



Harapan Laia¹
 Yoffi Andinata²

ANALISIS KINERJA ALAT PENERANGAN BERBASIS TENAGA SURYA

Abstrak

Pembangkit listrik tenaga surya adalah energy sumber daya alam yang dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. pada saat ini lampu penerangan halaman rumah sangatlah minim. oleh sebab itu peneliti bertujuan ingin merancang alat penerangan halaman rumah dengan memanfaatkan energi matahari dengan menggunakan solar cell sebagai alat untuk mengoperasikan energy tersebut menjadi sumber energy listrik, dengan hal ini penerangan yang ingin dirancang dapat membantu agar lokasi terlihat terang dan jauh dari hal hal yang tidak diinginkan, metode penelitian dilakukan dengan menambahkan komponen pada baterai agar dapat distabilkan, dan lampu yang digunakan diletakkan ditiang setinggi 3 meter dari tanah dengan begitu cahaya yang dihasilkan dari lampu sebesar 20 lux.

Kata Kunci: PLTS, Panel Surya 50 WP, SCC, Baterai Aki

Abstract

Solar power generation is a natural energy resource that is used as a source of electrical energy. Currently, home yard lighting is very minimal. Therefore, the researcher aims to design a home yard lighting device that utilizes solar energy by using solar cells as a tool to operate the energy. This is a source of electrical energy, with this the lighting that you want to design can help make the location look bright and away from unwanted things. The research method is carried out by adding components to the battery so that it can be stabilized, and the lamp used is placed on a pole 3 meters high from the the ground so the light produced from the lamp is 20 lux.

Keywords: PLTS, 50 WP Solar Panel, SCC, Battery

PENDAHULUAN

Ketersediaan sumber energi matahari dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik, salah satu pemanfaatan energi matahari sebagai sumber penghasil energi listrik adalah dengan menerapkan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Sinar Matahari merupakan sebuah energi panas yang dihasilkan oleh radiasi matahari, dengan adanya panas matahari maka dapat dimanfaatkan untuk sebuah energi alternatif terbarukan dalam memenuhi kebutuhan energi listrik. Sinar Matahari nantinya akan dikonversikan melalui panel surya (photovoltaic) dan peralatan lainnya seperti charge controller, baterai, Inverter, dan peralatan pendukung lainnya dengan menggunakan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Ridwan et al., 2021). PLTS adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan fotovoltaiik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya (Julianto et al., 2022).

Sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan pembangkit listrik berbasis energi terbarukan yang mengubah energi elektromagnetik dari sinar matahari menjadi energi listrik dengan memanfaatkan teknologi panel surya untuk menghasilkan energi Listrik (Eko Nuryanto et al., 2023)

Penggunaan energi listrik di kehidupan sehari - hari dapat kita temukan dimana saja dengan mudah. Dari mulai peralatan rumah tangga, perkantoran, pabrik dan lain-lain. Seiring dengan bertambahnya populasi manusia tiap tahun membuat meningkatnya jumlah penggunaan peralatan yang menggunakan energi listrik. Diantaranya merupakan alat transportasi seperti sepeda motor dan mobil yang terus bertambah jumlahnya.

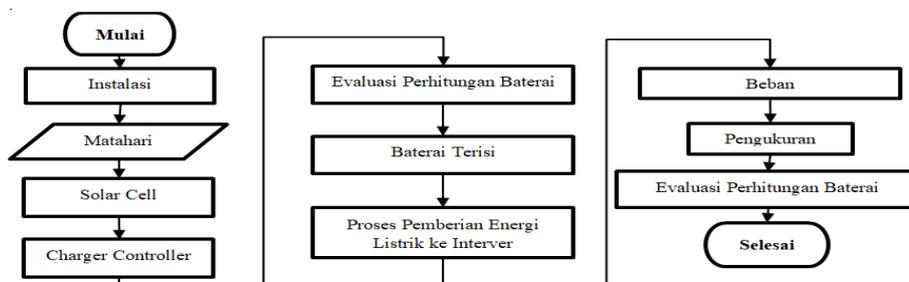
^{1,2}Progam Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi
 email: harapanlaia854@gmail.com¹, yoffi_english@yahoo.com²

