

Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif

Rahmat Hasrul

Jalan Sambaliung No.9, Kec. Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Kalimantan Timur 75117

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

Email : rhasrul12@gmail.com

Abstrak

Energi surya merupakan salah satu energi terbarukan. Energi surya digunakan pada pembangkit listrik tenaga surya untuk menghasilkan listrik. Sel surya akan disusun sedemikian rupa sehingga membentuk panel surya. Pada panel surya inilah nanti energi surya di konversi menjadi energi listrik menggunakan prinsip yang biasa disebut efek *photovoltaic*. Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan simulasi kecil dari penelitian Energi Baru Terbarukan (EBT). Pada penelitian ini peneliti menggunakan Multimeter untuk menghitung arus dan tegangan pada panel surya. Pada penelitian ini, peneliti melakukan 2 cara pengukuran, yaitu tanpa beban dan dengan beban sebesar 1,2 Watt dan percobaan dilakukan selama 7 hari berturut-turut. Pengukuran arus dan tegangan dilakukan pada setiap pukul 11.00, 12.00, 13.00, 14.00, dan 14.00. Total rata-rata daya panel surya tanpa beban dan dengan beban adalah sebesar 0,0431 Watt dan 0,0474 Watt. Prototipe PLTS ini juga menghasilkan efisiensi sebesar 16,42%.

Kata kunci: EBT, PLTS, Panel Surya

Abstract

Solar energy is a renewable energy. Solar energy is used in solar power plants to generate electricity. The solar cells will be arranged in such a way that they form a solar panel. In this solar panel, solar energy will be converted into electrical energy using a principle known as the photovoltaic effect. The Solar Power Plant Prototype is a small simulation of New and Renewable Energy (EBT) research. In this study, researchers used a multimeter to calculate the current and voltage on the solar panel. In this study, researchers carried out 2 measurement methods, namely without a load and with a load of 1.2 Watt and the experiment was carried out for 7 consecutive days. Current and voltage measurements are carried out at 11.00, 12.00, 13.00, 14.00, and 14.00. The total average power of solar panels without load and with load is 0.0431 Watt and 0.0474 Watt. This PLTS prototype also produces an efficiency of 16.42%.

Keywords: EBT, PLTS, Solar Panel

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi makhluk hidup dalam kehidupan sehari-hari. Energi terbagi menjadi dua, yaitu Energi Baru Terbarukan dan Energi Tak Terbarukan. Energi Baru Terbarukan merupakan energi yang didapatkan dari sumber daya alam yang tidak terbatas dan tidak akan pernah habis meskipun digunakan secara terus-menerus. Sedangkan Energi Tak Terbarukan merupakan energi yang terbentuk dari fosil bumi berjuta-juta lamanya. Berbeda dengan

Energi Terbarukan, Energi Tak Terbarukan jumlahnya sangatlah terbatas dan akan habis apabila digunakan terus-menerus.

Di masa depan, energi baru terbarukan akan semakin memberikan peran yang sangat besar untuk memenuhi kebutuhan energi untuk makhluk hidup dalam kegiatan keseharian. Hal tersebut dikarenakan bahan bakar fosil yang merupakan energi tak terbarukan dimanfaatkan oleh pembangkit - pembangkit listrik konvensional dalam waktu yang lama dan menguras sumber energi-energi tak terbarukan sehingga cadangannya

semakin lama semakin sedikit [1]. Salah satu solusi untuk menghadapi hal tersebut ialah dengan menggunakan energi terbarukan, salah satunya adalah energi surya.

Energi surya tidak bisa lepas dari kehidupan makhluk hidup, baik itu manusia, hewan, maupun tumbuhan. Untuk manusia, energi surya biasa dimanfaatkan untuk menjemur makanan ataupun pakaian. Selain itu, energi surya menjadi faktor penting dalam proses fotosintesis tumbuhan yang akan menghasilkan oksigen, dimana oksigen tersebut sangat penting agar manusia maupun hewan dapat bertahan hidup.

