
Analisis Kebutuhan Modul Surya Dan Baterai Pada Sistem Penerangan Jalan Umum (PJU)

Yamato¹, Bloko Budi Rijadi²

^{1,2}Prodi Elektro - Fakultas Teknik - Universitas Pakuan

Email : yamato@unpak.ac.id¹, bloko.budirijadi@unpak.ac.id²

Abstrak

Penerangan Jalan umum (PJU) Solar Sel menggunakan energi Matahari sebagai sumber listriknya. Lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) Solar Sel ini menggunakan Lampu jenis LED yang terang, hemat energi dan tahan lama dimana energi Matahari diubah menjadi listrik. Pada Jurnal ini akan dibahas mengenai perencanaan perhitungan kapasitas panel surya dan kapasitas baterai yang akan diaplikasikan di sistem PJU. Sistem PJU ini menggunakan Lampu LED 12 V DC, 40 Watt dan pemakaian selama 12 jam per hari. Hasil yang diperoleh dari perencanaan perhitungan kapasitas panel surya dan kapasitas baterai diperoleh kebutuhan panel surya sebanyak 4 buah modul dan kebutuhan baterai sebanyak 4 buah baterai 50 Ah atau 2 buah baterai 100 Ah.

Kata Kunci : Solar Sel, Baterai, Lampu Penerangan Jalan Umum (PJU), Lampu LED

Abstract

Public Street Lighting (PSL) Solar Cells use solar energy as a source of electricity. This Solar Cell Public Street Lighting Lamp uses bright, energy efficient and durable LED type lights where solar energy is converted into electricity. In this journal, we will discuss the planning for calculating the capacity of solar panels and battery capacity that will be applied in the PSL system. This PSL system uses 12 V DC, 40 Watt LED lights and uses 12 hours per day. The results obtained from planning the calculation of solar panel capacity and battery capacity are obtained by the need for solar panels as many as 4 modules and the need for batteries as much as 4 batteries 50 Ah or 2 pieces of 100 Ah batteries.

Keywords : Solar Cells, Batteries, Public Street Lights (PSL), LED lights

1. Latar Belakang

Penerapan Penerangan Jalan Umum (PJU) dengan menggunakan Solar Sel merupakan pilihan sumber listrik penerangan yang murah, hemat dan gratis. PJU Solar Sel ini dapat diterapkan antara lain : jalan umum, lingkungan kampus, lingkungan perumahan, tempat-tempat wisata, area pabrik dll.

2. Teori Dasar

2.1. Sel Surya

Fotovoltaik atau sel surya merupakan alat semikonduktor yang mengkonversi cahaya matahari ke dalam arus searah (DC) listrik. Kelompok fotovoltaik sel secara elektris diatur ke dalam modul dan array, yang mana dapat digunakan untuk mengisi baterai, operasi motor

dan untuk jumlah daya beban elektrik manapun.

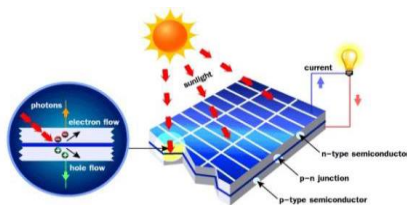
2.2. Bahan Sel Surya

Bahan sel surya yang utama adalah silikon. Silikon adalah elemen kedua yang terbanyak di bumi setelah oksigen 25,67 %. Di bumi silikon terdapat dalam bentuk silikon dioksida. (SiO_2). Bahan sel surya saat ini adalah silikon yang didapat dari pemurnian SiO_2 . Pengelompokan sel surya di dasarkan pada bahan dan susunan. Secara umum, dilakukan pengelompokan kedalam golongan silicon dan golongan campuranyang bahan dasarnya adalah material campuran semikonduktor. Golongan silicon di bagi lagi menjadi kelompok Kristal dan Amorfous

2.3. Efek Fotovoltaik

Sistem fotovoltaik merubah radiasi matahari menjadi listrik yang dapat di alirkan langsung ke beban atau di simpan di baterai. Fungsi konversi tersebut dilakukan oleh modul surya. Modul surya terdiri atas beberapa sel suryasedangkan kumpulan dari beberapa modul surya disebut array.

Proses konversi radiasi matahari menjadi energi listrik pada suatu sel surya dikenal sebagai "*Photo electric Effect*". Radiasi matahari terdiri atas partikel *Photon* sebagai pembawa energi dan *Voltaic* atau tegangan. Sel surya tersusun dari dua lapisan semikonduktor dengan muatan yang berbeda. Lapisan atas sel surya bermuatan negatif sedangkan lapisan bawahnya bermuatan positif. Silicon adalah bahan semikonduktor yang paling umum digunakan untuk sel surya. Energi photon pada sel surya melepaskan ikatan electron dari atom silicon, sehingga electron dapat bergerak bebas pada lapisan atas dan menimbulkan beda potensial (tegangan) yang jika dihubungkan dengan beban (lampu) dapat menghasilkan arus listrik.