Penerapan solar cell dapat digunakan dalam skala industri maupun skala kecil seperti Penerangan Halaman rumah, hal ini dapat digunakan sebagai sumber tenaga listrik cadangan jika terjadi gangguan dalam jaringan kelistrikan PLN. Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke battery dan diambil dari baterai ke beban. Baterai aki adalah sebuah penyimpan sumber energi listrik yang sangat dibutuhkan ada semua aspek (Asfan et al., 2021). Baterai aki atau dalam bahasa Inggris disebut *accu* berkaitan erat dibidang industri dan otomotif. Dilihat dari efisiennya baterai aki saat ini juga sangat mengalami perkembangan, namun dari hal tersebut tetap saja baterai aki jika lama tidak charging kembali maka muatan baterai dengan sendirinya akan mengalami penurunan Solar charge controller mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian-karena baterai sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya/solar cell. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai (Samsul Hidayat et al., 2024). Disamping fungsi tersebut, teknologi ini bukan berarti tidak memiliki kelemahan, *cost* instalasi yang cukup tinggi untuk membangun sistem solar cell serta faktor intensitas cahaya matahari yang sangat mempengaruhi kinerja dari sistem solar cell.

Dalam tulisan ini akan dibahas tentang Analisis Kinerja Alat Penerangan Berbasis Tenaga Surya dengan tujuan agar pemanfaatan energi matahari dapat menjadi solusi tepat untuk penghematan biaya listrik di Rumah tangga, khususnya untuk penerangan Halaman Rumah.

METODE

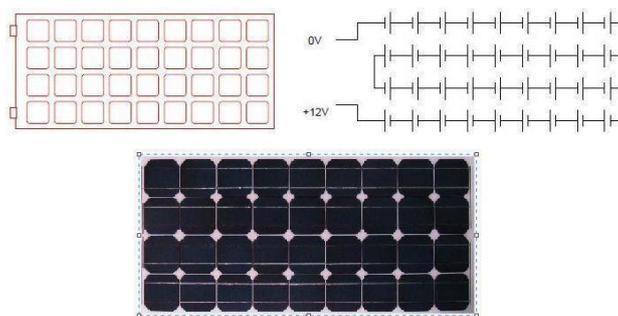
Penelitian menggunakan metode eksperimen dimana metode penelitian ini juga dimaksud untuk mencari kebenaran koherensi dari implementasi dan teori yang telah ada sebelumnya mengenai topik penelitian yaitu panel surya (Arifin, 2020). Panel surya adalah perangkat atau alat yang berguna untuk membantu manusia dalam memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber daya energi listrik. Energi yang dihasilkan sel surya bergantung pada panasnya sinar matahari yang menyinari permukaan sel surya. kemampuan menghasilkan energi juga sesuai pada ukuran tegangan yang dimiliki panel surya tersebut (Jaenul et al., 2022). Panel surya adalah suatu peralatan yang merupakan implementasi dari efek fotovoltaiik yang mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik (Pratama, 2021). Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Cara Kerja Panel Surya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sel surya adalah inti dari system fotovoltaiik mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Meskipun teknologi yang berbeda telah dikembangkan sebagian besar sel surya dibuat dari wafer silicon kristalin. Secara teori semua sel bekerja dengan cara yang sama, namun fitur bahan yang berbeda berbeda. Ketika sel surya terkena cahaya mereka menjadi aktif secara elektrik. Tegangan yang diberikan oleh setiap sel ditentukan oleh kualitas materialnya, dan biasanya pada urutan 12 volt. Tegangan ini secara luas tidak tergantung pada tingkat radiasi di atas ambang batas sekitar 10% matahari (Hidayat & Rizaldi, 2024).