Energi surya adalah energi yang sangat baik untuk dikembangkan di Indonesia ini. Hal tersebut dikarenakan Indonesia merupakan salah satu negara yang berada di garis khatulistiwa. Energi surya yang dapat digunakan untuk semua daratan Indonesia dengan luas 2 juta km² yaitu sebesar 4,8 kWh/m² dalam setiap satu hari, setara dengan 112.000 GWp yang didistribusikan [2]–[6]. Keunggulan-keunggulan energi surya apabila dibandingkan dengan energi fosil adalah sebagai berikut [2], [7]–[13] :

1. Energi surya mudah didapatkan karena berasal dari matahari itu sendiri.
2. Ramah lingkungan.
3. Sesuai dengan kondisi geografis yang bermacam-macam
4. Pemasangan, pengoperasian, serta perawatannya tidak sulit.
5. Energi listrik yang didapatkan dari energi surya bisa disimpan dalam baterai.

Pada penelitian kali ini, peneliti membuat sebuah prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menggunakan panel surya mini sebagai simulasi kecil dari PLTS yang sebenarnya. Penelitian ini dibuat untuk dapat mengetahui seberapa besar arus, tegangan, serta daya yang dihasilkan oleh Panel Surya tersebut dari waktu ke waktu.

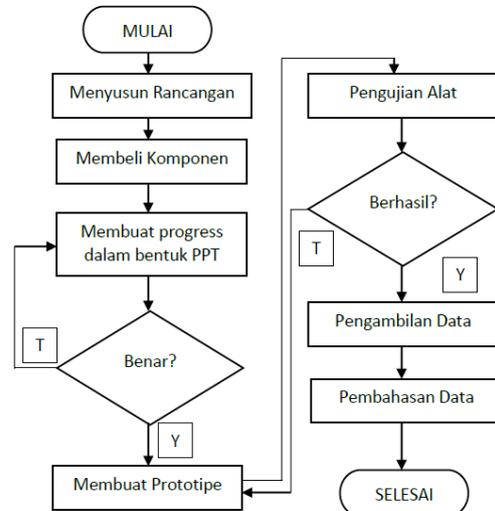
2. METODE PENELITIAN

Data yang ada didalam artikel ini didapatkan dari hasil penelitian Pengukuran Arus dan Tegangan pada Panel Surya menggunakan alat ukur Multimeter. Penulis juga menggunakan referensi yang diambil dari berbagai e-book, jurnal, artikel ilmiah

yang berhubungan dengan judul jurnal ini sebagai acuan.

Flowchart Alur Penelitian

Gambar 1 merupakan flowchart alur penelitian pada perancangan prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

Alat dan Bahan

Peralatan dan komponen yang dalam penelitian ini adalah sebagaimana terlihat pada Gambar 2-7. Sementara alat ukur yang digunakan seperti pada Gambar 8.



Gambar 2. Panel Surya 6 Volt

Panel surya mini seperti Gambar 2, merupakan sebuah panel surya dalam ukuran kecil yang memiliki fungsi yang sama seperti panel surya pada umumnya, yaitu menyerap energi untuk kemudian dikonversi menjadi energi listrik sehingga menghasilkan daya.

Spesifikasi komponen :

- Peak Power : 0,8 W
- Max. Power Voltage : 6 V

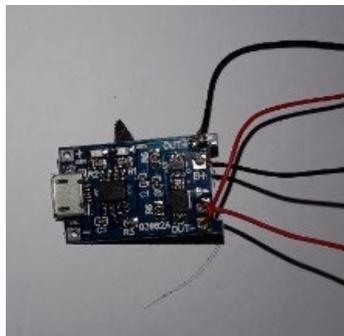
- Max. Power Current : 0.13 A
- Max. Power : $6 \times 0.13 = 0.78 \text{ W}$
- Open Circuit Voltage : 7,4 V
- Short Circuit Current : 0,15 A
- STC : AM1.5 1000W/m² 25°C
- Dimensi Panel : 9.5 cm x 5 cm = 47.5 cm²

Penyimpan energi berupa baterai yang digunakan seperti Gambar 3.