Gambar 1. Efek Fotovoltaik

Setiap photon dalam gelombang cahaya (radiasi) matahari mempunyai muatan energi spesifik, yang satu bisa lebih dari yang lain. Demikian pula tipe sel surya yang berbeda, hanya dapat memanfaatkan photon dengan muatan energi spesifik tertentu. Hal ini menyebabkan efisiensi konversi sel surya hanya mencapai 10 ~ 15 %. Artinya jika pada siang hari intensitas radiasi matahari 1000 W/m², maka modul surya dengan luas permukaan 1 m² akan menghasilkan listrik sebesar 100 W. Modul surya dengan sel berbentuk persegi mempunyai efisiensi yang lebih baik dari pada sel yang berbentuk bulat. [4]

2.4. Komponen Utama PLTS PJU

1. Modul Fotovoltaik
2. Baterai
3. Baterai Charge Regulator (BCR)

4. Kabel Penghantar
5. Beban
6. Sensor Cahaya LDR
7. Modas

• Modul Fotovoltaik

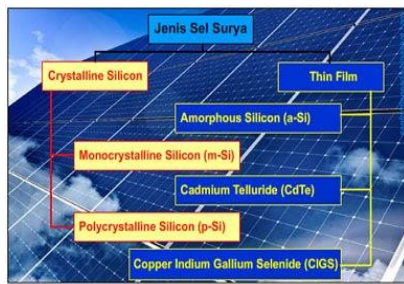
Sistem catu daya fotovoltaik adalah merubah radiasi matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan sel (modul) fotovoltaik. Proses yang terjadi pada solar sel saat dikenai cahaya disebut fotovoltaik. Hubungan seri dan paralel pada modul fotovoltaik bertujuan untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan, sehingga cukup untuk pemakaian sistem catu daya beban. Sistem catu daya fotovoltaik sekarang banyak diterapkan untuk sistem penyediaan energi listrik yang letaknya jauh dari PLN atau daerah pedalaman.

Prinsip kerja sistem fotovoltaik adalah tergantung dari pada radiasi matahari, sedangkan perjalanan bumi terhadap matahari sendiri tergantung dari orbitnya, sehingga besar radiasi disuatu tempat akan berbeda dengan tempat lainnya.

Sel fotovoltaik akan merubah radiasi matahari menjadi arus listrik searah (DC). Besarnya arus listrik tersebut sangat tergantung dari pada radiasi yang jatuh dipermukaan sel fotovoltaik :

- Komponen radiasi langsung, yaitu radiasi yang diterima oleh bidang permukaan langsung dari matahari. Misalnya saat matahari cerah.
- Komponen radiasi *diffuse*, yaitu radiasi yang diterima oleh bidang permukaan tidak secara langsung. Misalnya saat berawan dan hujan.

Namun baik radiasi langsung dan *diffuse* akan menghasilkan arus listrik searah (DC). Besarnya arus listrik tersebut sangat tergantung dari luas permukaan bidang sel fotovoltaik yang menerima radiasi tersebut. Sedangkan prinsip kerja alat ukur radiasi matahari ini adalah menampilkan besaran arus listrik searah dalam satuan mili Ampere dirubah menjadi tegangan searah mili Volt dan ditampilkan dalam satuan radiasi matahari W/m².



Gambar 2. Diagram jenis sel surya

Jenis-jenis Solar sel yang banyak dipakai diantaranya sebagai berikut :

1. Mono-kristalin
Memiliki ketebalan sekitar 2 mm. Sel surya jenis Monokristalin ini mempunyai tingkat kemurnian sekitar 99,99 %. Dan harganya mahal. Efisiensi sel surya ini antar 16 % - 18 %.
2. Poli-kristalin
Memiliki berukuran 5 x 5 atau 10 x 10 cm persegi dengan ketebalan kira-kira 2 mm. Harganya lebih murah dibandingkan jenis monokristalin. Efisiensi dari sel surya jenis ini antara 12% - 15.
3. Amorphous
Memiliki efisiensi maksimum 12%., dimensi sel surya jenis ini sekitar 2 x dari dimensi sel surya jenis lainnya.. Harganya lebih murah dibandingkan jenis sel surya lainnya.
4. Thin Film
Thin film ini terbagi menjadi 2 jenis yaitu:
 - a. Copper Indium Galian Selenice (CIGS) dengan efisiensi maksimum mencapai 18,4%.
 - b. Cadmium Telluride (CdTe)

Harganya lebih murah dibandingkan dengan silicon dengan ketebalan 2-8 mikrometer. Efisiensi maksimum thin film CdTe adalah 16.5 %.

