Pembangkitan Listrik Tenaga Listrik Surya (PLTS) KemunalDEsan Kaliwungu Kabupaten Banjarnegara, termuat di <http://id.portalgaruda.org/?ref=browse&mod=viewarticle&artikele=159174>, diakses 5 Oktober 2015.

Bagei, antar fuady, 2010, "Rancang Bangun Maximum Power point Tracker (MPPT) Pada Panel Surya Dengan Menggunakan Metode Fuzzy", termuat di : <http://digilit.Tts.ac.id/public/TTS-paper-21777-2207100161-Paper.pdf>, diakses 12 September 2015.

Badan Standarisasi Nasional, 200, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)", (Vol. 2000), termuat di: <http://mulyono.staff.uns.ac.id/files/2009/10/13707100-puil-2000.pdf>,

Barqie, T, 2014, "Perancangan Inverter Satu Fasa PWM dengan Teknik Eliminasi Harmonisa", termuat di: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/6571> , diakses 20 Desember 2015.

Dewi, Arfita Yuana, A. , (2013), "Pemanfaatan Energi Surya sebagai suplai cadangan pada laboratorium elektro dasar di institut teknologi padang", termuat di : <http://ejournal.itp.ac.id/index.php/telektro/article/view/124> , diakses pada 5 Januari 2016.

Gagah Indrasmarana A., (2009), TUGAS PSE Perhitungan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)", termuat di <http://dokumen.tips/documents/perhitungan-plts-eras.html> , diakses pada 7 Januari 2016.

Hasan, H., (2012), "perancangan Pembangkitan Listrik Tenaga Surya", termuat di : <http://repository.unhas.id/handle/123456789/435.html> , diakses pada 7 Januari 2016.

Hasyim Asy'ari, Jatmiko, A., (2012), "Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya keluaran Panel Sel Surya", termuat di : <http://publikasiilmiah.ums.ac.id/biastream/handle/116173930/E08.pdf?sequence=1> , diakses pada 8 Januari 2016.

Heri, J., (1954) Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Cell Kapasitas 50 Wp, termuat di : <http://id.portalgaruda.org/?ref=browse&mod=viewarticle&artikele=116861> , diakses pada 8 Januari 2016.

Ihsan, ario amir-W.-S., (2015) "Perancangan Dan Realisasi Solar Charge Controller Maximum Power Point Tracker dengan Topologi Buck Converter untuk Charger handphone" < termuat di : <http://jurnalonline.itenas.ac.id/index.php/rekaalkomika/article/view/733> , diakses pada 8 Januari 2016.

Kurniawan, S, (2009), "Maximum Power Treacking (MPPT) Dengan Konverter DC Tipe Cuk", termuat di: http://www.elektro.undip.ac.id/el_kpta=pcontent/uploads/20012/05/1.2F008149_MTE.pdf , diakses pada 9 Januari 2016.

Ferlian, Chandra. 2014. Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Penyiram Kebun Salak Di Musim Kemarau Dengan Menggunakan Inverter Sebagai Perubah Tegangan DC Ke AC Pada Solar Cell. Yogyakarta: Institut Sains & Teknologi Akprind.

Foster, B. 2000. Fisika, Erlangga, Jakarta.