Gambar 3. Baterai Charger

Adapun spesifikasinya, Arus : 12.000 mAh, Tegangan : 3.7 V dan Kapasitas : 12 Ah x 3,7 V = 44.4 WH



Gambar 4. Modul Charger



Gambar 5. Modul Powerbank

Modul charger yang digunakan adalah seperti Gambar 4, dengan spesifikasi tegangan kerjanya 5 Volt. Sementara modul Powerbank adalah seperti Gambar 5, dengan tegangan 5 Volt. Sedangkan saklar (Switch) yang digunakan seperti Gambar 6, yang berfungsi untuk menyalakan dan mematikan alat yang dirancang dengan cara mengoperasikan tombol ON/OFF. Gambar 7

merupakan LED dengan tegangan 5 V dan daya 1,2 Watt.



Gambar 6. Switch



Gambar 7. LED 5 Volt

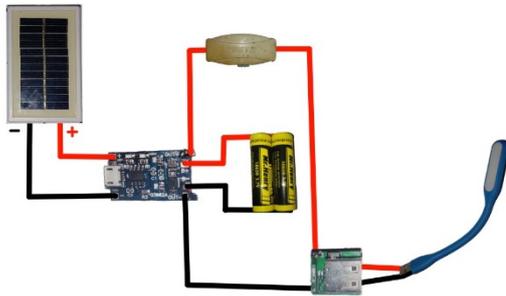


Gambar 8. Multimeter Digital

Multimeter Digital merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur besar arus dan tegangan baik AC maupun DC yang dimana pembacaan hasil pengukuran dalam bentuk numerik digital. Seperti fungsinya, pada penelitian ini, multimeter digital berfungsi untuk mengukur arus maupun tegangan yang dihasilkan oleh prototipe panel surya mini.

Rangkaian Skematik

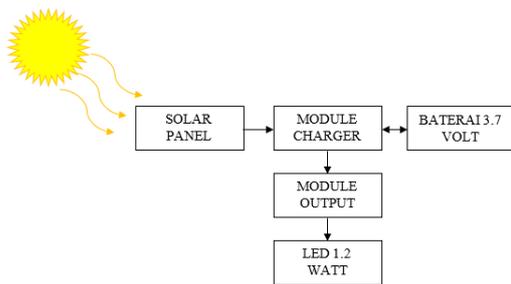
Rancangan Prototipe Pengukuran Arus dan Tegangan pada PLTS adalah seperti Gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian skematik

Blok Diagram Alat

Blok diagram alat pada perancangan prototipe PLTS adalah seperti Gambar 10. Sementara Gambar 11 merupakan tampilan prototipenya.



Gambar 10. Blok diagram alat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian

Dalam melakukan pengujian pengukuran arus dan tegangan pada prototipe PLTS, peneliti mengambil data selama 7 hari dan dengan kurun waktu 5 jam, yaitu pada pukul 11.00, 12.00, 13.00, 14.00, dan 15.00. Hal itu dilakukan untuk mengetahui perbedaan besar arus dan tegangan pada jam-jam tersebut. Selain itu, pengukuran arus dan tegangan juga dilakukan untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya tersebut.

Peneliti memilih melakukan percobaan dalam rentang waktu 11.00 sampai dengan 15.00 adalah dikarenakan pada kurun waktu tersebut intensitas cahaya matahari bernilai tinggi dan pada jam tersebut energi matahari dalam keadaan optimal.



Gambar 11. Hasil Rangkaian Prototipe

Peneliti mulai menjemur solar panel pada pukul 10.00 dan pengukuran tegangan dan arus pertama dilakukan pada pukul 11.00 dan seterusnya hingga pukul 15.00. Peneliti melakukan pengambilan data pada rentang waktu tersebut dikarenakan matahari menghasilkan energi yang optimal hanya 5 jam perharinya. Selain itu, pada kurun waktu tersebut intensitas , pada rentang waktu pukul 10.00 hingga pukul 15.00. Cahaya matahari juga bersinar terang dalam kurun waktu tersebut. Oleh karena itu, peneliti dapat mengetahui berapa potensi daya yang dapat dihasilkan oleh panel secara optimal.