Rumus Perhitungan Kapasitas Fotovoltaik

Untuk menghitung kapasitas daya Fotovoltaik yang dibutuhkan akan sangat tergantung dari energi beban yang dibutuhkan dari radiasi matahari harian yang tersedia dilokasi. Menurut SNI 04-6394-2000, didefinisikan bahwa energi (E) yang harus dikeluarkan oleh modul fotovoltaikpada STC (*Solar Thermal Component*) :

$$E_{\text{biaya harian rangkaian rata-rata pada STP}} = P_{\text{rated STC}} \times H_{\text{radiasi harian rata-rata}}$$

Untuk memenuhi energi yang dibutuhkan oleh beban maka energi biaya harian rangkaian rata-rata harus ditambahkan energi yang hilang dalam sistem sebesar 24 % dan energi biaya harian rata-rata STC(*Solar Thermal Component*).

$$\text{Daya Modul (} W_p \text{) =}$$

$$\frac{24 \% \times \text{Kebutuhan Energi (kwh)}}{\text{Energi Radiasi (4.5 kwh/m}^2\text{) x 1/Radiasi (1kw/m}^2\text{) x rugi sistem}}$$

Baterai / Aki

Cara yang paling tepat untuk memecahkan persoalan penyimpanan energi diatas adalah dengan baterai penyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh energi Matahari. Pada umumnya, Sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk berbagai penerapan menggunakan 1 macam baterai untuk menyimpan energi listrik yang didapat dari energi Matahari.

Tipe-tipe baterai yang cocok antara lain :

1. Nickel Cadmium
2. Lead- Acid
3. Nickel Iron
4. Sodium Sulphate

Prinsip kerja, jenis dan operasi baterai

Baterai merupakan kumpulan dari sel-sel elektrokimia (alat yang dapat yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik atau sebaliknya) yang dihubungkan seri.

Sel-sel baterai tidak sama dengan sel-sel modul surya, yang bekerja dengan prinsip yang sama sekali berlainan. Sel baterai terdiri dari sepasang elektroda (sering disebut pelat) yang terendam didalam larutan elektrolit, yang menghasilkan atau menimbulkan arus listrik jika suatu rangkaian terpasang diantara keduanya.

Arus yang terjadi disebabkan oleh reaksi kimia bolak-balik yang terjadi diantara elektroda dan larutan elektrolit. Secara sederhananya, dapat dikatakan bahwa baterai adalah seperti tangki penyimpan untuk energi listrik. Modul surya mengumpulkan energi matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik selama matahari bersinar. Selanjutnya semua muatan listrik mengalir ke dalam baterai melalui kawat penghubung, untuk kemudian

dirubah menjadi energi kimiawi yang tersimpan dalam beberapa hari, sebuah baterai akan penuh dengan energi tersimpan, seperti tangki air yang menampung hujan dari atas genting. Perlu diingat bahwa tidak mungkin untuk mengambil jumlah energi dari dalam baterai melebihi dari jumlah yang dimasukkan saat pengisian.

Ketika baterai diisi (*discharge*), energi listrik disimpan sebagai energi kimiawi dalam sel. Saat baterai digunakan (saat terhubung dengan beban), energi kimia yang tersimpan diambil dan dirubah menjadi energi listrik.

Beberapa jenis sel hanya dapat digunakan sekali, tanpa dapat diisi kembali. Baterai ini disebut baterai primer. Sementara jenis lainnya adalah jenis yang dapat dipakai dan diisi berulang kali. Baterai ini disebut sebagai baterai sekunder.

Dua jenis baterai sekunder yang paling banyak adalah timah hitam (*lead-acid*) dan *nikel cadmium*. *Nikel Cadmium* dan Timah Hitam mengandung bahan elektroda maupun elektrolit yang berbeda. Sesuai dengan namanya, baterai *lead acid* beroperasi berdasarkan reaksi kimia antara sebuah elektroda positif timah dioksida (PbC^{\wedge}), sebuah elektrodanegatif timah (Pb) dan elektrolit campuran larutan asam (H_2SO_4) dengan air (H_2O).

Saat baterai diisi, PbO_2 terakumulasi di pelat, Pb terakumulasi di pelat negatif dan jumlah asam H_2SO_4 dalam larutan elektrolit meningkat. Saat baterai digunakan, lead sulphat ($PbSO_4$) terakumulasi pada pelat negatif dan jumlah air (H_2O) pada elektrolit bertambah.

