

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA OFF GRID UNTUK SUPPLY CHARGE STATION

Andre Setyawan^{*)} dan Agus Ulinuha

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani, Mendungan, Pabelan, Kec. Kartasura, Kab. Sukoharjo, Jawa Tengah 57169, Indonesia

^{*)}*E-mail: andrestyawan2@gmail.com*

Abstrak

Kebutuhan terhadap energi listrik saat ini semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kemajuan teknologi, namun tidak sebanding dengan pasokan energi listrik. Saat ini pembangkit yang potensial di Indonesia adalah pembangkit Listrik tenaga surya, karena letaknya berada di daerah tropis yang menerima sinar matahari yang cukup berkesinambungan. Selain itu, implementasinya tidak menghasilkan polusi udara yang bisa merusak alam serta cadangan energinya tidak terbatas. Pembangkit listrik tenaga surya ini bisa menjadi solusi untuk digunakan sebagai sumber pengisian energi sepeda listrik. Tujuan penelitian ini untuk membuat sebuah *charge station* sepeda listrik dengan menggunakan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-grid*. Sistem perencanaan PLTS *off grid* untuk *supply charge station* terdapat beberapa komponen, yaitu: Panel Surya (*Solar Cell*), *Solar Charge Controller* (SCC), *Battery*, dan Inverter Sepeda listrik yang digunakan merupakan telah dikembangkan sebelumnya dalam riset ini. *Solar Charge Station* digunakan sebagai tempat pengisian sepeda listrik. Sumber energi yang digunakan untuk mensupply *charge station* memanfaatkan energi dari panel surya. Sistem pembangkit listrik tenaga surya ini tidak terhubung ke jaringan listrik (*off grid*). Panel surya menangkap cahaya sinar matahari diwaktu siang hari dan disimpan pada baterai setelah melalui regulator. Energi yang disimpan digunakan untuk *charging* baterai sepeda listrik dan peralatan sistem penyewaan sepeda.

Kata kunci: Pembangkit Terbarukan, *Solar Charge Station*, Panel Surya, *Off Grid*

Abstract

The need for electrical energy is increasing along with technological advances, but is not proportional to the electrical energy supply. Therefore, solar power plant is a potential generator in Indonesia which receives sustainable sunlight. Its implementation does not produce air pollution that can damage nature. This solar power plant can be a solution for charging electric bicycles (Solar Charge Station). The purpose of this research is to make an electric bicycle charge station using an Off-grid Solar Power Generation (PLTS) system. The stages of the off grid solar power plant planning system for supply charge stations in which there are several components, namely: Solar Cell, Solar Charge Controller (SCC), Battery, and Inverter. The electric bicycle used is a system previously developed in this research. Solar Charge Station is used as a place to charge electric bicycles. The energy source used to supply the charge station utilizes energy from solar panels. This solar power generation system is not connected to the electricity grid (off grid). The solar panel captures sunlight during the day and is stored in the battery after passing through the regulator. The stored energy is used for charging electric bicycle batteries and bicycle rental system equipment.

Keywords: Renewable Generator, *Solar Charge Station*, Solar Panel, *Off Grid*

1. Pendahuluan

Seiring dengan berkembangnya teknologi saat ini penggunaan energi listrik juga semakin bertambah. Sumber daya alam saat ini semakin berkurang, apalagi penggunaan energi listrik dari bahan bakar fosil dalam jangka panjang hanya akan menguras sumber daya alam [1]. Hal ini akan menjadi masalah yang serius dalam menyediakan energi yang cukup untuk seluruh masyarakat yang ada. Salah satu upaya untuk mengatasinya adalah dengan menggunakan energi alternatif, yaitu panas

matahari atau panel surya yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik [2].