Gambar 1. Modul Panel Surya

Panel surya dapat dianalogikan sebagai perangkat dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti halnya dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya menghasilkan tegangan DC sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus short-circuit dalam skala milliampere per cm². Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Inverter adalah salah satu sirkuit perangkat elektronik yang memiliki kemampuan untuk mengubah listrik DC (ke arah) ke listrik dengan aliran arus AC (bolak-balik), atau sebaliknya (Karim et al., 2024).

Beberapa karakteristik penting sel surya terdiri dari tegangan open circuit (V_{oc}), arus hubungan singkat (I_{sc}), efek perubahan intensitas cahaya matahari, efek perubahan temperatur serta karakteristik tegangan – arus ($V - I$ characteristic) pada sel surya

a. Tegangan Open Circuit (V_{oc}).

V_{oc} adalah tegangan yang dibaca pada saat arus tidak mengalir atau bisa disebut juga arus sama dengan nol. Cara untuk mencapai open circuit (V_{oc}) yaitu dengan menghubungkan kutub positif dan kutub negative modul surya dengan voltmeter, sehingga akan terlihat nilai dari tegangan open circuit sel surya pada voltmeter.

b. Arus Short Circuit (I_{sc})

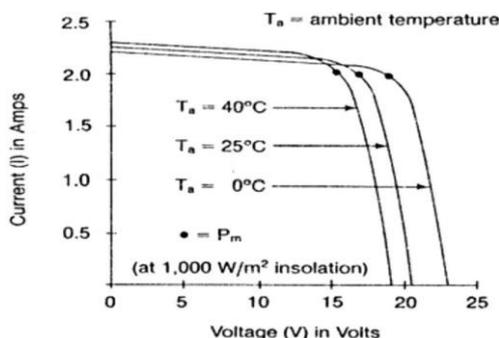
I_{sc} adalah arus maksimal yang dihasilkan oleh modul pada sel surya dengan cara menghubungkan kutub positif dengan kutub negatif pada modul surya. Dan nilai I_{sc} akan terbaca pada amperemeter. Arus yang dihasilkan modul surya dapat menentukan seberapa cepat modul tersebut mengisi sebuah baterai. Selain itu, arus dari modul surya juga menentukan daya maksimum dari alat yang digunakan.

c. Efek Perubahan Intensitas Cahaya Matahari

Apabila jumlah energi cahaya matahari yang diterima oleh sel surya berkurang atau intensitas cahayanya melemah seperti Gambar 2, maka besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan juga akan menurun. Penurunan tegangan relatif lebih kecil dibandingkan penurunan arus listriknya.

d. Efek Perubahan Suhu pada Sel Surya

Sel surya akan bekerja secara optimum pada suhu konstan yaitu 25oC. Jika suhu disekitar sel surya meningkat melebihi dari 25oC, maka akan mempengaruhi fill factor sehingga tegangan akan berkurang seperti Gambar 3.

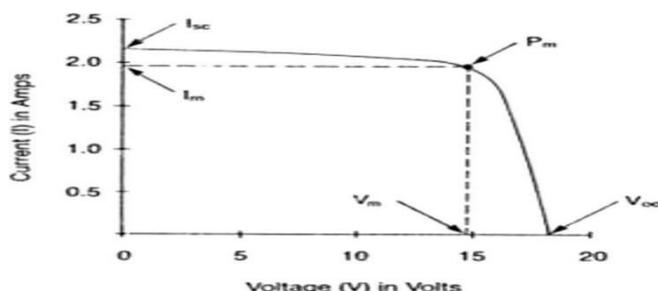


Gambar 3. Kurva Tegangan – Arus pada Sel Surya Terhadap Perubahan Suhu

Setiap kenaikan temperatur Sel Surya 1 derajat celsius (dari 25 derajat) akan berkurang sekitar 0.4 % pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah 2x lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10 derajat celsius. Selain itu, efisiensi sel surya juga akan menurun beberapa persen. Sedangkan sebaliknya, arus yang dihasilkan akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pada sel surya.

e. Karakteristik Tegangan – Arus pada Sel Surya

Penggunaan tegangan dari sel surya bergantung dari bahan semikonduktor yang digunakan. Jika menggunakan bahan dari silikon, maka tegangan yang dihasilkan setiap sel surya berkisar 0,5V. Modul surya merupakan gabungan beberapa sel surya yang dihubungkan secara seri dan paralel sehingga memiliki karakteristik seperti Gambar 4. Tegangan dihasilkan dari sel surya bergantung dari radiasi cahaya matahari. Untuk arus yang dihasilkan dari sel surya bergantung dari luminasi (kuat cahaya) matahari, seperti pada saat cuaca cerah atau mendung.