Adapula 5 jam didapatkan dari efektivitas rata-rata waktu cahaya matahari bekerja di negara tropis seperti negara Indonesia ini. Dengan kapasitas panel sebesar 0,8 WP, jika beban yang digunakan yaitu LED dengan daya 1.2 watt, maka lampu LED tersebut dapat menyala tetapi tidak terang, melainkan nyala redup. Oleh karena itu, digunakan baterai dengan kapasitas 44,4 Watt yang dapat menghidupkan LED tersebut dengan terang.

Pengukuran Tanpa Beban

Tabel 1-4 merupakan hasil pengukuran tanpa beban guna memperoleh nilai tegangan dan arus yang dihasilkan panel jika tanpa beban.

Tabel 1. Pengukuran tanpa beban hari ke-1 dan 2 Pengukuran Tegangan dan Arus

Jam ke	Hari ke-1		Hari ke-2	
	Teg (V)	Arus (A)	Teg (V)	Arus (A)
11.00	4,23	0,02	4,22	0,02
12.00	4,27	0,01	4,25	0,02

13.00	4,40	0,02	4,23	0,01
14.00	4,35	0,01	4,20	0,01
15.00	4,47	0,01	4,34	0,02

Tabel 2. Pengukuran tanpa beban hari ke-3 dan 4
 Pengukuran Tegangan dan Arus

Jam ke	Hari ke-3		Hari ke-4	
	Teg (V)	Arus (A)	Teg (V)	Arus (A)
11.00	4,31	0,02	4,80	0,02
12.00	4,29	0,02	4,70	0,02
13.00	4,22	0,01	4,69	0,02
14.00	4,15	0,01	4,52	0,02
15.00	4,19	0,01	4,33	0,02

Tabel 3. Pengukuran tanpa beban hari ke-5 dan 6
 Pengukuran Tegangan dan Arus

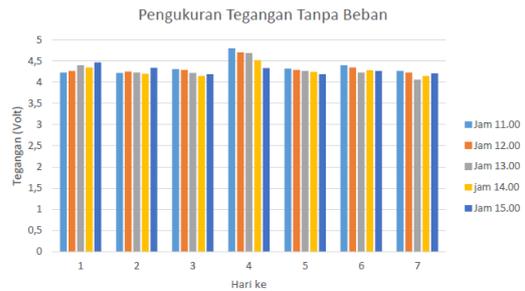
Jam ke	Hari ke-5		Hari ke-6	
	Teg (V)	Arus (A)	Teg (V)	Arus (A)
11.00	4,32	0,02	4,40	0,02
12.00	4,29	0,01	4,35	0,02
13.00	4,27	0,01	4,23	0,01
14.00	4,24	0,01	4,28	0,01
15.00	4,19	0,01	4,27	0,01

Tabel 4. Pengukuran tanpa beban hari ke-7
 Pengukuran Tegangan dan Arus

Jam ke	Hari ke-7	
	Teg (V)	Arus (A)
11.00	4,27	0,01
12.00	4,23	0,01
13.00	4,06	0,01
14.00	4,15	0,01
15.00	4,21	0,01

Dari tabel 1-4 terlihat perbedaan tegangan pada pukul 11.00 setiap harinya. Hal ini disebabkan karena intensitas cahaya matahari yang berbeda-beda tiap harinya. Bahkan tiap jam juga berbeda-beda, dapat dilihat pada Tabel 1 dihari pertama. Dari jam 11.00 hingga jam 15.00, tegangan panel turun naik, hal ini disebabkan intensitas cahaya matahari yang berbeda tiap waktunya. Sama halnya dengan arus. Arus juga mengalami turun dan naik dikarenakan intensitas dari cahaya matahari yang berubah-ubah.

Selanjutnya Gambar 12 dan 13 merupakan grafik tegangan dan arus panel jika tanpa beban selama 7 hari.



Gambar 12. Grafik tegangan tanpa beban



Gambar 13. Grafik arus tanpa beban

Sementara Tabel 5 merupakan hasil hitung rata-rata tegangan dan arus panel jika tanpa beban.