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sendiri merupakan suatu alat pengaplikasian pada penggunaan energi matahari sebagai energi listrik terbarukan, yaitu teknologi sel surya (fotovoltaik) yang dimanfaatkan sebagai penghasil energi listrik [3]. Instalasi ini ada 4 komponen penting yang terpasang agar PLTS bisa berfungsi secara optimal, komponen yang digunakan diantaranya: (a) Panel surya, berfungsi untuk mengubah cahaya sinar matahari menjadi energi listrik yang mana merupakan komponen

penting yang harus ada di dalam sebuah sistem PLTS.[4] (b) *Solar Charge Controller*, merupakan perangkat elektronik yang ditempatkan di antara susunan modul surya dan baterai. Alat ini berfungsi untuk mengatur daya pengisian pada baterai dari daya keluaran modul surya sehingga baterai tidak mengalami *over charge* [5]. (c) Baterai, adalah komponen yang berfungsi untuk menyimpan energi yang dihasilkan panel surya. Dalam proses pengisian baterai, istilah *Depth of Discharge* (DOD) merupakan penentuan dimana besar daya baterai yang bisa disalurkan ke beban melalui inverter. Daya dari baterai tidak dapat disalurkan semuanya sampai baterai dalam keadaan kosong kiranya sebesar 80% saja, yang mana akan mengurangi kualitas umur pakai baterai [6]. (d) Inverter merupakan alat yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak – balik (AC). Dalam perancangan panel surya dibutuhkan 4 komponen utama yaitu daya dan waktu beban selama menyala, daya inverter, daya panel surya dan daya baterai [7]. PLTS menghasilkan daya maksimal tergantung pada besarnya intensitas cahaya yang masuk setiap harinya, cuaca menjadi pengaruh gangguan utama yang dapat mengganggu penyerapan intensitas cahaya yang dapat diserap oleh panel surya untuk diolah menjadi energi listrik [8]. Berdasarkan instalasinya PLTS dibedakan menjadi 2 yaitu sistem *Off grid* dan *On grid connected*. PLTS *off grid* dikenal juga dengan sistem *stand alone* dan PLTS *On grid* adalah PLTS yang terhubung ke *grid utility* atau terhubung dengan jaringan PLN [9]. Spesifikasi dari sepeda listrik yang digunakan menggunakan motor BLDC 350 Watt dengan sumber tegangan baterai 36V 10Ah dan bisa menempuh jarak terjauh 54,88 km dengan kecepatan sepeda 7 km/jam.

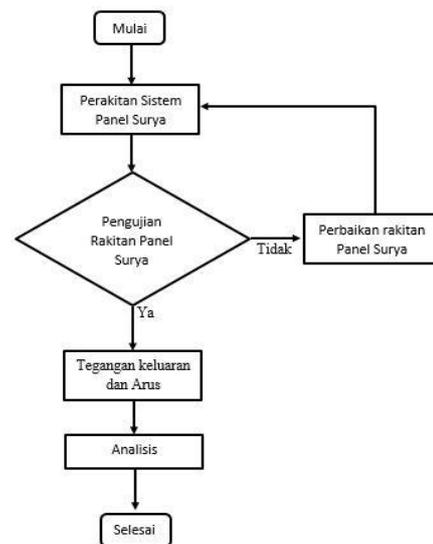
Pada penelitian ini, penulis bertujuan membuat sebuah *charge station* untuk sepeda listrik dengan menggunakan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-grid* yang ramah lingkungan. Energi yang diperlukan dapat dihasilkan langsung dari *charge station* sepeda listrik itu sendiri tanpa sumber listrik dari PLN. Perbedaan dengan sistem charging lain adalah di dalam *Charge Station* ini terdapat dudukan sepeda yang akan terkoneksi ke charging sepeda saat sepeda diletakkan di dudukannya.