Gambar 4. Kurva Karakteristik V – I pada Sel Surya

Keterangan:

- Isc = Short-circuit current Vsc = open-circuit voltage
- Vm = Voltage maximum power Im = current maximum power
- Pm = Power maximum-output dari PV array (watt)

Sistem pembangkit listrik tenaga surya (solar cell) untuk beban peralatan listrik terdapat beberapa komponen diantaranya, (Liestyowati et al., 2022) :

1. Solar Module (Modul Photovoltaics)
2. Charge Controller (Regulator)
3. Baterai
4. Inverter

Berikut akan dijelaskan mengenai hasil pengukuran tegangan pada solar cell dan tegangan pada baterai saat dilakukannya pengisian baterai dari serangkaian uji coba. Dari proses pengukuran dan uji coba tersebut kemudian akan diperoleh data hasil pengukuran. Setelah diperoleh data pengukuran, selanjutnya akan dilakukan proses analisa terhadap data hasil pengukuran dan uji coba. Hasil analisa akan dibandingkan dengan teori yang telah dibahas pada Halaman sebelumnya.

Pengukuran tegangan pada keluaran dari panel surya dan Solar Charger Controller (SCC) dilakukan di Perkampungan Kodam tunggal jalan. Tri Ubaya Sakti no.k6 Medan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan multimeter digital. Percobaan ini dilakukan pukul 10:00 WIB sampai dengan pukul 16:00 WIB. Hasil pengukuran dan penghitungan daya dapat dilihat sebagai berikut : Penghitungan daya yang dihasil dari panel surya (solar cell) dengan menggunakan rumus :

$$P = V \times I$$

Ket:

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

Hasil dari penghitungan daya dan pengukuran menggunakan multimeter digital dapat dilihat table dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Pengukuran Hari Pertama

Waktu	Pengukuran Panel Surya			Pengukuran Baterai		Lux (Lux Meter)
	Multi (V)	Scv (V)	Arus (A)	Multi (V)	Scv (V)	
10:00	18.0	18.8	0,35	12.3	12.4	2060
11:00	18.9	19.1	0,46	13.2	13.4	2275
12:00	20.1	19.8	0.68	13.2	13.3	3253
13:00	20.0	19.9	0.68	12.8	13.1	3138
14:00	19.0	19.0	0.22	13.4	14.3	8116
15:00	19.4	18.9	0.30	13.3	13.6	1444
16:00	19.2	19.3	0.45	13.0	13.3	1176

Tabel 2. Hasil Perhitungan Daya Hari Pertama

Waktu	Pengukuran Panel Surya			Hasil Pengehitungan
	Multi (V)	Scv (V)	Arus (A)	Daya (W)
10:00	18.0	18.8	0,35	6.3
11:00	18.9	19.1	0,46	8.694
12:00	20.1	19.8	0.68	13.668
13:00	20.0	19.9	0.68	13.6
14:00	19.0	19.0	0.22	4.18
15:00	19.4	18.9	0.30	5.82
16:00	19.2	19.3	0.45	8.64

Pengukuran hari pertama dapat intensitas cahaya matahari paling besar berada pada level 8116 lux dengan tegangan panel surya berada pada besaran 19.0 volt dengan daya yang dihasilkan 4.18 watt, sementara titik terendah intensitas cahaya terjadi pada besaran 1176 lux dengan level tegangan pembacaan tegangan SCC sebesar 19.3 volt dan daya 8.685 watt yang dibaca pada pukul 15:00. Pengukuran dilakukan disaat cuaca cerah namun berawan Perbedaan level besaran nilai tegangan yang dihasilkan memiliki perbedaan pembacaan yang diukur dengan menggunakan multi-tester. Dengan daya tertinggi yang dihasil dari perhitungan nilai yang diambil dari pengukuran multi 13.668 watt.

