

PERENCANAAN PEMBANGKITAN LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) BERKAPASITAS 1200 WATT UNTUK MENGOPERASIKAN PERALATAN SISTEM INFORMASI AKTIFITAS MASYARAKAT DESA SINGOSAREN IMOIRI BANTUL YOGYAKARTA

¹. Adhitya Wisnu Jatmiko, ² Muhammad Suyanto, ³. Beny Firman,

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

ABSTRACT

Electrical energy was the primary the community by starting out sea renewable energy sources not appear problem the crisis energy electricity .Renewable energy to be the solution the generation of electricity by natural potential in Indonesia enough .The availability of energy solar system to be the solution the generation of electricity solar with the potential irradiating in Indonesia is very important but very poor to utilized.

Design the generation of electricity solar (PLTS) this with capacity 500 watts with capacity solar panels 2x50 watt peak, solar charger a controller 12 volt – 10 ampere and batteries deep cycle with capacity 100 ah .Analysis of planning will be conducted based on testing directly so that it can be known performance equipment .The result of design PLTS to operational equipment information systems that consisting of equipment amplifiers and loudspeaker as a means of their activities.

Data potential irradiating the sun in DIY reach on average seven hours per day. The size of the resources for the process of testing highest to voltage 18,73 volt and current 4,52 ampere , intensity the sun 118500 lux in with bright and the lowest value by producing of power equal to 3.05 watt voltage 13,26 volt and current 0.23 ampere, the intensity of light 25000 lux in cloudy weather. Power flattened average flattened the process of solar panels produced reached 371,07 watt and the size of the efficiency conversion of 97%. Power charger of equipment solar charger a controller kind of PWM has a flat average flattened 227,44 watt and the discharger burden of 83,87 watt having results efficiency 89%.

Keywords: Renewable resources energy, PLTS, Information System

INTISARI

Energi listrik merupakan kebutuhan primer masyarakat dengan mulai menipisnya sumber energi tak terbarukan muncul permasalahan krisis energi listrik. Energi terbarukan menjadi solusi pembangkitan listrik dengan potensi alam di Indonesia yang mencukupi. Ketersediaan energi surya menjadi solusi pembangkitan listrik tenaga surya dengan potensi penyinaran di Indonesia yang sangat memungkinkan namun masih kurang pemanfaatannya.

Perancangan pembangkitan listrik tenaga surya (PLTS) ini berkapasitas 500 watt dengan kapasitas panel surya 2x50 Wp, solar charger controller 12 Volt - 10 Amper dan baterai *deecycle* berkapasitas 100 Ah. Analisis dari perencanaan akan dilakukan berdasarkan pengujian secara langsung sehingga dapat mengetahui kinerja peralatan. Hasil dari perancangan PLTS bertujuan untuk mengoprasikan peralatan sistem informasi yang terdiri dari peralatan amplifiier dan pengeras suara sebagai sarana aktivitas masyarakat.

Data potensi penyinaran matahari di Yogyakarta mencapai rata-rata 7 jam/hari. Besarnya nilai pengukuran tegangan tertinggi 18,73 volt dan arus 4,52 amper, intensitas matahari 118500 lux pada cuaca cerah dan nilai terendah dengan menghasilkan daya sebesar 3.05 watt tegangan 13,26 volt dan arus 0,23 amper, intensitas cahaya 25000 lux pada cuaca mendung. Daya maksimal hasil perhitungan sebesar 83.40 watt dan daya rata – rata panel surya yang dihasilkan mencapai 371,07 watt dan besarnya effisiensi konversi sebesar 97%. Daya *charger* dari peralatan solar charger controller jenis PWM memiliki rata – rata 227,44 watt dan daya total *discharger* beban sebesar 167.96 watt memiliki hasil effisiensi 89%.

Kata kunci : Energi Terbarukan, PLTS, Sistem Informasi

PENDAHULUAN

Sumber energi listrik merupakan salah satu kebutuhan primer yang berperan penting dalam menunjang kebutuhan. Sumber energi listrik tidak hanya berpengaruh dalam kehidupan manusia secara individual namun sangat berpengaruh secara global baik dalam bidang pemerintahan, industrial, transportasi, komunikasi & informasi dll.

Memasuki abad 21, persediaan minyak dan gas bumi semakin menipis. Sementara kebutuhan akan energi semakin meningkat, utamanya di negara-negara industri akan meningkat sampai 70% antara tahun 2000 sampai dengan 2030. Pada tahun 2015, kebutuhan energi listrik akan mencapai 19,5 - 20 trilyun kWh. Namun sumber energi primer (minyak dan gas bumi) hanya mampu menyumbang 12,4 Trilyun Kwh saja [1].

Energi surya adalah sumber energi yang tidak akan pernah habis ketersediaannya dan energi ini juga dapat di dimanfaatkan sebagai energi alternatif yang akan di ubah menjadi energi listrik, dengan menggunakan sel surya. Sel surya atau solar cell sejak tahun 1970-an telah mengubah cara pandang kita tentang energi dan memberi jalan baru bagi manusia untuk memperoleh energi listrik tanpa perlu membakar bahan bakar fosil sebagaimana pada minyak bumi, gas alam, batu bara, atau reaksi nuklir. Sel surya juga mampu beroperasi dengan baik di hampir seluruh belahan bumi yang tersinari matahari tanpa menghasilkan polusi yang dapat merusak lingkungan sehingga lebih ramah lingkungan[2].

Terkait mengenai potensi energi surya, Indonesia mempunyai potensi yang sangat besar yaitu 4,8 kWh/m²/hari. Hal tersebut dikarenakan Indonesia terletak di daerah tropis dimana tingkat radiasi sinar suryanya relatif lebih tinggi dibandingkan dengan daerah-daerah lain di dunia. Nilai tersebut setara dengan nilai peak sun hour (PSH) sebesar 4,8 jam/hari namun pemanfaatan masih sangat rendah [3].

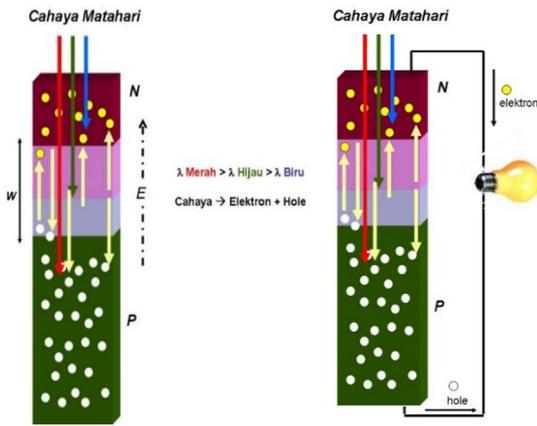
Panel Surya (*Photovoltaic*)

Sel surya atau sel *photovoltaic* adalah sebuah alat semikonduktor yang terdiri dari sebuah wilayah-besar diode p-n *junction*, dimana dalam hadirnya cahaya matahari mampu menciptakan energi listrik yang berguna. Pengubahan ini disebut efek *photovoltaic* [3].