2. Metode

2.1. Perancangan Sistem

Metode penelitian yang dipakai adalah rancang bangun, dengan langkah-langkah perancangan, pembuatan, dan pengujian lalu analisis. Perakitan awal dimulai dengan perakitan pada sistem sel surya kemudian dilakukan pengujian sistem dan jika diperlukan dilakukannya perbaikan sistem rangkaian dan diukur nilai tegangan keluaran dan arus yang terpakai kemudian berikutnya dilakukan analisis. Pengamatan dilakukan dalam keadaan berbagai kondisi cuaca yang berbeda-beda sehingga dapat diketahui apakah daya dan kemampuan sistem menjadi lebih baik untuk keakuratan data.

Adapun *flowchart* penelitian pada perakitan sistem pembangkit listrik tenaga surya *off grid* untuk *supply charge station* ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Penelitian



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Tahapan sistem perancangan pembangkit listrik tenaga surya *off grid* untuk *supply charge station* yang di dalamnya terdapat beberapa komponen yaitu: Panel Surya 120 Watt (*Solar Cell*), sebagai penghasil energi listrik, yang mana merupakan komponen penting dalam penelitian yang akan dilaksanakan ini. *Solar Charge Controller* 20A (SCC) sebagai pengatur penyimpanan dan pemakaian energi listrik ke baterai. *Battery* 12V 100Ah sebagai penyimpanan dan pensuplay energi listrik ke beban yang didapatkan dari panel surya. Inverter 200 Watt untuk mengkonversikan arus DC 12 volt menjadi tegangan AC 220 Volt dengan frekuensi 50 Hz [10]. Fuse DC digunakan untuk mengamankan komponen saat terjadi hubung singkat ataupun arus listrik yang berlebih. Peralatan Elektronik Charger Sepeda Listrik dan lain-lain (*Output*) dengan beban maksimal 200 watt untuk pengisian minimal energi yang diperlukan untuk mengisi penuh baterai sepeda listrik.

Sistem perancangan elektrik dari *Solar Charge Station* ini menggunakan panel surya yang mempertimbangkan aspek jumlah panel dan letak panel tersebut. Untuk jumlahnya menggunakan 2 buah panel 120 W yang dirangkai secara paralel untuk mendapatkan output arus yang lebih besar dan peletakan diletakkan dengan sudut kemiringan antara $10^\circ - 30^\circ$ [11-13] dan dihubungkan ke SCC jenis MPPT 20A menuju baterai, MPPT digunakan agar saat proses pengisian baterai nanti arus yang masuk bisa stabil dan tidak cepat merusak baterai. Kemudian dari baterai dihubungkan ke inverter untuk merubah arus DC menjadi AC agar bisa digunakan untuk keperluan mengecas baterai laptop maupun hp oleh pengguna. Dalam instalasi ini digunakan kabel NYF 2,5mm dan fuse yang berbeda sesuai dengan batas kemampuan dari alat tersebut agar tidak terjadi kelebihan beban atau pun konsleting yang menyebabkan alat rusak atau terbakar.

2.2. Perancangan desain rangka Atap

Perancangan atap menggunakan besi kotak 3 x 3 cm dan besi bulat berdiameter 4 cm dengan dimensinya berukuran p x l x t (2 x 2 x 2) meter. Untuk atapnya menggunakan polycarbonat. Gambar 3 menunjukkan perancangan rangka atap.



Gambar 3. Desain rangka atap

2.3. Perancangan desain dudukan panel surya

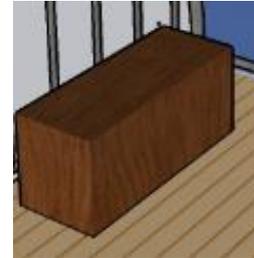
Perancangan dudukan panel surya menggunakan besi siku 3 x 3 cm dengan ukuran dimensinya p x l (2 x 0,67) meter dengan penahan kerangkanya sepanjang 30 cm. Dudukan panel surya ini bisa diatur tingkat kemiringannya antara sudut $10^\circ - 30^\circ$ dengan mengatur tinggi plat besi yang menopang dudukan. Berikut gambar 4 menunjukkan perancangan dudukan panel surya :