Rumus Perhitungan kebutuhan Baterai

Kebutuhan Baterai adalah kemampuan baterai dalam menyimpan muatan listrik. dalam ampere-jam (Ah). Perlu diperhitungkan kondisi tanpa Matahari selama 4 hari. Untuk menghitung kebutuhan baterai digunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Baterai(Ah)} &= \\ &= \frac{\text{Kebutuhan Energi} - (24\% \times \text{Kebutuhan Energi})}{\text{Tegangan Baterai} \times \text{Efisiensi Charging} (0.8) \times D. O. D (0.8)} \end{aligned}$$

• **Baterai Charge Regulator (BCR)**

BCR didesain dengan menggunakan komponen elektrik. Bagian penting sistem fotovoltaiik yang merupakan suatu panel control

yang didalamnya terdapat pusat pengkabelan sistem. BCR biasanya dilengkapi dengan hardware untuk management energi, inverter dan beberapa fungsi lain seperti proteksi sistem, indicator dan pencatatan data sistem.

Pada sistem PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) berskala besar, regulator baterai (Battery Charging Regulator) merupakan suatu Kontrol Panel yang didalamnya terdapat pusat pengkabelan (wiring) system. Battery Charging Regulator kemungkinan dilengkapi dengan 'hardware' untuk manajemen energi, inverter dan beberapa fungsi lain seperti proteksi sistem, indikator dan kadang- kadang pencatatan data (recording) sistem.

Bentuk PLTS berskala kecil, BCR dapat berbentuk suatu kotak, yang tentunya tetap mempunyai fungsi yang sama yang diperlukan pada sistem tersebut.

Secara umum, regulator baterai berfungsi sebagai berikut:

- Mengatur transfer energi dari modulsurya → baterai → beban, secara efisien dan semaksimal mungkin.
- Mencegah baterai dari :
 - i) Overcharge : pemutusan pengisian (charging) baterai pada teganganbatas atas, untuk menghindari yang dapat menyebabkan penguapan air baterai dan korosipada grid baterai.
 - ii) Overdischarge : pemutusan pengosongan (discharging) baterai pada tegangan batas bawah, untuk menghindari pembebanan berlebih yang dapat menyebabkan sulfasi baterai.
- Membatasi daerah tegangan kerjabaterai
- Menjaga memperpanjang umur baterai
- Mencegah beban berlebih dan hubung singkat
- Melindungi dari kesalahan polaritas terbalik. [4]

• **Kabel Penghantar**

Kabel merupakan salah satu sarana dalam instalasi listrik karena kabel menghantarkan arus ke beban terpasang. Oleh karena itu, perlu diketahuisecara pasti berapa besar beban yang terpasang agar kapasitas kabel memadai. Setiap penghantar harus mempunyai KHA seperti yang ditentukan dalam persyaratan umum penghantar dan tidak kurang dari arus yang

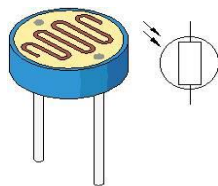
mengalir didalamnya. Semua penghantar yang digunakan harus dibuat dari bahan yang memenuhi syarat, sesuai dengan tujuan penggunaannya, serta telah diperiksa, dan diuji menurut standar hantaran yang dikeluarkan atau diakui oleh instalasi yang berwenang.

Pemilihan kabel mempertimbangkan beberapa hal:

1. Electrical, meliputi ukuran konduktor, type dan tebal isolasi
2. Bahan yang tepat untuk desain tegangan menengah dan rendah, perlu diperhatikan kekuatan listrik, isolasi, konstanta dielektrik dan factor daya.
3. Suhu, menyesuaikan dengan suhu lingkungan dan kondisi kelebihan beban, pengembangan dan tahanan thermal
4. Mechanical, meliputi kekerasan dan fleksibilitas serta mempertimbangkan terhadap kehancuran, abrasi dan kelembaban.
5. Kimiawi, stabilitas dari bahan terhadap bahan kimia, cahaya matahari

• **Sensor Cahaya LDR**

Sensor Cahaya adalah salah satu jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansinya tergantung cahaya yang diterima. Nilai hambatan pada Sensor Cahaya jenis LDR (Light Dependent Resistor) ini tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima LDR LDR disebut sensor yang berupa resistor yang peka cahaya. LDR umumnya terbuat dari cadmium sulfida yaitu merupakan bahan semikonduktor yang resistansinya berubah-ubah menurut banyaknya cahaya (sinar) yang diterima. Resistansi LDR di tempat gelap mencapai sekitar 10 M Ω , dan ditempat terang resistansi LDR turun menjadi sekitar 150 Ω . Seperti halnya resistor konvensional, pemasangan LDR dalam suatu rangkaian sama persis seperti pemasangan resistor biasa. Simbol LDR dapat dilihat seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 3. Simbol Dan Fisik Sensor Cahaya LDR (Light Dependent Resistor)

• **Modas**

Modas adalah nama alat pencatat unjuk kerja sistem yang digunakan dalam pengujian PLTS PJU yang mampu membaca serta mencatat semua aliran sub sistem yang mengalir antara lain listrik dari Modul Surya (PV) ke BCR lalu baterai (charging) dan terakhir ke beban.