Dua jenis semikonduktor tipe n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan p-n atau p-n junction. Proses penyambungan dua jenis semikonduktor ini menyebabkan terjadinya perpindahan electron - elektron dari semikonduktor tipe n menuju semikonduktor tipe p dan perpindahan hole dari semikonduktor tipe p menuju semikonduktor tipe n. Perpindahan elektron maupun hole ini hanya sampai jarak tertentu dari batas sambungan awal [3].

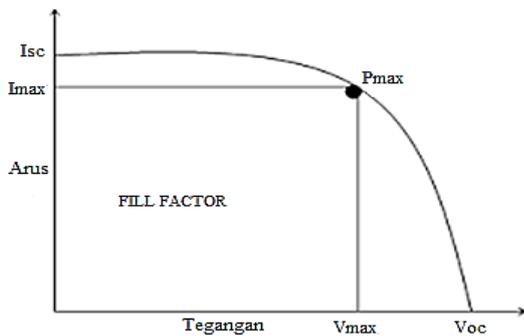
Daerah negatif dan positif disebut dengan daerah *depleksi (depletion area/depletion layer)*. Elektron maupun hole yang ada pada daerah deplesi disebut dengan pembawa muatan minoritas (*minority charge carriers*) karena keberadaannya di jenis semikonduktor yang berbeda. Terlepasnya elektron ini meninggalkan hole pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan fotogenerasi electron - hole (*electron - hole photogeneration*) yaitu terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat cahaya matahari [3].

Berdasarkan penjelasan diatas maka proses perpindahan elektron dan hole yang mengakibatkan terbentuknya daerah pertemuan kedua semikonduktor yang disebut deplesi akan mengakibatkan terjadinya fotogenerasi. *Photogeneration* ini terjadi karena terdapat intensitas matahari yang dapat menembus hingga area deplesi atau junction sehingga kedua muatan semikonduktor yang memiliki muatan yang berbeda dalam satu kawasan tersebut akan menimbulkan terjadinya medan listrik. Proses *photogeneration* terjadi ketika intensitas cahaya matahari ini membawa muatan foton yang memiliki sifat elektromagnetik pada setiap gelombang cahayanya dapat menembus masuk pada bagian dari struktur sel surya. Proses tersebut menghasilkan adanya medan listrik pada area deplesi yang dilambangkan dengan huruf E (gambar 1) pada proses *photo generation* pada bagian tersebut terdapat sambungan semikonduktor p dan semikonduktor n yang ditunjukkan dengan huruf W. Elektron hasil dari proses *photo generation* mengakibatkan adanya proses kembalinya muatan semikonduktor tersebut pada posisi semula sehingga saat terhubung dengan penghantar listrik akan mengalirkan muatan listrik dari kedua bagian semikonduktor.



Gambar 1 Proses Photogeneration
(Sumber: www.energisurya.com)

Parameter sel surya atau *photovoltaic* dalam menghasilkan energi listrik secara optimal sangat berhubungan erat dengan faktor karakteristik dasar dari sel surya. Parameter ini digunakan sebagai acuan dasar untuk mengetahui kinerja dari sel surya dalam menghasilkan energi listrik. Penjelasan dari parameter sel surya dapat dilihat pada gambar 1.2 kurva parameter I-V sel surya.



Gambar 2. Kurva Parameter I-V Sel Surya
Sumber : [5]

Keterangan dari parameter yang digunakan sebagai karakteristik dari kinerja sel surya sesuai dengan keterangan gambar 2.4 diatas sebagai berikut [6] :

a. Arus hubung singkat maksimal (Isc)

Short Circuit Current (Isc) adalah maksimum arus keluaran dari sel surya yang dapat dikeluarkan dibawah kondisi dengan tidak ada resistansi atau hubung singkat. Besarnya nilai Isc bervariasi disesuaikan dengan kapasitas modul surya yang terdapat pada bagian spesifikasi pada panel surya.

b. Tegangan maksimum hubung terbuka (Voc)

Open Circuit Voltage (Voc) adalah kapasitas tegangan maksimum yang dapat dicapai oleh sel surya saat tidak terhubung dengan beban atau dapat diartikan pada saat tidak adanya arus yang mengalir dari panel surya menuju beban. Besarnya nilai Voc

bervariasi disesuaikan dengan kapasitas modul surya yang terdapat pada bagian spesifikasi pada panel surya

c. Titik daya maksimal (MPP)

Maximum power point (V_{mp} dan I_{mp}) pada kurva I-V adalah titik operasi yang menunjukkan daya maksimum yang dihasilkan oleh sel surya dalam kondisi saat sel surya terhubung dengan beban. Besarnya maksimum daya dari sel surya didapat dari persamaan [7] :

$$P_{\text{mak}} = V_{OC} \cdot I_{SC} \cdot FF \quad (1)$$

Dimana : P_{max} = Daya Maksimal (MPP)

V_{oc} = Tegangan open circuit

I_{sc} = Arus open circuit

FF = Fill Factor

d. Fill factor (FF)

Fill factor merupakan parameter yang menentukan daya maksimum dari sel surya sekaligus menentukan kualitas dari sel surya tersebut. Dengan adanya *fill factor* maka dapat dengan mudah mengetahui kinerja dari sel surya. Karakter penting lainnya dari sel surya yaitu fill factor (FF), dengan persamaan [7]:

$$FF = \frac{V_{mpp} \cdot I_{mpp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \quad (2)$$

Dimana : FF = Fill Factor (Faktor Isi)

V_{mpp} = Tegangan maksimal

I_{mpp} = Arus maksimal

V_{oc} = Tegangan open circuit

I_{sc} = Arus open circuit

e. 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^2 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^2 . Persamaan untuk efisiensi konversi dirumuskan [8]

$$\eta = \frac{V \times I}{P \times A} \% \quad (3)$$

Dimana : η = Efisiensi tegangan (Watt)

V = Tegangan dibangkitkan

I = Arus sel surya

P = Rapat daya mengenai sel

A = Luas penampang sel

I_{sc} = Arus open circuit

FF = Fill Factor

Daya yang dibangkitkan oleh panel surya secara sederhana saat pengujian dapat

dihitung menggunakan rumus daya listrik. Daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya merupakan hasil perkalian dari tegangan keluaran dengan banyaknya elektron yang mengalir atau besarnya arus, dengan persamaan berikut [9]:

$$P = V \times I \quad (4)$$

Dimana: P = Daya (Watt)
V = Tegangan (Volt)
I = Arus (Ampere)

Sedangkan nilai rerata daya yang dihasilkan dapat dihitung dengan persamaan berikut [9] :

$$P.\text{rerata} = \frac{P_1+P_2+P_3+\dots+P_n}{n} \quad (5)$$

Dimana : P.rerata = Daya keluaran rata – rata.