Selanjutnya proses pengukuran dilanjutkan pada hari kedua dengan kondisi cuaca mendung di jam 09.00 sampai dengan 11.00 sebagian besar intensitas cahaya matahari memiliki level yang lebih rendah dibandingkan pengukuran yang dilakukan pada jam 12.00 sampai dengan jam 14.00.dengan cuaca cerah dan panas tetapi dijam 15.00 dan 16.00 cuaca mulai mendung kembali, dan Seluruh hasil pengukuran yang dilakukan pada hari kedua dapat dilihat pada Tabel 3 dan penghitungan daya dapat dilihat pada table 4 berikut.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Hari Kedua

Waktu	Pengukuran Panel Surya			Pengukuran Baterai		Lux (Lux Meter)
	Multi (V)	Scv (V)	Arus (A)	Multi (V)	Scv (V)	
10:00	20.0	19.7	0.98	12.8	12.6	6348
11:00	19.9	19.8	1.70	13.1	12.9	9656
12:00	19.9	19.8	1.03	13.0	13.1	361300
13:00	19.3	19.5	0.29	13.0	13.0	1252
14:00	19.0	18.9	0.46	13.1	13.0	1572
15:00	20.3	19.0	1.22	13.1	13.3	2030
16:00	19.9	19.7	0.86	13.1	13.4	1500

Tabel 4. Hasil Perhitungan Daya Hari Kedua

Waktu	Pengukuran Panel Surya			Pengukuran Baterai		Lux (Lux Meter)
	Multi (V)	Scv (V)	Arus (A)	Multi (V)	Scv (V)	
10:00	20.0	19.7	0.98	12.8	12.6	6348
11:00	19.9	19.8	1.70	13.1	12.9	9656
12:00	19.9	19.8	1.03	13.0	13.1	361300
13:00	19.3	19.5	0.29	13.0	13.0	1252
14:00	19.0	18.9	0.46	13.1	13.0	1572
15:00	20.3	19.0	1.22	13.1	13.3	2030
16:00	19.9	19.7	0.86	13.1	13.4	1500

Dari hasil pengukuran yang dilakukan pada hari kedua, dapat dilihat nilai intensitas cahaya matahari tertinggi berada pada level 4467 lux dengan tegangan yang dihasilkan mencapai level 19.7 volt, sementara supply tegangan ke baterai tercatat sebesar 13,4 volt yang diperoleh dari hasil pembacaan pada display SCC. Tegangan baterai pada pengukuran hari kedua cenderung rendah disebabkan intensitas cahaya matahari cukup rendah disebabkan cuaca yang berawan. Disamping itu, daya yang dihasilkan pada panel surya yang tertinggi dengan nilai 11.144 watt.

Pengukuran dilanjutkan pada hari ketiga, dengan kondisi cuaca yang cukup cerah dan fluktuasi intensitas cahaya yang cukup tinggi dari pada hari sebelumnya, dengan tegangan yang masih stabil yaitu dengan tegangan baterai rata-rata sebesar 13,1. Hasil pengukuran hari ketiga dapat dilihat table 5 dan penghitungan 6 berikut:

Tabel 5. Hasil Pengukuran Hari Ketiga

Waktu	Pengukuran Panel Surya			Hasil Penghitungan
	Multi (V)	Scv (V)	Arus (A)	Daya (W)
10:00	17.8	18.1	0.43	7.654
11:00	19.1	19.3	0.42	8.022
12:00	20.1	19.7	0.60	12.06
13:00	19.9	19.8	0.56	11.144
14:00	19.7	19.8	0.54	10.638
15:00	19.1	18.9	0.41	7.831
16:00	19.2	19.1	0.39	7.488