Gambar 4. Desain dudukan panel surya

2.4. Perancangan desain kursi

Perancangan kursi menggunakan bahan multiplek dengan ketebalan 12 mm dengan ukuran dimensi p x l x t (1 m x 30 cm x 45 cm). Di dalam kursi dibuat kosong untuk tempat instrumentasi panel surya dan baterai. Berikut gambar 5 menunjukkan perancangan kursi :



Gambar 5. desain kursi

2.5. Perancangan desain dudukan charger sepeda listrik

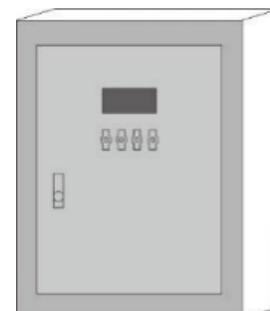
Perancangan dudukan charger sepeda listrik menggunakan socket female dan male yang terpasang saat sepeda di dudukan didudukannya. Berikut gambar 6 menunjukkan perancangan dudukan dan charger sepeda listrik :



Gambar 6. Desain dudukan charger sepeda listrik

2.6. Perancangan desain instrumen box panel surya

Perancangan box panel surya ini menggunakan bahan aluminium dengan dimensi boxnya berukuran p x l x t (40 x 30 x 15) cm. Berikut gambar 7 menunjukkan perancangan instrumen box panel surya:

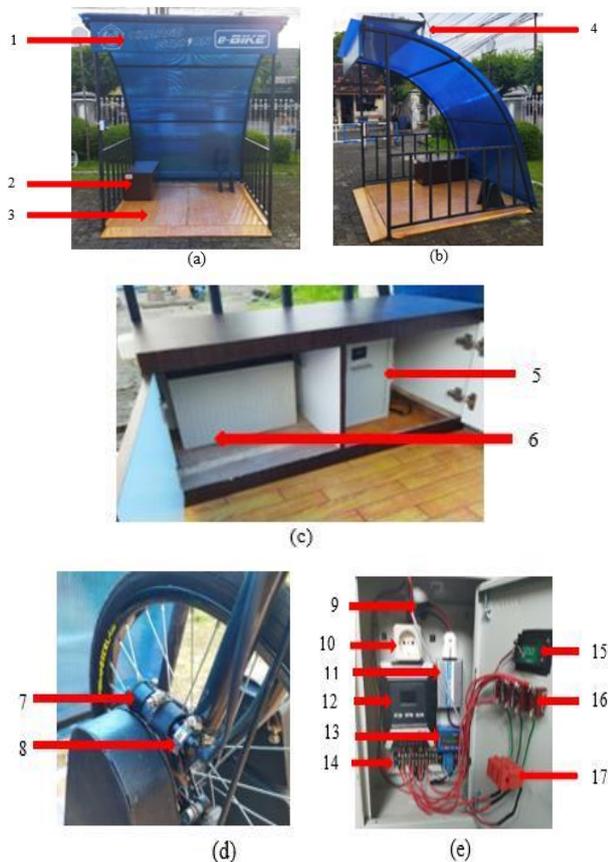


Gambar 7. Desain instrumen box panel surya

3. Hasil dan Analisis

3.1. Hasil Hardware

Hasil *hardware* alat ditunjukkan pada gambar 8. Nomor 1 menunjukkan papan nama. Nomor 2 adalah kursi. Nomor 3 adalah lantai rangka atap. Nomor 4 adalah dudukan panel surya. Nomor 5 adalah box panel/instrumen. Nomor 6 adalah baterai. Nomor 7 adalah *socket female*. Nomor 8 adalah socket male. Nomor 9 adalah fuse AC 0,75A. Nomor 10 adalah stop kontak. Nomor 11 adalah inverter 200 watt. Nomor 12 adalah *solar charging controller* (SCC) 20A. Nomor 13 adalah watt meter DC. Nomor 14 adalah terminal blok 12 slot. Nomor 15 adalah baterai meter 12V. Nomor 16 adalah *switch* togel 2 kaki. Nomor 17 adalah fuse DC. Serta pengkabelan pada sistem ini menggunakan kabel NYF 2,5 mm.