P1 = Daya pada titik pengujian ke satu

P2 = Daya pada titik pengujian ke dua

Pn = Daya pada titik pengujian ke n

Solar Charger Controller

Solar charger controller merupakan rangkaian regulator baterai yang terdiri dari perangkat elektronika peran dari *solar charger controller* ini sangatlah penting sebagai pengaturan proses pengisian (*Charger*) baterai yang dihasilkan dari panel surya menuju baterai saat kondisi tidak dalam kondisi maksimal (*Full*) dengan menggunakan sistem kerja mencegah terjadinya *over voltage* dan *over charger* pada baterai yang bekerja secara otomatis, selain itu digunakan untuk mengontrol kebutuhan arus yang terhubung dengan beban pada saat baterai dalam kondisi (*Operation*) sehingga pada membatasi kinerja baterai pada level tegangan tertentu.

Untuk mengetahui nilai efisiensi perangkat dapat diketahui dengan persamaan berikut [10]:

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \quad (6)$$

Dimana : η = Efisiensi Perangkat

P_o = Daya Output (W)

P_i = Daya Input (W)

Baterai (Accumulator)

Baterai adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian/cas/charge energi listrik diubah menjadi kimia dan saat pengeluaran/discharge energi kimia diubah menjadi energi listrik [11].

Baterai pada sistem pembangkitan tenaga surya (PLTS) merupakan salah satu perangkat yang digunakan sebagai

penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh sel surya pada siang hari dan digunakan sebagai sumber tegangan saat terhubung dengan beban disaat malam hari. Baterai merupakan perangkat yang dapat mengubah energi kimia yang terdapat didalamnya menjadi energi listrik yang dihasilkan. Besarnya kapasitasnya dinyatakan dalam nilai satuan Ah (*Ampere Hour*) yang dituliskan pada bagian spesifikasi (*name plate*).

Baterai berdasarkan jenis *lead acid* secara umum dibedakan menjadi 2 (dua) jenis yaitu :

A. Starting Battery

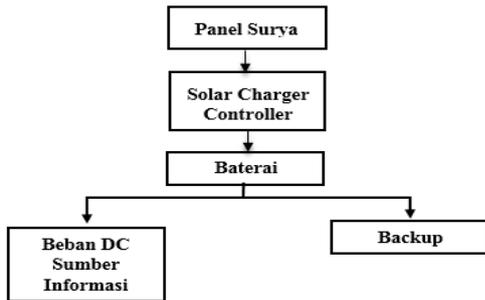
Starting battery merupakan salah satu jenis *accumulator* yang sering disebut dengan aki basah. Jenis ini memiliki struktur bahan plat yang menyusun didalamnya lebih tipis dan memiliki nilai resistansi yang kecil sehingga dirancang untuk mengeluarkan arus yang besar dalam waktu yang singkat. Penggunaannya banyak digunakan pada kendaraan bermotor sebagai sumber energi listrik saat proses *starting* yang membutuhkan nilai arus yang besar pada awal proses operasionalnya dan selanjutnya akan mengalami proses *charger* oleh alternator kendaraan sehingga kapasitasnya akan terus terjaga dalam kondisi penuh. *Starting battery* memerlukan perawatan yang khusus agar kondisi sel sekunder tetap optimal dengan cara memeriksa volume cairan elektrolit yang ada didalamnya, langkah tersebut bermaksud untuk tetap menjaga kualitas dalam menyimpan energi listrik pada saat proses *charger*.

B. Deep Cycle Battery

Deep cycle battery merupakan salah satu jenis *accumulator* yang sering disebut dengan aki kering. *Deep cycle battery* memiliki struktur yang berbeda dengan *starting battery* yang terdapat pada struktur bentuk plat sel sekunder yang lebih besar atau tebal sehingga memiliki nilai resistansi yang lebih besar dan sifat unsur cairan elektrolit yang digunakan berupa gel sehingga pada bagian fisiknya tertutup rapat karena tidak diperlukan adanya proses pengisian atau penambahan (*Maintenance Free*) cairan terhadap *battery*. *Deep cycle battery* memiliki sifat karakteristik kinerja yang relatif stabil terhadap arus keluarannya yang konstan sehingga dapat mempertahankan kapasitasnya tetap optimal terhadap penurunan kualitas elektrolit atau drop tegangan saat perangkat tidak digunakan.

Selain itu memiliki kurun waktu (*lifetime*) yang lebih lama dengan kualitas *duty cycle charger* dan *deep of discharger (DOD)* yang lebih besar.

METODE



Gambar 3.1 Diagram Perancangan PLTS Tahapan Perancangan

Perancangan ini dilakukan dengan melalui tahap – tahap sebagai berikut:

1. Riset data
2. Perencanaan sistem
3. Realisasi karya
4. Pengujian sistem

Riset data

Riset data yang digunakan berupa data penyinaran matahari di D.I.Yogyakarta yang mencakup wilayah desa singosaren, Imogiri, Bantul.Data tersebut diambil dari badan meteorologi dan geofisika (BMKG) kelas I DIY berikut tabel 1 data lama penyinaran dan suhu

Tabel 3.1 Data Lama Penyinaran Dan Suhu Sumber : BMKG,2015

Bulan	Solar Insolasi (jam)	SUHU	
		MIN	MAX
Januari	5,6		
Februari	6,4	24	33
Maret	5,8	24	32
April	5,5	24	30
Mei	8	23	31
Juni	8,6	23	32
Juli	8,6	23	32
Agustus	9,4	23	32
September	8,5	23	32

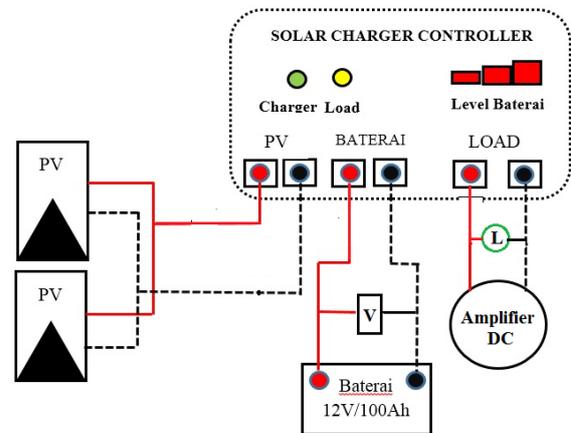
Oktober	8,6	21	31
November	5	20	31
Desember	3,7	20	31
Rata - Rata	7,0	22,4	26,2

Berdasarkan tabel data diatas untuk proses perencanaan data perhitungan kebutuhan PLTS menggunakan nilai penyinaran terendah 3,7 jam/hari.