Tabel 5. Rata-rata tegangan dan arus pada pengukuran tanpa beban

Jam ke	Rata-rata Tegangan dan Arus	
	Teg (V)	Arus (A)
11.00	4,36	0,01
12.00	4,34	0,01
13.00	4,30	0,01
14.00	4,27	0,01
15.00	4,28	0,01
Jumlah Rata-rata	4,31	0,01

Dari perhitungan yang ada, maka didapatkanlah rata-rata tegangan dan arus panel jika diukur tanpa beban yaitu dengan rata-rata tegangan sebesar 4.31 Volt dan rata-rata arus sebesar 0,01 Ampere.

Pengukuran dengan Beban

Tabel 6-9 menunjukkan tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya saat berbeban. Beban yang digunakan yaitu LED dengan daya sebesar 1,2 Watt.

Tabel 6. Pengukuran beban hari ke-1 dan 2
 Pengukuran Tegangan dan Arus

Jam ke	Hari ke-1		Hari ke-2	
	Teg (V)	Arus (A)	Teg (V)	Arus (A)

11.00	4.76	0.02	4.70	0.01
12.00	4.83	0.01	4.74	0.02
13.00	4.91	0.01	4.80	0.01
14.00	4.48	0.01	4.79	0.02
15.00	4.41	0.02	4.82	0.02

Tabel 7. Pengukuran beban hari ke-3 dan 4
 Pengukuran Tegangan dan Arus

Jam ke	Hari ke-3		Hari ke-4	
	Teg (V)	Arus (A)	Teg (V)	Arus (A)
11.00	4.81	0.01	4.76	0.01
12.00	4.76	0.02	4.65	0.02
13.00	4.79	0.01	4.70	0.01
14.00	4.80	0.01	4.74	0.02
15.00	4.82	0.01	4.79	0.01

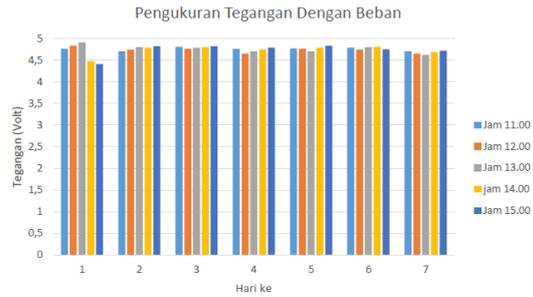
Tabel 8. Pengukuran beban hari ke-5 dan 6
 Pengukuran Tegangan dan Arus

Jam ke	Hari ke-5		Hari ke-6	
	Teg (V)	Arus (A)	Teg (V)	Arus (A)
11.00	4.77	0.01	4.79	0.01
12.00	4.76	0.02	4.74	0.01
13.00	4.70	0.01	4.80	0.01
14.00	4.79	0.02	4.81	0.01
15.00	4.83	0.02	4.75	0.02

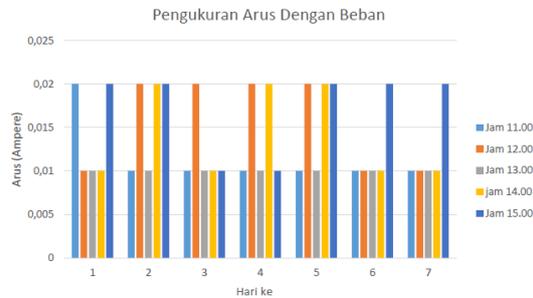
Tabel 9. Pengukuran dengan beban hari ke-7
 Pengukuran Tegangan dan Arus

Jam ke	Hari ke-7	
	Teg (V)	Arus (A)
11.00	4.70	0.01
12.00	4.65	0.01
13.00	4.62	0.01
14.00	4.69	0.01
15.00	4.72	0.02

Dari Tabel 6-9, sama halnya dengan tabel pengukuran tegangan dan arus jika tanpa beban, tegangan dan arus yang dihasilkan panel juga selalu berubah-ubah dikarenakan intensitas cahaya matahari yang selalu berubah-ubah. Selanjutnya grafik tegangan dan arus panel saat berbeban dapat dilihat seperti Gambar 14 dan 15. Sementara tabel hasil perhitungan rata-rata tegangan dan arus panel jika menggunakan beban adalah seperti Tabel 10.