Gambar 8. (a) Rangka atap tampak depan. (b) Rangka atap tampak samping. (c) Kursi/tempat penyimpanan. (d) Tempat charging baterai sepeda listrik. (e) instrumen panel surya

3.2. Pengujian dan Pembahasan

3.2.1. Pengujian Sistem Panel Surya

Dilakukannya pengujian pada sistem panel surya ini bertujuan untuk mengetahui panel surya berfungsi untuk

mengisi baterai/aki apa tidak dan berapa lama waktu pengisian yang diperlukan agar baterai terisi sampai penuh.

Tabel 1 berikut merupakan spesifikasi dari panel surya yang digunakan.

Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya

Electrical Specifications	
Model	SP 120-18M
Peak Power (Pmax)	120 W
Cell Efficiency	21,50 %
Max. Power Volt (Vmp)	19,2 V
Max. Power Current (Imp)	6,25 A
Open circuit volt (Voc)	24,8 V
Short circuit current (Isc)	6,65 A
Power Tolerance	-0,03
Max. System voltage	1000 V DC
Series fuse rating (A)	12
Number of bypass diode	3
Operating temperature	4 C to 85 C
Maximum system voltage	1000 V DC
Standart test conditon	1000W/m, 25C, AM=1,5

Tabel 2. Data hari 1 hasil pengukuran sistem panel surya

No.	Waktu (jam)	Suhu (°C)	Kondisi	Output Panel				Output SCC			
				V out (V) Tidak terhubung SCC	V out (V) Terhubung SCC	I out (A)	P (watt)	V out (V)	I out (A)	P (watt)	
1	10.00	38	Cerah	20,86	13,9	8,68	120,65	13,5	10,1	136,35	
2	11.00	40	Cerah	21,35	14,01	9,04	126,65	13,5	10,4	140,4	
3	12.00	39	Cerah	21,39	14,05	8,7	122,24	13,4	9,8	131,32	
4	13.00	39	Cerah	20,76	13,88	7,3	101,32	13,2	8,3	109,56	
5	14.00	40	Cerah	20,93	13,95	6,26	87,33	13,1	7,2	94,32	

Tabel 3. Data hari 2 hasil pengukuran sistem panel surya

No.	Waktu (jam)	Suhu (°C)	Kondisi	Output Panel				Output SCC			
				V out (V) Tidak terhubung SCC	V out (V) Terhubung SCC	I out (A)	P (watt)	V out (V)	I out (A)	P (watt)	
1	10.00	28	Berawan	19,86	13,54	7,71	104,39	12,7	7,2	91,44	
2	11.00	30	Berawan	20,44	13,68	7,92	108,35	12,9	7,7	99,33	
3	12.00	31	Berawan	20,67	13,7	7,67	105,08	13,1	8,5	111,35	
4	13.00	32	Berawan	20,39	13,62	7,02	95,61	13,1	7,9	103,49	
5	14.00	25	Berawan	19,74	13,41	5,81	77,91	12,9	6,2	79,98	

Data dari hasil pengukuran sistem panel surya ditunjukkan di Tabel 2 dan 3. Sistem terdiri dari 2 buah panel surya yang dipasang secara paralel sehingga didapatkan nilai daya output yang bervariasi, nilai tersebut berdasarkan intensitas cahaya matahari yang terkena permukaan panel surya dan tanpa tertutup oleh suatu bayangan apapun bahkan awan karena akan mempengaruhi nilai yang dihasilkan oleh tegangan maupun arus dari panel surya. Semakin tinggi intensitas cahaya matahari maka tegangan keluaran dan arus yang dihasilkan panel surya juga semakin besar. Di mana karakteristik panel surya sesuai dengan data yang ditampilkan, yaitu intensitas cahaya yang mengenai permukaan panel surya mempengaruhi daya output yang dihasilkan oleh panel surya tersebut.