Perencanaan Sistem

A. Wiring Diagram

perencanaan diagram pengawatan (*wiring diagram*) yang akan digunakan pada PLTS berikut gambar 3.2 wiring diagram PLTS.



Gambar 3.2 Wiring Diagram PLTS

B. Kebutuhan Beban

Beban yang terhubung dengan PLTS berupa perangkat sistem informasi. Indetifikasi kebutuhan daya operasional pada beban sarana informasi berupa peralatan elektronik amplifier dan pengeras suara (*horn speaker*).

Peralatan amplifier berupa TOA ZD230 beroperasi dengan sumber tegangan searah dengan daya operasional 96 watt yang akan terhubung dengan peralatan pengeras suara ZH5025BM dengan daya 25 watt include terhadap daya panel.Besarnya daya yang dibutuhkan oleh beban dihitung berdasarkan lama pemakaian peralatan sumber informasi.

Mencari total beban pemakaian per hari rumus yang digunakan adalah sebagai berikut [12] :

$$\text{Beban pemakaian (Wh)} = P.\text{beban} \times \text{Lama Pemakaian}$$

(7)

$$\text{Beban pemakaian (Wh)} = 96 \text{ Watt} \times 1 \text{ jam}$$

$$\text{Beban pemakaian (Wh)} = 96 \text{ Wh}$$

Setelah mengetahui kebutuhan daya pada peralatan sistem informasi berdasarkan

lama pemakaian berikut gambar 3.3 peralatan sistem informasi



Gambar 3.3 Peralatan Sistem Informasi

C. Panel Surya (PV)

Kapasitas panel surya dapat dapat direncanakan dengan mempertimbangkan besarnya lama penyinaran matahari pada lokasi PLTS. Perhitungan kapasitas panelsurya yang dibutuhkan dapat dihitung dengan rumus berikut [13] :

$$P_{\text{modul surya}} = \frac{EB}{\text{Insolation Matahari}} \times 1,1 \quad (8)$$

$$P_{\text{modul surya}} = \frac{96 \text{ watt}}{3,7 \text{ jam}} \times 1,1$$

$$P_{\text{modul surya}} = 28,53 \text{ Wp}$$

Berdasarkan perhitungan kapasitas panel surya yang dibutuhkan sebesar 28,3 Wp, namun kapasitas tersebut tidak tersedia oleh sebab itu dialihkan dengan panel surya dengan kapasitas 50 wp. Dalam perencanaan ini selain digunakan untuk sumber informasi panel surya juga digunakan untuk penyedia daya backup sebagai alternatif menggunakan 2 buah panel surya berkapasitas 50 Wp dirangkai parallel dengan asumsi menghasilkan nilai arus yang tinggi dan daya yang dihasilkan akan lebih besar. Berikut gambar 3.4 panel surya 2 x 50 Wp.



Gambar 3.4 Panel Surya 2 x 50Wp

D. 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 khusus yang berjenis baterai *deep cycle* sehingga daya tahan baterai akan lebih baik dengan *life time* yang tahan lama.

Kapasitas baterai yang akan digunakan harus lebih besar dari kapasitas beban maksimal yang terhubung pada PLTS. Besarnya kapasitas baterai dilihat dari Ah (Ampere Hour) atau ketersediaan arus dalam kurun waktu 1 jam. Berikut perhitungan kapasitas baterai yang dibutuhkan [13]:

$$Ah = \frac{ET}{V_s} \quad (9)$$

$$Ah = \frac{96 \text{ watt}}{12 \text{ volt}}$$

$$Ah = 8,00 \text{ Ah}$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan baterai diatas maka sebagai bahan pertimbangan estimasi kondisi ketika tidak terdapat penyinaran matahari sangatlah diperlukan dan kemampuan baterai berdasarkan DOO (*Deep of discharger*) yang telah ditentukan sebesar 80% dari kapasitas total baterai dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [13] :

$$Cb = \frac{AH \times d}{DOD}$$

$$(10)$$

$$Cb = \frac{8 \times 3}{80\%}$$

$$Cb = 30 \text{ Ah}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka kapasitas minimal 12Volt – 30 Ah setara dengan 360 watt. Namun kapasitas baterai yang direncanakan sebesar 100 Ah atau setara dengan 1200 Watt dengan pertimbangan sebagai penyedia daya backup untuk lampu penerangan jalan. Dengan begitu besarnya daya yang tersimpan pada baterai dapat diketahui dengan persamaan berikut :

$$P_{\text{batt}} = Cb \times V_s$$

$$(11)$$

$$P_{\text{batt}} = 100 \text{ Ah} \times 12 \text{ Volt}$$

$$P_{\text{batt}} = 1200 \text{ Wh}$$

Setelah mengetahui kapasitas baterai berikut gambar 3.5 baterai deepcycle SHOTO 12V-100Ah.



Gambar 3.5 Baterai SHOTO 12V-10A

E. Solar Charger Controller

Solar charger controller (SCC) sebagai peralatan pengatur proses *charger* dan proses *discharger* sehingga diharapkan dapat menjaga *lifetime* baterai dari *overcharger* dan *overdischarger*.

Untuk menentukan kebutuhan arus pada *solar charger controller* maka dapat ditentukan dengan mengetahui nilai arus yang dibutuhkan oleh beban yang akan terhubung sebesar 96 watt dengan nilai tegangan 12 volt dan arus 8 ampere.