Gambar 14. Grafik tegangan dengan beban

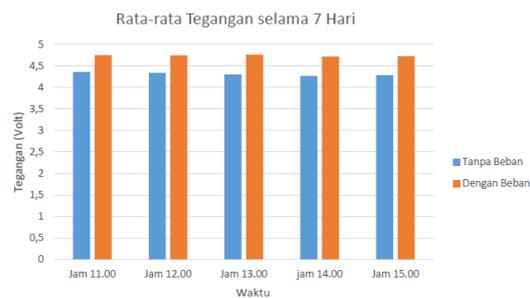


Gambar 15. Grafik arus dengan beban

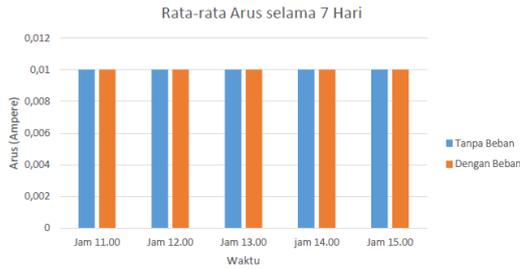
Tabel 10. Rata-rata tegangan dan arus pada pengukuran dengan beban

Jam ke	Rata-rata Tegangan dan Arus	
	Teg (V)	Arus(I)
11.00	4.75	0.01
12.00	4.74	0.01
13.00	4.76	0.01
14.00	4.72	0.01
15.00	4.73	0.01
Jumlah		
Rata-rata	4.74	0.01

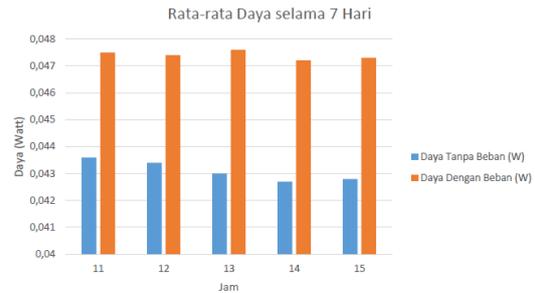
Sementara rata-rata tegangan dan arus yang dihasilkan panel, jika diukur dengan beban yaitu dengan rata-rata tegangan sebesar 4,74 Volt dan rata-rata arus sebesar 0,01 Ampere. Gambar 16 merupakan grafik rata-rata tegangan dan Gambar 17 Grafik rata-rata arus panel.



Gambar 16. Grafik rata-rata tegangan



Gambar 17. Grafik rata-rata arus



Gambar 18. Grafik rata-rata daya

Rata-rata tegangan dan arus yang dihasilkan diperoleh dengan menggunakan persamaan (1).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (\sum x) \quad (1)$$

Keterangan :

- \bar{x} = nilai rata-rata
- n = jumlah sampel
- $\sum x$ = jumlah data

Rata-rata daya yang dihasilkan panel pada kondisi tanpa beban dan saat berbeban menggunakan persamaan (2).

$$P = V \times I \quad (2)$$

Keterangan :

- P = Daya (watt)
- V = Tegangan (volt)
- I = Arus (ampere)

Tabel 11 merupakan daya yang dihasilkan panel selama 7 hari.

Tabel 11. Daya panel surya dengan beban dan tanpa beban

Jam ke	Daya	
	Tanpa Beban (W)	Dengan Beban (W)
11.00	0.0436	0.0475
12.00	0.0434	0.0474
13.00	0.043	0.0476
14.00	0.0427	0.0472
15.00	0.0428	0.0473
Jumlah Rata-rata	0.0431	0.0474

Jadi, rata-rata daya yang dihasilkan panel dalam sehari jika tanpa beban yaitu sebesar 0,0431 Watt. Sedangkan, rata-rata daya yang dihasilkan panel jika dengan beban yaitu sebesar 0,0474 Watt. Gambar 18 merupakan grafik daya yang dihasilkan panel.