Fasilitas modas sendiri mampu mengukur 48 titik pengukuran, yang keseluruhan dapat diatur secara otomatis dengan menggunakan *Software*.

Sedangkan untuk mentransfer data modas menggunakan komputer yang masih memakai *OS DOS*, dengan nama panggil sistem DOS ialah *c:\: modas start*. Pada Modas PLTS PJU ini telah diprogram untuk mencatat tentang : Global Irradiance (radiasi matahari), tegangan (PV), baterai, load), kemudian arus (PV, Baterai, Load), daya (PV), baterai, load), serta panel relay untuk saklar otomatis. Setiap beberapa hari sekali harus dilakukan transfer data modas ke komputer. Ini dimungkinkan agar memori dalam program modas tidak terlalu penuh, sehingga dapat mengganggu kinerja dari modas. [2]

3. Analisis dan Pembahasan

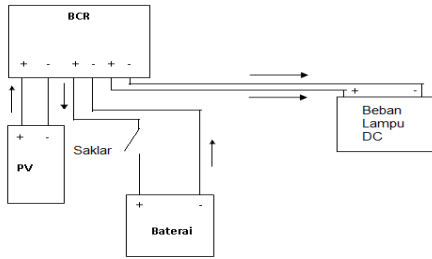
3.1. Sistem Tenaga Surya

Sistem tenaga surya yang umum dipakai untuk penerangan adalah sistem individu. Sistem ini mempunyai tegangan 12 Volt DC.

PJU termasuk salah satu dari aplikasi sistem PLTS untuk penerangan jalan umum dalam skala kecil secara individual atau desentralisasi yang terdiri dari komponen – komponen utama yaitu :

1. Modul Solar Sel merupakan sumber energi listrik dari masukan sejumlah energi matahari.
 2. Accu/baterai merupakan komponen penyimpanan energi matahari.
 3. Pengontrol energi baterai (*baterai charge regulator/BCR*) sebagai alat kontrol pengatur otomatis.
 4. Beban listrik DC, seperti lampu LED
- Komponen lain pendukung PJU diantaranya terdiri dari kabel, saklar, dan kontak penyangga atau pengaman baterai.

3.2. Skema PLTS PJU



Gambar 4. Skema PLTS PJU

Pada gambar 4 diperlihatkan mengenai skema sederhana sebuah sistem penerangan jalan umum dengan tenaga surya.

Tegangan rendah arus searah (DC) didapat dari modul fotovoltaik ketika siang hari kemudian masuk ke BCR. BCR berfungsi sebagai pengatur arus ketika baterai sudah penuh maka BCR akan memutus arus ke bater dari fotovoltaik. Dari baterai arus akan langsung menuju beban.

BCR mempunyai peran yang sangat pentir disini karena sebagai alat kontrol yang dap mengatur pengisian pada saat baterai kosong maupun penuh. Ketika baterai kosong mal fungsi kontrol dapat memutus aliran listrik da baterai ke beban, begitupun pada saat bater penuh fungsi BCR sebagai pemutus alir listrik pada saat pengisian modul.

Tegangan kerja dari catu daya PLT PJU energi listriknya dimanfaatkan pada mala hari untuk lampu DC.

3.3.Data Hasil Pengukuran

- PV = PV (polycrystal) 12 V – 160 Wp
- Beban Lampu = 40 W
- Baterai (INCOE) = 12 V - 200 Ah
- BCR (Bell) = 12 V- 10 A
- Alat Ukur = Avometer Digital dan modas

Tabel 1. Hasil Pengukuran Radiasi Matahari

No	Jam operasi	PV		Radiasi sinar matahari (Watt/m ²)	Baterai		Beban lampu		Cuaca
		V (Volt)	I (Ampere)		V (Volt)	I (Ampere)	V (Volt)	I (Ampere)	
1	9:18	17.74	1.35	643.154	121.638	0.54504	0	0	Cerah
2	10:07	17.72	1.64	770.571	121.811	0.51322	0	0	Cerah
3	11:07	17.21	0.73	270.469	121.039	0.724084	0	0	Cerah
4	12:07	16.87	0.64	279.036	121.271	0.761561	0	0	Cerah
5	13:07	17.57	1.18	759.676	12.221	0.59454	0	0	Cerah
6	14:07	17.99	1.14	716.427	122.572	0.39867	0	0	Cerah
7	15:07	17.62	1.24	491.618	122.588	0.08825	0	0	Cerah
8	18:01	0.45	0	0.17	118.036	2.27	13.103	1.12	Malam
9	19:01	0.06	0	0.08	118.632	1.77	12.626	2.66	Malam
10	20:01	0.07	0	0.17	118.285	1.76	12.626	2.65	Malam
11	21:01	0.04	0	0.08	118.066	1.76	12.453	2.65	Malam
12	22:00	0.03	0	0.58	11.788	1.74	12.341	2.64	Malam
13	23:00	0.03	0	0.42	117.598	1.74	11.890	2.64	Malam
14	0:00	0.03	0	0.25	117.135	1.73	11.82	2.73	Malam