Menurut [14] lama waktu pengisian baterai dirumuskan menggunakan persamaan berikut:

$$T = (C / I) + \Phi (C / I) \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- I = Arus Pengisian (A)
- C = Kapasitas baterai (Ah)
- T = Waktu Pengisian (Jam)
- Φ = % Deefisiensi (20%)

Perhitungan lama waktu pengisian baterai 100 Ah dengan persamaan (1). Berdasar data Tabel 2, nilai rata-rata arus yang tinggi yaitu 9,16 A, maka :

$$\begin{aligned} T &= (C / I) + \Phi (C / I) \\ &= (100 \text{ Ah} / 9,16 \text{ A}) + (20\% \times (100 \text{ Ah} / 9,16 \text{ A})) \\ &= (10,9 \text{ h} + 2,1 \text{ h}) = 13 \text{ jam} \end{aligned}$$

Dengan demikian, lama pengisian baterai membutuhkan waktu 13 jam dengan rata - rata arus 9,16 A dan cuaca yang cerah. Lama waktu akan berbeda tergantung besar arus yang dihasilkan oleh panel surya.

3.2.2. Pengujian Beban Inverter

Dilakukannya pengujian beban inverter ini untuk mengetahui inverter berfungsi apa tidak sebagai alat untuk mengkonversi tegangan arus DC menjadi arus AC yang sesuai dengan kapasitas maksimal daya dari inverter tersebut.

Tabel 4. Data pengujian pada beban inverter

Pengujian beban inverter	Input DC			Output AC		
	V (volt)	I (ampere)	P (watt)	V (volt)	I (ampere)	P (watt)
Tanpa Beban	12,4	0,2	2,48	218	0	0
Charging Baterai Sepeda (72 Watt)	11,9	6,1	72,59	202	0,34	68,68

Hasil pengujian di Tabel 4 menunjukkan bagian input DC yang tanpa beban, disitu konsumsi daya inverter sebesar 2,48 watt, karena di dalam inverter ada beberapa komponen elektronik serta kipas pendingin yang butuh daya listrik untuk pengoperasiannya. Ketika adanya pemberian beban pada inverter sebesar 72 watt, ada penurunan tegangan baterai dari 12,4 V menjadi 11,9 V kemudian nilai tegangan pada output inverter mengalami penurunan dari 218 V ke 202 V, sehingga arus yang dibutuhkan inverter hanya sebesar 0,34 A dan berpengaruh terhadap turunnya nilai daya menjadi 68,68 watt. Nilai daya pada beban menjadi turun karena beban tidak atau bekerja dibawah nilai tegangan nominalnya yaitu 202 V, tetapi fungsi inverter sebagai alat konverter arus searah (DC) menjadi arus bolak-bali (AC) berjalan dengan optimal. Digunakannya inverter ini untuk keperluan mengecas baterai laptop maupun hp pengguna, karena di lokasi disediakan tempat untuk pengecasan.

3.2.3. Pengujian Baterai untuk Charging Sepeda listrik

Dilakukannya pengujian charging sepeda listrik ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu pengecasan baterai sepeda listrik dan berapa banyak energi listrik yang dipakai oleh inverter untuk mengisi baterai sepeda listrik sampai penuh. Kapasitas baterai sepeda listrik itu sendiri sebesar 36 Volt 10 Ah.