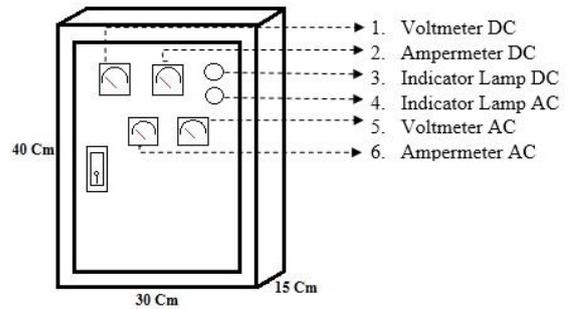
Berdasarkan kebutuhan arus pada *solar charger controller* diatas yang dibutuhkan dengan nilai arus minimal sebesar 8 ampere sehingga akan lebih baik menggunakan *scc* dengan kapasitas 12 volt 10 ampere setara dengan 120 watt dengan jenis SCC tipe PWM. Berikut gambar 3.6 Solar charger controller 12V-10A PWM



Gambar 7 Solar Charger Controller 12V-10A PWM

F. Panel Box

Panel box control merupakan peralatan penempatan perangkat sistem control dimana didalamnya terdapat *wiring diagram* PLTS. Panel box digunakan untuk menyimpan peralatan sehingga akan lebih aman dan terlindung dari pengaruh lingkungan sekitar. Pada panel box terdapat indikator Dc (Hijau) dan Ac (Kuning) serta alat ukur voltmeter 15Vdc (kiri) dan 220 Vac (kanan) yang digunakan dalam sistem untuk mempermudah dalam proses pengambilan data dan *maintance*. Berikut gambar 3.7 desain panel box plts.



Gambar 3.7 Desain Panel Box PLTS

Realisasi Karya

Realisasi karya merupakan langkah penerapan perencanaan peralatan PLTS mengacu pada perangkat hardware yang dibutuhkan oleh peralatan. Proses ini meliputi perangkat kerangka desain panel surya dan perakitan panel box peralatan plts. Berikut gambar 3.8 kerangka dan penempatan panel surya dan gambar 3.9 penempatan panel box plts.



Gambar 8 Kerangka Dan Penempatan Panel Surya



Gambar 9 Panel Box PLTS

Pengujian Perangka PLTS

Rangkaian pengujian sistem akan melibatkan pengujian pada setiap peralatan penyusun PLTS. Pengujian peralatan akan dilakukan selama 6 (enam) hari terhitung dari tanggal 21 Februari 2016 – 26 Februari 2016

dan dilaksanakan selama 12 jam terhitung pukul 05:00 - 17:00 wib. Berikut tahapan pengukuran pada peralatan PLTS :

A. Pengujian Panel Surya

Pengujian panel surya berupa pengukuran tegangan (v) dan arus (A) yang diterima oleh panel surya, selain itu pengukuran intensitas matahari (Lux) dan suhu (°C) secara realtime dilokasi pemasangan PLTS.

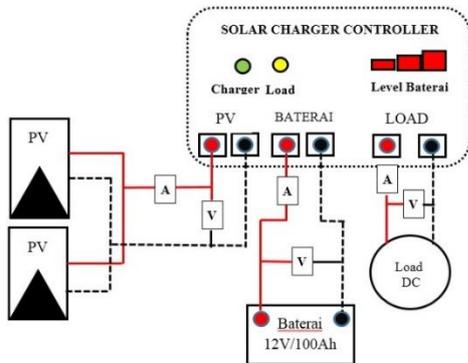
B. Pengujian solar charger controller

Pengujian solar charger controller yang dilakukan mengukur besarnya arus (A) dan tegangan (V) charger dari panel surya menuju baterai dan proses discharger dari baterai menuju beban serta pengujian fungsional peralatan SCC berupa proteksi overcharger dan limit tegangan oprasional SCC.

C. Pengujian amplifier

Pengujian amplifier dilakukan untuk mengetahui konsumsi daya yang dibutuhkan berupa tegangan (V) dan arus(A) serta hambatan terhadap perubahan volume pada amplifer. Pengujian tersebut diperuntukan mengetahui penggunaan daya ketika peralatan amplifier terhubung dengan terminal load SCC.

Berikut mekanisme pengujian keseluruhan terdapat pada gambar 3.10 rangkaian total pengujia PLTS.



Gambar 3.11 Rangkaian Total Pengujian PLTS

3.5.2 Alat Ukur Pengujian

Peralatan pengujian yang akan digunakan menggunakan 3 (tiga) peralatan alat ukur diantaranya :

A. Multimeter

Multimeter yang digunakan bertipe digital dengan fungsi sebagai alat ukur berupa tegangan (volt) dan arus (amper). Pengukuran tersebut meliputi panel surya, SCC dan amplifier.

B. Environment meter

Enviornment meter merupakan alat ukur 4 in 1 yang didalamnya terdapat alat ukur suhu

(°C), kelembapan (Rh%), intensitas matahari Lux dan kekuatan suara.

C. Lux Meter

Lux meter merupakan alat pengukuran intensitas cahaya (Lux) yang menyinari panel surya dengan mengukur dilokasi penempatan PLTS.

Data Hasil Pengujian

Data pengujian akan diambil selama 6 (enam) hari dari pukul 05:00 – 17:00. Pada setiap pengujian terdapat perbedaan dan oleh sebab itu hanya 3 tabel dengan nilai perbedaan yang mencolok yang akan digunakan untuk mewakili pembahasannya. Berikut data tabel pengujian sebagai berikut:

A. Pengujian panel surya

Pengujian panel surya dilakukan selama 6 (enam) terhitung dari pukul 05:00 – 17:00. Besarnya nilai rata- rata yang didapat selama pengujian terdapat pada tabel 3.2 tabel pengujian tertinggi panel surya.

Tabel 3.2 Pengujian Tertinggi Panel Surya

Lux (x10)	°C	Rh %	Volt	Amp	Daya
11850	36.6	49.9	18.73	4.52	84.66
11760	35.8	52.6	18.70	3.70	69.19
11410	34.8	53.4	18.66	3.65	68.11
11260	35.5	52.5	18.55	3.49	64.74
11250	34.2	53.3	18.65	1.42	26.48
11030	34.1	51.6	17.75	0.98	17.40

B. Pengujian Solar Charger Controller

Pengujian peralatan SCC akan meliputi 2 (dua) tahapan berupa pengujian charger dan discharger. Tabel 3.3 pengujian tertinggi proses charger dan tabel 3.4 hasil proses discharger

Tabel 3.3 Pengujian tertinggi proses charger

Terminal Panel			Terminal Baterai		
Volt	Amp	Daya	Volt	Amp	Daya
18.73	4.52	84.66	10.93	4.38	47.87
18.70	3.70	69.19	11.62	3.46	40.20
18.66	3.65	68.11	12.94	2.48	32.09
18.55	3.49	64.74	13.24	2.66	35.22
18.65	1.42	26.48	13.57	1.38	18.73
17.75	0.98	17.40	13.81	0.83	13.81