3.3. Spesifikasi perangkat yang digunakan
Spesifikasi Modul Surva

Model	SFM 160
Power	160 W
Peak Voltage	34.56 V
Peak Current	3.77 A
Open Circuit Voltage	42 V
Short Circuit Current	3.92 A
Compaint Size	1076 X 806 X 35 mm
Weight	8 KG
Solar Cell Efficiency	17.50 %
Solar Cells	125*83.3
Number of Cells	72 PCS

Spesif

Battery name	12V 30Ah(3S8P)	
Outline L *W *H mm	195*150*100	
Outcasing	Plastic	
Nominal Voltage V	11.1	
Nominal Capacity Ah	50	
Input power of solar panel	=170 W	
Exput power of load	=40W	
End of Discharge Voltage V		
End of Charge Voltage V	12.6	
Standard Charging Current A	9	
Max Charging Current A	10	
Standard Discharging Current A	2.8	
Max Discharging Current A	5,6(70W/12.6V)	
Control Mode	Series Control	
Charging Mode	Series charging	
Weight Kg	4,5	
Suit for lamp	W LED Lamp 40 W LED Lamp	
Operating temperature °C	Charging	0-45
	Discharging	-20-45
Storage Temperature	0-35 °C, 10-85%, 50% 2 Storage capacity should be 40%-50% full charge capacity; charging and discharging interval 2 month	
Cycle Life	1000 (=60%, 100%DOD)	

Spesifkasi BCR

System voltage	24 V
Total rated charging current	10 A
Total rated load current	30 mA- 1.5 A
Rated load vottage range	50 V
Output power	60 W / 24 V
Load loss	5 mA / 24 V
Overpressure protection	34 V
Operating Temperature	-35 °C – 70 °C
Direct charge voltage	29.4 V
Temperature Compensation	-4.5 mV / °C / 2 V
Over-discharge voltage	21 V
Over discharge return voltage	23 V
Control mode	Charge for the PWM pulse width modulation
Light control voltage	Light control on 4.5 V, 6 V light control off
Protection class	IP67
Weight	310

Spesifikasi Lampu LED

Product Type	LED Lamp-YJT-001
Power	40W
Flux	2700lm ± 10%
Light efficiency	90lm / w
Lamp beads Material	Dridgeflux chip
Color	5000-6500k
CRI	Ra> 65, light efficiency > 115lm / w
Light Material	High-pressure die-casting, high strength
Surface treatment	Spraying, anti-corrosion, anti-static
Fixings	A full set of stainless steel. No rust
Waterproof	IP65
Life	≈35000 hour

3.4. Analisa perhitungan KebutuhanBeban (Lampu)dalam sehari

Untuk menghitung kebutuhan beban digunakan dengan rumus di bawahini :

$$\text{Kebutuhan Energi (Wh)} = \text{daya (Watt)} \times \text{jumlah beban} \times \text{waktu}$$

Tabel 2. Kebutuhan beban lampu

No	JenisLampu	JumlahPertiang	Daya (Watt)	Waktu (Hour)	Watt Jam (Wh)
1	Lampu12VDC	1	40	12	480

P.5. P 3.5. Perhitungan Kebutuhan Modul Surya

Untuk mendapatkan seberapa besar kebutuhan jumlah modul fotovoltaik (panel surya), maka harus diketahui besar seluruh kebutuhan daya listrik sekaligus memperhitungkan hari otonomi yaitu hari tanpa pengisian dari sinar matahari berkisar 2-5 hari.untuk kondisi di Indonesia, meskipun durasi penyinaran Matahari adalah selama 12 jam per hari, tetapi efektifitas sinar foton yang didapatkan panel surya selama sehari adalah 3,5 – 5 jam.