Tabel 6. Hasil Penghitungan Daya Hari Ketiga

Waktu	Pengukuran Panel Surya			Hasil Penghitungan
	Multi (V)	Scv (V)	Arus (A)	Daya (W)
10:00	20.0	19.7	0.98	19.6
11:00	19.9	19.8	1.70	33.83
12:00	19.9	19.8	1.03	20.497
13:00	19.3	19.5	0.29	5.742
14:00	19.0	18.9	0.46	8.74
15:00	20.3	19.0	1.22	24.766
16:00	19.9	19.7	0.86	17.114

Pengukuran hari ketiga diperoleh level intensitas cahaya tertinggi dengan 361300 lux dengan tegangan yang dihasilkan panel surya memiliki level tegangan sebesar 19.8 V dari hasil pembacaan tegangan yang ada pada display SCC. Tegangan supply ke baterai memiliki nilai yang hampir konstan yaitu dengan rata-rata hasil pengukuran terbaca pada level tegangan 13.1 volt. Persentasi hasil nilai daya dari panel surya 20.497 watt . Sementara level intensitas matahari terendah yang diukur mencapai level 1252 lux meter dengan tegangan SCC terukur

sebesar 19.5 volt dan nilai ukur multi-tester menyentuh level 19.8 volt dengan daya yang dihasilkan dari panel surya 5,655 watt.

Pengukuran dilanjutkan pada hari keempat, dengan kondisi cuaca yang hujan rintik dan gelap dengan fluktuasi intensitas cahaya yang cukup bervariasi, dengan tegangan yang masih stabil yaitu dengan tegangan baterai rata-rata sebesar 11,8. tetapi diposisi baterai tidak terisi sampai dengan 90% Hasil pengukuran hari keempat dapat dilihat pada Tabel 7 dan perhitungan 8 berikut :

Tabel 7. Hasil Pengukuran Hari Keempat

Waktu	Pengukuran Panel Surya			Pengukuran Baterai		Lux (Lux Meter)
	Multi (V)	Scv (V)	Arus (A)	Multi (V)	Scv (V)	
10:00	17.8	18.0	0.40	11.7	11.6	1857
11:00	17.9	18.0	0.41	11.8	11.6	1940
12:00	17.8	17.9	0.38	11.8	11.8	1987
13:00	17.8	17.8	0.36	11.9	11.8	1898
14:00	18.0	17.8	0.40	12.1	11.9	1889
15:00	19.2	19.1	0.39	12.2	12.2	1893
16:00	19.1	19.1	0.42	12.4	12.3	1503

Table 8. Hasil Penghitungan Daya Hari Keempat

Waktu	Pengukuran Panel Surya			Hasil Penghitungan
	Multi (V)	Scv (V)	Arus (A)	Daya (W)
10:00	17.8	18.0	0.40	7.12
11:00	17.9	18.0	0.41	7.339
12:00	17.8	17.9	0.38	6.764
13:00	17.8	17.8	0.36	6.408
14:00	18.0	17.8	0.40	7.2
15:00	19.2	19.1	0.39	7.488
16:00	19.1	19.1	0.42	8.02

SIMPULAN

Dari hasil analisis dan pengujian maka dapat diambil kesimpulan pertama, jumlah pemakaian daya beban harus disesuaikan dengan kapasitas energi listrik/daya yang dihasilkan oleh panel surya. Kedua, pengukuran pada baterai yang dihasilkan di display multi dan display SCC tidak jauh berbeda, walaupun dengan cuaca hari yang berbeda beda. Ketiga, pengujian baterai dengan cara mengechas baterai dan penggunaan baterai dengan jumlah baterai dan ukuran arus yang berbeda. Keempat, hasil penghitungan daya pada panel surya (solar cell) selama 3jam 50 menit, daya tertinggi terdapat pada penghitungan hari ke 3 dengan nilai 1.156.86 watt dan nilai penghitungan daya terendah pada hari pertama dengan nilai 142.956 watt. Kelima, hasil penggunaan baterai disaat baterai mulai kosong lampu keadaan tidak langsung padam tetapi lampu keadaannya hidup dan mati berkali kali sebelum baterai benar benar kosong, tetapi disaat baterai ditambah komponen elco disaat baterai mulai haus beban langsung padam. Keenam, hasil intensitas cahaya lampu yang di dapat dari jarak tiang 3 meter dengan nilai 10 lux disetiap lampunya. Ketujuh, hasil pengujian baterai dengan cara menghubungkan baterai secara parallel lampu yang digunakan lebih tahan lama menyalnya, sedangkan disaat baterai dihubungkan secara seri lampu putus atau rusak.