Tabel 3.4 Proses Discharger Beban

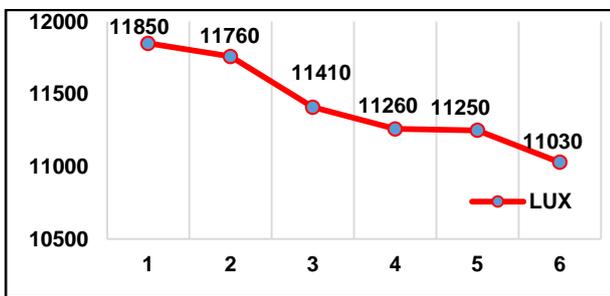
Beban	Terminal Baterai			Terminal Load		
	Volt	Amp	Daya	Volt	Amp	Daya
Tidak	13.50	0.25	3.37	13.50	0.01	0.13
Ampli	13.50	6.37	85.9	13.48	6.10	82.22
Relay	13.46	0.43	5.78	13.44	0.13	1.74
Ampli +Relay	13.46	6.83	91.93	13.42	6.25	83.87
Total			186.9			167.9

PEMBAHASAN

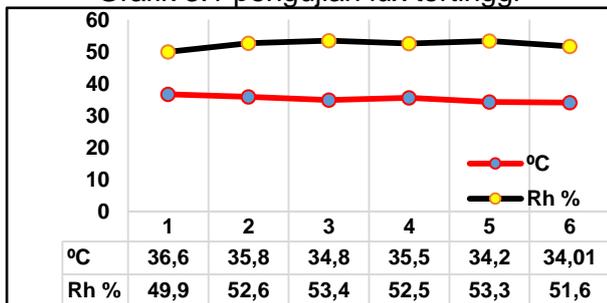
Hasil analisis panel surya akan mengacu pada tabel hasil dari pengujian. Rangkaian

pengujian yang dilakukan selama 6 (enam) hari pada saat ini akan menganalisis 3 (tiga) tabel pengujian dengan tujuan untuk mengetahui garis besar faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan hasil tegangan (V) dan arus (A) yang didapat seperti intensitas pencahayaan, suhu, kelembapan terhadap perubahan waktu dalam kurun setiap harinya.

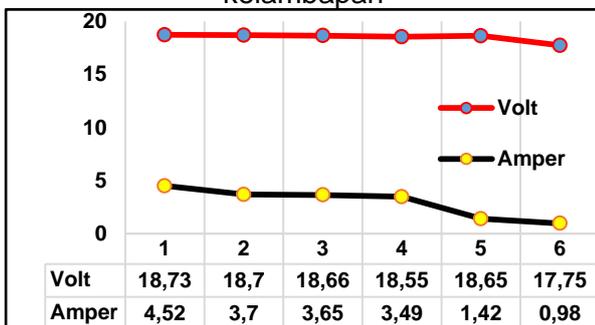
Berdasarkan dari hasil rata – rata pengujian mengacu pada (tabel 3.2) analisis yang akan dilakukan berupa perubahan intensitas matahari (Lux) terhadap waktu pengujian dan perubahan tegangan dan arus pada panel surya dapat dilihat pada grafik 3.1 pengujian lux tertinggi, grafik 3.2 Pengujian tertinggi suhu dan kelembapan dan grafik 3.3 pengujian tertinggi tegangan dan arus.



Grafik 3.1 pengujian lux tertinggi



Grafik 3.2 Pengujian tertinggi suhu dan kelembapan



Grafik 3.3 pengujian tertinggi tegangan dan arus

Bedasarkan grafik pengujian tertinggi pengukuran panel surya selama 6 (enam) hari mengacu pada grafik 3.1 menunjukan bahwa intensitas matahari pada setiap hari pengujian memperoleh nilai yang berbeda dengan hari pengujian selajutnya dikarenakan tingkat cuaca dan kondisi alam yang selalu berbeda

yang akan mempengaruhi hasil dari panel surya. Grafik 3.2 berhubungan dengan perubahan intensitas matahari yang ditandai semakin tinggi nilai Lux maka akan diikuti kenaikan pada temeratur suhu dan penurunan kelembapan. Grafik 3.3 menunjukkan perubahan nilai tegangan dan arus pada setiap hari pengujian pada dasarnya perubahan lux yang semakin tinggi diikuti nilai tegangan dan arus yang meningkat ditunjukandengan nilai daya yang semakin tinggi pada pengujian hari pertama. Nilai daya yang dihasilkan oleh panel surya tida stabil dikarenakan pengaruh control dari perangkat SCC sehingga besarnya daya yang diasilkan oleh panel hanya mengikuti besarnya daya yang dibutuhkan untuk memenuhi kapasias baterai. Selama pengujian 6 (enam) hari nilai daya tertinggi terdapat pada hari pengujian pertama sebesar 84.65 W dengan nilai tegangan 18,73 V dengan arus 4,52 A besarnya intensitas cahaya 118500 lux dan suhu 36.6°C terjadi pada pukul 13:00 wib. Nilai daya tertinggi yang dihasilkan panel surya terdapat pada pukul 12:00 – 14:00 wib. Selanjutnya tabel 3.5 total daya panel surya.

Tabel 3.5 Total daya panel surya

Pengujian	Daya (W)
Pertama	610.42
Kedua	548.81
Ketiga	391.06
Keempat	306.46
Kelima	219.31
Keenam	150.41
Total	2226,47

Data tabel 3.5 merupakan hasil daya yang dihasilkan selama 6 (enam) hari pengujian dengan rentang penyinaran pukul 05:00 – 17:00 hasi total daya yang dihasilkan cukup besar namun tidak dapat stabil dikarenakan perubahan intensitas cahaya, suhu dan kelembapan yang selalu berubah.

Setelah melakukan pengukuran dan pengambilan data selama 6 (enam) hari maka semakin besar intesintas matahari akan menghasilkan nilai tegangan dan arus yang tinggi dan nilai suhu lingkungan yang tinggi akan mempengaruhi nilai arus yang meningkat diikuti dengan perubahan kelembapan yang semakin menurun.

Untuk mengetahui daya perhitungan maksimal yang dihasilkan oleh panel surya maka harus mengetahui nilai FF (*fill factor*) dapat diselesaikan dengan (persamaan 2) sebagai berikut :

$$FF = \frac{V_{mpp} \cdot I_{mpp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}}$$

$$FF = \frac{18,73 \cdot 4,52}{20,76 \cdot 6,48}$$

$$FF = \frac{84,65}{134,52}$$

$$FF = 0,62$$

Setelah mengetahui nilai FF (*fill factor*) maka besarnya daya maksimal dapat dihitung dengan (persamaan 2.1) sebagai berikut :

$$P. \text{ mak} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF$$

$$P. \text{ mak} = 20,76 \times 6,48 \times 0,629$$

$$P. \text{ mak} = 83,40 \text{ watt}$$

Berdasarkan perhitungan daya maksimal diatas besarnya daya yang dihasilkan selama pengujian memiliki selisih perbedaan hal tersebut dapat terjadi karena beberapa factor baik dari proses pengukuran dan tingkat ketelitian dalam proses pengujian.