Efisiensi Solar Panel

Pengujian dilakukan dari pukul 11.00 sampai pukul 15.00 selama 7 hari sehingga didapatkan rata-rata daya tanpa beban sebesar 0,0431 Watt dan rata-rata daya dengan beban sebesar 0,0474 Watt. Dengan standar efisiensi pada Panel surya [14]–[16]:

$$P_{in} = J \times A \quad (3)$$

$$= 1000 \text{ W/m}^2 \times 0.00475 \text{ m}^2$$

$$= 4.75 \text{ Watt}$$

Keterangan :

- J = Intensitas radiasi matahari (W/m^2)
- A = Luas panel (m^2)

Karena V_{max} , I_{max} , V_{oc} , dan I_{sc} didapatkan dari spesifikasi modul panel surya yang peneliti gunakan maka [14]–[16],

$$FF = \frac{V_{max} \cdot I_{max}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \quad (4)$$

$$= \frac{6 \cdot 0.13}{7.4 \cdot 0.15} = \frac{0.78}{1.11} = 0.702$$

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (5)$$

$$= 7.4 \times 0.15 \times 0.702 = 0.78 \text{ Watt}$$

Kemudian dilakukan perhitungan efisiensi Panel surya menggunakan persamaan sebagai berikut [17], [18]:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (6)$$

$$= \frac{0.78}{4.75} \times 100\% = 16.42\%$$

Sehingga didapatkan efisiensi Panel Surya sebesar 16.42%.

Penggunaan Baterai

Baterai yang digunakan memiliki kapasitas 44,4 WH sebanyak 2 buah dengan durasi pemakaian selama 12 jam yaitu dari jam 18.00 sampai 06.00. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung

daya yang dapat dihasilkan oleh baterai selama 12 jam [19], [20].

$$P = \frac{\text{Kapasitas Baterai (WH)}}{\text{Lama Pemakaian (Jam)}} \quad (7)$$

Keterangan :

P = Kebutuhan daya (Watt)

$$P = \frac{88,8 \text{ WH}}{12 \text{ jam}} = 7,4 \text{ Watt}$$

Jadi, daya yang dapat dihasilkan oleh baterai selama 12 jam yaitu sebesar 7.4 watt.

4. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

1. Rata-rata daya yang dihasilkan panel dalam sehari jika tanpa beban yaitu sebesar 0,0431 Watt. Sedangkan rata-rata daya panel jika dengan beban LED 1,2 Watt yaitu sebesar 0,0474 Watt.
2. Efisiensi panel yang digunakan pada proyek ini yaitu sebesar 16,42% yang di mana panel tersebut dapat dikatakan lumayan baik karena efisiensi pada umumnya adalah sekitar 12-19% akan tetapi masih jauh dari kata efisiensi yang ideal.
3. Dengan menggunakan 2 buah baterai yang diparalelkan dengan kapasitas total sebesar 88,8 WH, baterai tersebut dapat menghasilkan listrik dengan daya sebesar 7,4 Watt jika digunakan secara terus menerus selama 12 jam.

B. Saran

Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan sensor-sensor seperti sensor Arus dan sensor Tegangan berbasis mikrokontroler dengan tujuan untuk memonitoring arus dan tegangan yang dihasilkan panel, dengan begitu peneliti tidak perlu lagi mengukur arus dan tegangan secara manual tiap jamnya untuk dapat mengetahui potensi daya yang dapat dihasilkan oleh panel.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak-pihak bersangkutan yang telah bersedia ikut berkontribusi dalam menyelesaikan proyek Perancangan Perhitungan Arus dan Tegangan

pada Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini serta terima kasih kepada pihak-pihak yang mnejadi sumber rujukan penulis dalam proyek penelitian ini. Tidak lupa penulis ucapkan terima kasih pula kepada tim editorial Jurnal Sains, Energi, Teknologi dan Industri (SainETIn).