Tabel 5. Data hasil pengujian charging baterai sepeda

Charging Baterai Sepeda				
Waktu (menit)	V in (volt)	I in (ampere)	P (watt)	Energi (wh)
0	12,23	6,8	85,5	7
20	12,1	7,3	87,3	39,2
40	11,92	7,8	89,1	62,2
60	11,9	7,8	90,3	92,1
80	11,74	8,2	91,1	123,9
100	11,43	8,2	92,3	156,5
120	11,36	8,3	94,3	184,1
140	11,34	8,3	93,7	217,3
160	11,29	8,6	94,6	249
180	11,15	8,6	95,9	286,8

Tabel 5 merupakan hasil dari pengujian lama waktu charging sepeda listrik yang diukur menggunakan wattmeter, yang mana data diatas diambil berdasarkan tampilan hasil pengukuran dari wattmeter yang dipasang sesudah baterai dan sebelum inverter. Dari data nilai tegangan baterai PLTS mengalami penurunan karena digunakan oleh inverter untuk mengisi baterai sepeda listrik dari kondisi kosong (32,1 V) sampai kondisi penuh (38,1 V) yang mana pengujian kondisi baterai dilakukan secara terpisah dari kondisi waktu awal dan akhir saat baterai penuh, kondisi penuh ini diketahui melalui lampu indikator pada baterai sepeda listrik itu sendiri dan energi listrik yang digunakan terus meningkat dari 7 – 286,8 Wh, dimana pada penggunaan energi 286,8 Wh itu indikator pada baterai sepeda telah menunjukkan bahwa baterai telah terisi penuh dengan estimasi waktu pengisian selama 180 menit. Kapasitas baterai 12 V 100 Ah (1200 Wh) dikurangi 286,8 Wh tersisa 913,2 Wh atau kurang lebih tersisa sekitar 76% lagi. Kondisi baterai penuh, maka baterai PLTS dapat digunakan untuk mengisi baterai sepeda listrik sebanyak 3x pengisian saja, karena daya baterai PLTS tidak dapat digunakan semua hingga baterai kosong, hal ini akan mempengaruhi kualitas maupun umur pakainya.

Menurut [15] lama waktu pemakaian baterai PLTS bisa dirumuskan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Waktu pemakaian} &= \\ &\text{Kapasitas Baterai} / \text{ arus beban} \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

Diambil dari data tabel 5 dengan nilai arus beban dirata –rata menjadi 7.98 A, maka:

Waktu pemakaian baterai = 100 Ah / 7,98 A
= 16,3 jam
dieffisiensi baterai 20 % = 3,26 jam
Total pemakaian = 16,3 jam – 3,26 jam
= 13,04 (13 Jam, 4 Menit)

Lama waktu pemakaian baterai PLTS bisa bertahan selama 13 jam 4 menit dengan beban 72 watt yang dipasang pada inverter.

4. Kesimpulan

Uraian hasil pengujian dan pengambilan data di atas disimpulkan bahwa Sistem panel surya ini dipengaruhi oleh kondisi cuaca yang mana berpengaruh pada nilai keluaran tegangan dan arusnya, tingginya intensitas sinar matahari yang diserap oleh panel berpengaruh pada nilai tegangan dan arus yang dihasilkan juga tinggi. Inverter pada sistem ini bisa menghasilkan tegangan 218 V saat tanpa beban dan 202 V saat ada beban 72 watt dengan arus yang dihasilkan sebesar 0,34 A. Dimana nilai daya dari beban turun menjadi 68,68 watt. Nilai daya pada beban menjadi turun karena beban tidak atau bekerja di bawah nilai dari tegangan nominalnya yaitu 202 V. Pengisian baterai pada sistem PLTS - off grid ini sekurang-kurangnya membutuhkan waktu 15 jam sampai penuh, dalam kondisi cuaca yang cerah agar panel surya bisa menghasilkan energi listrik yang lebih maksimal untuk pengisian baterai. Kapasitas baterai PLTS bisa digunakan untuk mengisi baterai sepeda listrik setidaknya sampai 3x pengecasan. Dengan estimasi waktu pengecasan sampai penuh selama 180 menit atau 3 jam. Serta lama waktu pemakaiannya bisa bertahan selama 13 jam 4 menit dengan beban 72 watt. Saran untuk pengembangan alat bisa ditambahkan pengaturan otomatis arah panel surya yang mengikuti arah sinar matahari sehingga nilai output yang dihasilkan akan lebih besar.