Untuk menghitung nilai efisiensi konversi daya yang diserap dapat dihitung dengan (persamaan 3) sebagai berikut :

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

$$\eta = \frac{18,73 \times 4,52}{100 \times 0,87} \%$$

$$\eta = 97 \%$$

Nilai efisiensi diketahui sebesar 97% yangandakan bahwa kondisi panel surya dalam keadaan baik dalam menerima dan mengonversikan cahaya yang mengenai panel surya ditandai dengan nilai efisiensi daya yang telah dihitung diatas.

Selanjutnya untuk dapat mengetahui besarnya daya rata – rata yang dihasilkan oleh panel surya selama 6 (enam) hari pengujian dengan menggunakan (persamaan 5) sebagai berikut :

$$P. \text{ rerata} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

$$P. \text{ rerata} = \frac{610,42 + 584,81 + 391,06 + 306,46 + 219,31 + 150,41}{6}$$

$$P. \text{ rerata} = 371,07 \text{ watt/hari}$$

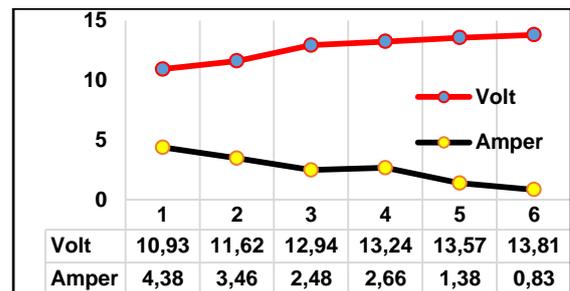
Berdasarkan perhitungan daya rata – rata yang dihasilkan oleh panel surya selama 6 (enam) hari pengujian yang ditentukan berdasarkan total daya yang diperoleh setiap harinya selama 12 jam penyinaran terhitung dari pukul 05:00 – 17:00 wib dan menghasilkan daya rata – rata selama 6 (enam) hari sebesar 347 watt/hari. Besarnya daya yang dihasilkan akan digunakan untuk

mencharger baterai dengan melalui perangkat *solar charger controller*.

4.2 Analisa solar charger controller

4.2.1 Proses charger

Pengujian proses charger dilakukan dengan tidak menambahkan beban yang terhubung dengan terminal laod dan pengujian akan dilakukan selama 6 (enam) hari terhitung dari pukul 05:00 hingga 17:00 dengan kondisi baterai kosong sehingga dapat diketahui besarnya tegangan (v) dan arus (A) yang dihasilkan oleh panel surya untuk melakukan proses *charger*. Mengacu pada tabel 3.3 berikut Grafik 3.4 Nilai tertinggi tegangan dan arus *charger*.



Grafik 3.4 Nilai tertinggi tegangan dan arus *charger*

Berdasarkan grafik diatas tegangan baterai awal sebesar 10.51 volt hingga berakhir pada tegangan 13.88 volt. Selama proses *charger* 6 (enam) hari pengujian sehingga dapat diketahui perbedaan tegangan dan arus yang mengalir dari panel surya menuju peralatan SCC pada proses *charger* disetiap harinya sehingga menghasilkan perbedaan pada daya tertinggi pada proses *charger*. Hasil tersebut menandakan kondisi baterai semakin hari meningkat dari segi tegangan dan menurun dari segi arus *charger* yang mengalir yang menandakan baterai dalam setiap harinya terjadi pengisian hingga kondisi mendekati penuh. Besarnya arus *charger* tertinggi dari hari pertama sebesar 4.38 amper dan pada hari keenam sebesar 0.83 amper.

Pada kondisi charger terdapat indikator level baterai ketika 1 led menyala pada rentang tegangan 10.51-11.41 volt, 2 led menyala pada tegangan baterai 11.53 – 12.71 volt dan 3 led menyala pada tegangan 12.94 – 18.88 volt. Indikator charger ditentukan oleh fase charger ketika led charger menyala terang menandakan fase *bulk* dengan tegangan 10.51 – 13.67 volt yang berarti menaikkan tegangan baterai dengan arus *charger* yang relatif tinggi dan ketika fase

flood ditandai dengan indikator *charger flicker* dengan tegangan 13.64 – 13.88 volt yang menandakan fase menjaga tegangan baterai hingga penuh dengan arus kecil namun stabil.

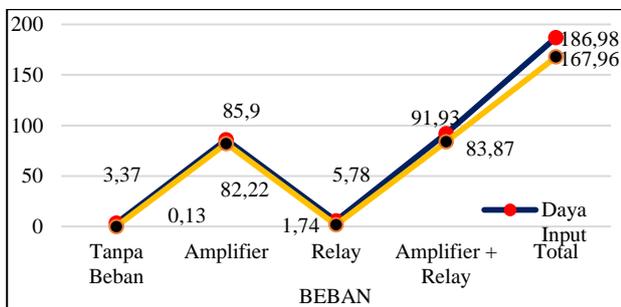
Setelah melakukan tahapan pengujian selama 6(enam) hari dengan indeks penyinaran 12 jam perhari besarnya total daya yang didapat untuk proses *charger* sebesar 1364,22 watt maka dapat diketahui nilai efisiensi pada proses *charger* (persamaan 6):

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{1364,22}{2226,46} \times 100\%$$

$$\eta = 61,27 \%$$

Proses *discharger* ini akan digunakan untuk mengoprasikan beban dengan sumber tegangan searah DC (*Direct Current*) berupa amplifier dan perangkat relay yang digunakan untuk mengaktifkan inverter sehingga sistem kerja inverter akan mengikuti sistem kerja dari *solar charger controller*. Mengacu pada tabel pengujian 3.4 berikut hasil grafik 3.4 proses *discharger* SCC



Grafik 3.4 Proses *Discharger* Beban

Besarnya efisiensi terhadap proses *discharger* dapat diketahui dengan (persamaan 6) :

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{167,96}{186,98} \times 100\%$$

$$\eta = 89 \%$$

Batas tegangan operasional minimal yang dapat dilakukan oleh peralatan *solar charger controller* terdapat pada tegangan 10.52 volt yang menandakan posisi *cut off* dari perangkat untuk memutus hubungan ke beban dan kembali beroperasi pada tegangan baterai mencapai titik tegangan 12.00 volt. Kondisi tersebut dimana peran perangkat *solar charger controller* sebagai proteksi tegangan rendah pada baterai sehingga baterai tidak mengalami kerusakan

dikarenakan tetap dipaksa bekerja ketika tegangan sudah melewati limit bawah.