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. W. G. A. Anggara, I. N. S. Kumara, and I. A. D. Giriantri, "Studi Terhadap Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1,9 KW Di Universitas Udayana Bukit Jimbaran, Universitas Udayana," *Jurnal Spektrum*, vol. 1, no. 1, pp. 118–122, 2014.
- [2] R. Hariyati, M. N. Qosim, and A. W. Hasanah, "Konsep Fotovoltaik Terintegrasi On Grid dengan Gedung STT-PLN," *Energi dan Kelistrikan*, vol. 11, no. 1, pp. 17–26, 2019.
- [3] D. Rizkasari, W. Wilopo, and M. K. Ridwan, "Potensi Pemanfaatan Atap Gedung Untuk PLTS Di Kantor Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan Dan Energi Sumber Daya Mineral (PUP-ESDM) Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta," *Journal of Appropriate Technology for Community Services*, vol. 2507, no. 1, pp. 1–9, 2019.
- [4] "Matahari Untuk PLTS di Indonesia," 2460. [Online]. Available: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/matahari-untuk-plts-di-indonesia>. [Accessed: 28-Feb-2021].
- [5] N. R. Alham, F. H. Rumawan, R. M. Muslimin, and A. M. Utomo, "Aplikasi Photovoltaic Cell (PV) Terhadap Variasi Beban Elektrik sebagai Energi Alternatif," *JTE UNIBA*, vol. 5, no. 2, pp. 123–129, 2021.
- [6] H. Eteruddin, D. Setiawan, and A. Atmam, "Web Based Raspberry Monitoring System Solar Energy Power Plant," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 469, no. 1, 2020.
- [7] S. Sukmajati and M. Hafidz, "Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW On Grid Di Yogyakarta," *Energi & Kelistrikan*, vol. 7, no. 1, pp. 49–63,

- 2015.
- [8] Y. Z. Arief, S. S. A. Sa-Or, N. Mubarakah, M. H. I. Saad, and H. Eteruddin, "Model of Grid-Connected PV System in Sarawak, Malaysia Rural Area," in *2020 4rd International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)*, 2020, pp. 250–259.
- [9] D. Setiawan, H. Eteruddin, and L. Siswati, "Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Tanaman Hidroponik," *Jurnal Tek.*, vol. 14, no. 2, pp. 208–215, 2020.
- [10] H. Eteruddin, A. Atmam, and D. Setiawan, "The Impact of Solar Panel Temperature to Solar Home System (SHS) Output Voltage," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 469, no. 1, 2020.
- [11] H. Eteruddin, D. Setiawan, Atmam, and B. Nasution, "Solar home system with diversified roofing construction," *Universal Journal of Electrical and Electronic Engineering*, vol. 6, no. 5, pp. 351–358, 2019.
- [12] P. S. Ningsih, "Pengukuran Tegangan, Arus, Daya pada Prototype PLTS Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *SainETIn*, vol. 5, no. 1, pp. 8–16, 2020.
- [13] B. Maharmi, F. Ferdian, and F. Palaha, "Sistem Akuisisi Data Solar Cell Berbasis Mikrokontroler dan Labview," *SainETIn*, vol. 4, no. 1, pp. 19–24, 2019.
- [14] S. S, S. R. Norman, J. S. I, and S. K. A, *Solar Photovoltaic Power Systems: Principles, Design and Applications*. Chennai: Notion Press, 2017.
- [15] I. Dincer, *Comprehensive Energy Systems*. Elsevier Science, 2018.
- [16] C. S. Solanki, *Solar Photovoltaic Technology and Systems : A Manual for Technicians, Trainers and Engineers*. New Delhi: PHI Learning, 2013.
- [17] Y. Setyaningrum and Darminto, "Pengukuran Efisiensi Panel Surya Tipe Monokristalin dan Karakterisasi Struktur Material Penyusunnya," Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2017.
- [18] E. Purwandari, "Analisis Perhitungan Efisiensi Sel Surya Berbasis A-Si : H dalam Penentuan Temperatur Filamen Optimum Bahan," *Jurnal Ilmu Dasar*, vol. 14, no. 1, pp. 29–32, 2013.
- [19] P. Gunoto and S. Sofyan, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 Wp Untuk Penerangan Lampu di Ruang Selasar Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan," *Sigma Teknika*, vol. 3, no. 2, pp. 96–106, 2020.
- [20] I. Susanti, R. Rumiasih, C. RS, and A. Firmansyah, "Analisa Penentuan Kapasitas Baterai dan Pengisiannya Pada Mobil Listrik," *Elektra*, vol. 4, no. 2, pp. 29–37, 2019.