Dengan rumus berikut ini dapat dihitungdaya modul sebagai berikut :

$$\text{Daya Modul (Wp)} = \frac{24 \% \times \text{Kebutuhan Energi (kwh)}}{\text{Energi Radiasi (4.5 kwh/m}^2) \times 1/\text{Radiasi (1kw/m}^2) \times \text{rugit}}$$

$$\text{Daya Modul} = \frac{24 \% \times 0.48 \text{ kWh}}{4.5 \text{ kWh /m}^2 \times 1 \text{ kW/ m}^2 \times 0.7}$$

$$= 0.0365 \text{ kwp} = 36.5 \text{ Wp} \text{ atau } 40 \text{ W}$$

Hari Otonomi = 4 hari

$$\text{Modul} = 4 \text{ hari} \times 40 \text{ Wp} = 160 \text{ Wp}$$

$$\text{Jumlah modul} = \frac{160 \text{ Wp}}{40 \text{ Wp}} = 4 \text{ buah modul}$$

3.6. Perhitungan Kebutuhan Baterai

Dengan rumus berikut ini dapat dihitung kapasitas baterai :

$$\text{Kapasitas Baterai(Ah)} = \frac{\text{Kebutuhan Energi} - (24\% \times \text{Kebutuhan Energi})}{\text{Tegangan Baterai} \times \text{Efisiensi Charging (0.8)} \times \text{D. O. D(0.8)}}$$

$$\text{Kapasitas Baterai} = \frac{480 \text{ Wh} - (24\% \times 480 \text{ Wh})}{12 \text{ volt} \times 0.8 \times 0.8}$$

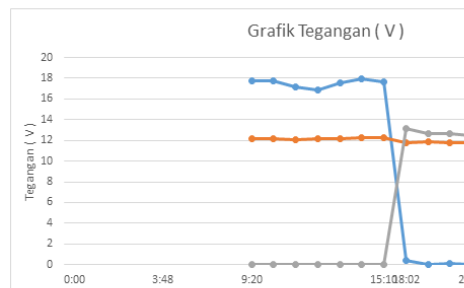
$$= 47.5 \text{ Ah} \text{ atau } 50 \text{ Ah}$$

$$\text{Hari Otonomi} = 4 \text{ hari}$$

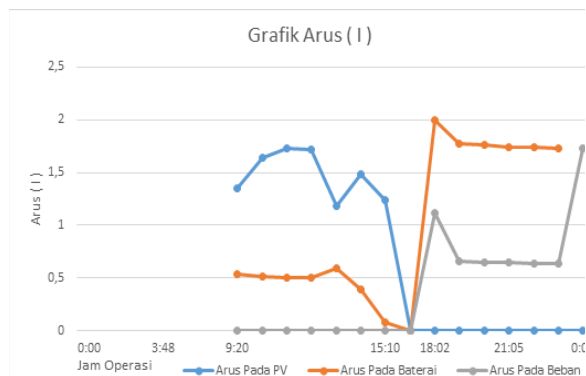
$$\text{Baterai} = 50 \text{ Ah} \times 4 \text{ hari} = 200 \text{ Ah}$$

$$\text{Jumlah Baterai} = 4 \text{ buah } 50 \text{ Ah} \text{ atau } 2 \text{ buah } 100 \text{ Ah}$$

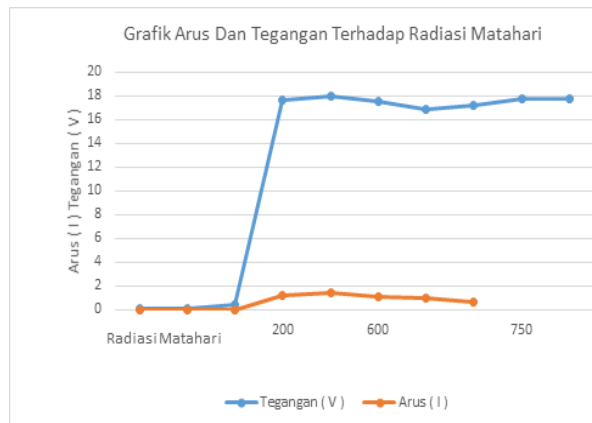
Pada Tabel 1 diperoleh grafik seperti Gambar 5, 6, dan 7



Gambar 5. Grafik tegangan terhadap jam operasi



Gambar 6. Grafik arus terhadap jam operasi



Gambar 7. Grafik pengaruh radiasi terhadap tegangan dan arus

3.7. Pembahasan

Berdasarkan data di atas ini dapat dilihat bahwa energi modul surya berbanding lurus dengan besarnya radiasi matahari. Artinya semakin besar radiasi matahari maka energi/daya output modul surya (PV) semakin besar, sedangkan ketika radiasi matahari semakin kecil maka energi/daya modul surya juga semakin kecil. Besarnya radiasi yang berubah-ubah disebabkan karena kondisi cuaca juga berubah-ubah.

Energi modul surya yang berubah-ubah mengakibatkan energi baterai juga berubah-ubah, dimana semakin besar energi yang dibangkitkan modul surya maka energi baterai juga semakin bertambah begitu juga sebaliknya. Hubungan tegangan baterai (V_b), arus beban (I_L), dengan radiasi matahari (W/m^2) yang terlihat dari data hasil pengukuran bahwa ketika radiasi semakin besar maka terjadi proses pengisian baterai (*charging*), hal ini dapat dilihat dari tegangan baterai yang semakin besar. Pada saat baterai telah mencapai tegangan 12 V atau telah mencapai batas atas pengisian baterai, maka proses pengisian baterai dari modul surya akan diputus oleh Baterai charge regulator sehingga tidak terpengaruh lagi oleh radiasi matahari.