II. PENUTUP

2.1 Kesimpulan

Setelah melakukan berbagai percobaan dan analisis terhadap alat yang telah dirancang dan dibuat, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Selama pengujian panel surya faktor yang mempengaruhi perubahan nilai tegangan dan arus pada panel surya diakibatkan perubahan intensitas matahari (Lux) dan suhu lokasi °C. Nilai tegangan tertinggi sebesar 18.73 volt dan arus tertinggi sebesar 4.52 amper dengan nilai intensitas cahaya tertinggi 118500 lux diikuti nilai suhu tertinggi sebesar 36.6 °C dan nilai kelembapan 49.9 % Rh.

2. Selama proses 6 (enam) hari pengujian besarnya daya yang dibangkitkan oleh panel surya sebesar 2226,46 watt dengan nilai rata – rata 371,07 watt daya tersebut sudah melebihi kapasitas daya baterai jika dapat dimanfaatkan dengan baik oleh peralatan *solar charger controller* dengan meminimalisi daya yang terbuang namun pada realitanya besarnya daya yang didapat untuk proses *charger* hanya 1364,62 watt dengan nilai rata – rata sebesar 227,44 watt perharinya. Besarnya efisiensi konversi energi pada panel surya sebesar 97 %

3. Penggunaan *solar charger controller* tipe PWM bekerja sebagai perangkat pengatur proses *charger* dan *discharger* baterai dengan efisiensi sebesar 89%. *Solar charger controller* tipe PWM tidak dapat mempertahankan nilai daya maksimal yang dihasilkan oleh panel surya sehingga banyak daya yang terbuang dalam proses *charger* dikarenakan hanya mengikuti kondisi kapasitas dari baterai karena tidak terdapat hubungan antara terminal panel surya dengan terminal beban sehingga daya yang dihasilkan hanya untuk proses *charger*.

4. Penggunaan *solar charger controller* tipe PWM yang kami gunakan dalam proses *charger* mengalami 2 (dua) fase *charger* yang digunakan yaitu fase *bulk charger* dan fase *flood charger*. Pada saat fase *bulk* ditandai dengan aliran arus yang besar dan led indikator baterai menyala terang sedangkan ketika fase *flood charger* ditandai dengan led indikator menyala *flicker* hingga baterai penuh *discharger* dengan led indikator *charger* mati.

5. Penggunaan baterai dengan karakteristik *deepcycle* lebih baik dikarenakan sesuai dengan penggunaan pada PLTS selain bebas perawatan dan memiliki *lifetime* yang

lama baterai ini juga tidak terdapat drop yang signifikan dibanding dengan penggunaan baterai jenis konvensional dikarenakan perbedaan bahan dan lempengan penyusun sel baterai yang berbeda sehingga nilai drop tegangan pada baterai konvensional sangat besar.

2.2 Saran

Ditemukan beberapa kekurangan yang harus diperbaiki dari hasil akhir perancangan dan pengujian alat, sehingga diperlukan perbaikan untuk pengembangan lebih lanjut. Maka saran yang dapat disampaikan untuk pengembangan alat ini adalah :

1. Dibutuhkan referensi yang lebih detail dalam Penggunaan teknologi penjejak matahari (*solar tracker*) akan lebih baik digunakan sehingga besarnya intensitas matahari yang diterima oleh panel surya selalu maksimal sehingga hasil tegangan dan arus akan lebih optimal.

2. Penggunaan *solar charger controller* akan lebih maksimal jika menggunakan tipe MPPT (*maximal power point tracker*) sehingga besarnya daya yang dihasilkan oleh panel surya dapat seluruhnya dimanfaatkan oleh perangkat *solar charger controller* untuk proses *charger* dan *discharger*. Tipe MPPT juga dilengkapi sensor suhu, sensor arus dan tegangan sangat membantu dalam proses kinerja pada PLTS.

III. Daftar Pustaka

- [1] Hasan, H., (2012), "Perancangan Pembangkitan Listrik Tenaga Surya", termuat di : <http://repository.unhas.id/handle/123456789/435.html> , diakses pada 7 januari 2016.
- [2] 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.
- [3] Sucipto, 2013, Trainer Pembangkitan Listrik Tenaga Surya, Tugas Akhir Teknik Elektro, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta
- [4] Rahayuningtyas, A., 2014, "Studi perancangan sistem pembangkitan listrik tenaga surya (PLTS) Skala Rumah Sederhana Di Daerah Pedesaan Sebagai Pembangkitan Listrik Alternatif Untuk Mendukung Program Ramah Lingkungan Dan Energi Terbarukan", termuat di :

<http://prosiding.lppm.unisba.ac.id/index.php/Sains/article/download/551/pdf> , diakses pada 14 Januari 2016

- [5] Prasada, A. B., & Supriyanto, A., 2015, "Studi Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) Menggunakan Ekstrak Sansevieria Trifasciata (Daun Lidah Mertua)", termuat di: <http://hfi-diyjateng.or.id/sites/default/files/1/FULL-Studi%20Fabrikasi%20Dye%20Sensitized%20Solar%20Cells%20%28DSSC%29%20Menggunakan%20Ekstrak%20Sansevieria%20Trifasciata%20%28Daun%20Lidah%20Mertua%29.pdf> , diakses pada 9 Januari 2016.

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

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

- [8] Suyanto, M., & Ferlian, C., (2015), "Sistem Pembangkit Listrik Alternative Menggunakan Panel Surya Untuk Penyiraman Kebun Salak Di Musim Kemarau", termuat di : <http://repository.akprind.ac.id/sites/files/Prosiding%20Seminar%20Udinus.pdf> , diakses pada 7 Maret 2016.

- [9] Hasyim Asy'ari, Jatmiko, A., (2012), "Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya", termuat di : <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/3930/E08.pdf?sequence=1> , diakses pada 8 Januari 2016

- [10] Yunus, yadi, 2009, "Analisis Inverter Sebagai Catu Daya Alat Pencuplik Udara", termuat di: http://jurnal.sttn-batan.ac.id/wp-content/uploads/2010/03/B-35_ok.pdf , diakses pada 18 Januari 2016.

- [11] Adityawan, A. P., H, D. C., & Sulistijono, L, 2013, "Sistem Pengisian Batteray Lead Acid", Termuat di: <https://www.pens.ac.id/uploadta/download>

mk.php?id=1859 , diakses 5 Oktober 2015

- [12] Hasan, H., (2012), "Perancangan Pembangkitan Listrik Tenaga Surya", termuat di :
<http://repository.unhas.id/handle/123456789/435.html> , diakses pada 7 januari 2016
- [13] Syukri, M. (2010). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan di Banda Aceh", termuat di :
<http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE/article/view/167/160> , diakses pada 20 Februari 2016.