Untuk pengembangan selanjutnya penulis menyarankan hal-hal berikut, pertama untuk panel surya dse baiknya menggunakan solar cell 50 WP/2pcs agar daya yang dibutuhkan mencukupi, untuk baterai yang dibutuhkan sebaiknya menggunakan baterai UPS 12V/7a 3pcs dikarenakan faktor cuaca dan pada baterai tidak boleh kosong sebelum terisi kembali, disebabkan dapat merusak baterai. Untuk memenuhi kebutuhan perancangan yang sesuai harus memiliki biaya yang sangat banyak untuk lampu agar mendapat cahaya yang lebih terang sebaiknya menggunakan lampu yang lebih besar daya dan tegangannya misalnya 30watt/24volt.

DAFTAR PUSTAKA

- Asfan, M. J., Arsana, M., & Pd, S. (2021). Rancang Bangun Baterai Charger Otomotif. (Vol. 06).
- Eko Nuryanto, L., Hardito, A., Triyani, E., Santosa, H. (2023). Karakteristik Panel Surya Kapasitas 200 Wp Pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya. (Vol. 19, Issue 2). <https://tenagamatahari.wordpress.c>
- Hidayat, W., & Rizaldi, R. (2024). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Pembasmi Serangga Pada Tanaman Bawang Merah Di Kecamatan Anggeraja Kabupaten Enrekang. 2(7), 45–68. <https://ejournal.warunayama.org/kohesi>
- Jaenul, A., Manfaluthy, M., Pramodja, Y., & Anjara, F. (2022). Pembuatan Sumber Listrik Cadangan Menggunakan Panel Surya Berbasis Internte of Things (IoT) dengan Beban Lampu dan Peralatan Listrik. *Formosa Journal of Science and Technology (FJST)*, 1(3), 143–156. <https://journal.formosapublisher.org/index.php/fjst>
- Julianto, E., Yunus Nasution, A., Sasmeidy, R., Sarwono, E., & Irawan, D. (2022). Pembangkit listrik Tenaga Surya Tipe Monocrystalline Dengan Memanfaatkan Atap Gedung Sebagai Media Pemantul Panas Matahari. 10(1). <https://talenta.usu.ac.id/dinamis>
- Karim, S., Musrawati, M., & Haslinah, A. (2024). Solar Tracker Berbasis Mikrokontroler Arduino-Uno Dengan Auto Switch PLN Dan PLTS Berbasis ATS/AMF. *Jurnal Minfo Polgan*, 13(1), 73–81. <https://doi.org/10.33395/jmp.v13i1.13475>
- Liestyowati, D., Rachman, I., Firmansyah, E., & Mujiburrohman. (2022). Rancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berkapasitas 100 WP dengan Inverter 1000 Watt. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(5), 623–634. <https://doi.org/10.55123/insologi.v1i5.1027>
- Pratama, D. (2021). MSI Transaction on Education Sistem Monitoring Panel Surya Secara Realtime Berbasis Arduino Uno.
- Ridwan, Ramadhan Wahyu, Kurniawan Ade, Lestari Widya, & Setiawan David. (2021). Pemanfaatan Sinar Matahari Sebagai Energi Alternatif Untuk Kebutuhan Energi Listrik.
- Samsul Hidayat, M., Tharo, Z., Darma Tarigan, A., Sains, F., & Teknologi, D. (2024). Performance Analysis Of 20 Wp Plts In Automatic Plant Spraying. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, 7(2).
- Zaenal Arifin. (2020). Metodologi Penelitian Pendidikan. *Jurnal Al-Hikmah Way Kanan*, 1 (1), 1-5.