Referensi

- [1]. K. A. Prasetyo, N. Yuniarti, and E. Prianto, "Pengembangan Alat Control Charging Panel Surya Menggunakan Aduino Nano Untuk Sepeda Listrik Niaga," *J. Edukasi Elektro*, vol. 2, no. 1, pp.50–58, 2018, doi: 10.21831/jee.v2i1.19947.
- [2]. M. H. Fadhilah, E. Kumiawan, and U. Sunarya, "Perancangan Dan Implementasi MPPT Charge Controller Pada Panel Surya Menggunakan Mikrokontroler Untuk Pengisian Baterai Sepeda Listrik," *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 3164–3170, 2017.
- [3]. B. Michael, *Solar Electricity Handbook*. Greenstream Publishing, 2017.
- [4]. B. Ramadani, *instalasi pembangkit listrik tenaga surya, Dos & Don'ts*. GIZ Jakarta, 2018.
- [5]. R. Mayfield, *Photovoltaic Design & Installation for Dummies*. Willey Publishing, 2010.
- [6]. P. Mohanty, K. R. Sharma, M. Gujar, M. Kolhe, and A. N. Azmi, *PV System Design for Off-Grid Applications*. PV System Design for Off-Grid Applications, no.

- September. 2015.
- [7]. Soewarto, T. Alamsyah, and A. B. W, "Optimalisasi Beban pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off- Grid 2000Wp," *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro*, vol. 5, pp. 298–300, 2020.
 - [8]. T. Koerniawan and A. W. Hasanah, "Kajian Sistem Kinerja PLTS Off-Grid 1 kWp DI STT-PLN," *Ilm. energi dan kelistrikan*, vol. 10, no.1, pp. 38–44, 2018.
 - [9]. H. Kristiawan, I. N. S. Kumara, and I. A. D. Giriantari, "Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar," *SPEKTRUM*, vol. 6, no. 4, pp. 66–70, 2019.
 - [10]. C. I. Cahyadi, I. G. Agung, A. Mas, and D. Kusyadi, "Efisiensi Recharger Baterai Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *Edu Elektr. J.*, vol. 9, no. 2, pp. 61–65, 2020.
 - [11]. H. Harmini, and T. Nurhayati, "Desain Dan Implementasi Maximum Power Solar Tracker Menggunakan Panel Photovoltaic Di Kota Semarang". *Elektrika*, vol. 10 no. 1, pp.5-9, 2018.
 - [12]. Radhiansyah, M. Reza, and C. Ekaputri. "Desain Optimal Dan Implementasi Penggerak Panel Surya Menggunakan Metode Perhitungan Sudut Azimuth Matahari." *eProceedings of Engineering*, vol 5, no. 3, 2018.
 - [13]. B. Budiyanto, and H. Setiawan. "Analisa Perbandingan Kinerja Panel Surya Vertikal Dengan Panel Surya Fleksibel Pada Jenis Monocrystalline." *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)* vol. 4, no. 1 hal. 77-86, 2021.
 - [14]. W. Budiman, N. Hariyanto, and Syahrial, "Perancangan dan Realisasi Sistem Pengisian Baterai 12 Volt 45 Ah pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro di UPI Bandung," *Reka Elkomika*, vol. 2, no. 1, pp. 1–12, 2014.
 - [15]. I. Susanti, Rumiasih, and A. Firmansyah, "Analisa Penentuan Kapasitas Baterai Dan Pengisiannya Pada Mobil Listrik," *Elektra*, vol. 4, no. 2, pp. 29–37, 2019.