Putusan ini bertujuan supaya baterai tidak terjadi overcharge. Pada saat terjadi pembebanan malam hari maka terjadi penurunan tegangan baterai. Hal ini menyebabkan terjadinya proses pemakaian baterai (*discharging*). Semakin lama pembebanan maka tegangan baterai akan semakin turun, dimana pembebanan lampu dilakukan selama 12 jam yang

mengakibatkan tegangan baterai turun menjadi 12 Volt.

Gambar 5 adalah grafik tegangan fotovoltaik, baterai, dan beban terhadap jam operasi. Dapat dilihat pada grafik bahwa tegangan pada fotovoltaik menaik dari pukul 09.00 dan terus menurun dari pukul 14.00 sampai jam 00 : 00. Hal ini menunjukkan bahwa fotovoltaik mendapat radiasi matahari mulai jam 09 sampai pukul 01 siang pada puncaknya dan menurun dari jam 02 siang hingga pukul 06 sore. Tegangan pada baterai stabil sekitar 12 volt namun pada jam 09 pagi tegangan hanya 10.16 volt karena baterai habis digunakan pada malam harinya dan baru akan di *charging* setelah ada matahari.

Gambar 6 adalah grafik arus fotovoltaik, baterai dan beban terhadap jam operasi. Dapat dilihat pada grafik bahwa arus pada fotovoltaik menaik dari pukul 09.00 sampai pukul 13.00 dan terus menurun dari pukul 14.00 sampai 18.00 sama seperti grafik tegangan. Hal ini terjadi karena pada prinsipnya arus dan tegangan didapat dari fotovoltaik yang mendapat radiasi matahari. Arus pada baterai dan beban menaik hingga 2 A pada jam 19. 00. Hal ini terjadi karena beban telah dinyalakan sehingga baterai menyuplai arus beban dan kemudian dihitung oleh modas.

Gambar 7 adalah grafik pengaruh radiasi terhadap tegangan dan arus. Dapat dilihat bahwa semakin besar radiasi matahari maka semakin besar juga tegangan dan arus yang didapat. Hal ini karena semakin besar radiasi matahari maka semakin besar pula radiasi surya (foton) yang diterima modul fotovoltaik.

Hasil penelitian mengenai kinerja lampu PJU Sistem Energi Surya Fotovoltaik yang dipengaruhi oleh kondisi cuaca yang berbeda-beda diantaranya:

- Saat cuaca gelap BCR ON/OFF yang menggunakan sistem otomatis dapat menyalakan lampu pada malam hari.
- Saat kondisi cerah energi yang dihasilkan diproses oleh modul dengan teknologi fotovoltaik dapat menghasilkan daya maksimum.

- c) Modul yang berfungsi sebagai penyedia energi untuk di transfer ke baterai, tidak berfungsi ketika energi surya yang diserap di bawah tegangan baterai pada saat malam hari / saat cuaca tidak cerah.

4. Kesimpulan

- a. Kebutuhan kapasitas modul surya dan baterai harus disesuaikan dengan kebutuhan beban.
- b. Fotovoltaik mendapat radiasi matahari tinggi antara pukul 10.00 – 14.00, karena semakin besar radiasi matahari maka semakin besar juga tegangan dan arus yang didapat.
- c. Dengan kebutuhan energi sebesar 480 Watt jam diperlukan daya modul sebesar 160 Wp dan baterai 200 Ah.

Daftar Pustaka

- [1] Adjat Sudrajat. Drs. 1996, *Materi Pelatihan PLTS UPT- LSDE BPPT*. Serpong : BPTT
- [2] Adjat Sudrajat. Drs. 2007, *Sistem-Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Jakarta : BPPT-Press Badan Standarisasi Nasional. 2000. *Peraturan Umum Instalasi Listrik*, SNI 04-0225-2000.
- [3] Balai Besar Teknologi Energi (B2TE)-Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).2010.*profile B2TE-BPPT*
- [4] Effendi Asnal, M., 2012 *Perencanaan Penerangan Jalan Umum Jalan Lingkar Utara Kota Solok*. Padang.
- [5] [ESDM] Energi dan Sumber Daya Mineral. 2010, *Peluang Pemanfaatan Energi Surya Fotovoltaik di Indonesia*.
- [6] Septiadi Deni. Dkk, 2009, *Proyeksi energi surya sebagai energi Terbarukan*. ISSN : 1411-3082.