

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SOLAR HOME SYSTEM DENGAN KAPASITAS 100 WP UNTUK PENGISIAN DAYA PERANGKAT ELEKTRONIK

Dhea Sugiyanti¹, Andriyatna Agung Kurniawan², dan Deria Pravitasari³

^{1,2,3} Universitas Tidar

Jl. Kapten Suparman No. 39, Tuguran, Potrobangsang, Magelang Utara 56116

e-mail: dheasugiyanti@gmail.com

Abstrak— Penggunaan energi matahari sebagai sumber utama dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menawarkan solusi untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil yang terbatas serta membantu mengurangi emisi karbon. Dalam upaya mendukung penggunaan sumber energi terbarukan, dilakukan perancangan dan pembangunan PLTS, khususnya untuk kebutuhan listrik rumah tangga. Sistem PLTS ini terdiri dari panel surya yang terhubung dengan solar charge controller (SCC), baterai, dan inverter. Pengujian sistem dilakukan selama 3 hari dengan menggunakan beban charger 10 watt dan beban lampu 5 watt. Dari hasil pengukuran, diperoleh nilai rata-rata tegangan terbuka (Voc) sebesar 13,52 V, arus hubung singkat (Isc) sebesar 1,27 A, dan daya (P) sebesar 18,40 W keluaran daya output panel surya sesuai dengan datasheet panel.

Kata kunci : Energi matahari, PLTS, Panel surya, Pengujian sistem

Abstract— Utilizing solar energy as the main resource in PLTS systems offers a solution that can reduce dependence on limited fossil energy and contribute to reducing carbon emissions. In an effort to participate in supporting the use of renewable energy sources, the design of a solar power plant was carried out specifically for household electricity use. The design of this PLTS consists of solar panels connected to a solar charge controller (SCC), battery and inverter. System testing was carried out for 3 days using a 10 watt charger load and a 5 watt lamp load. The data measurement results show an average open voltage (Voc) value of 13.52 V with a short circuit current (Isc) of 1.27 A and a power (P) of 18.40 W the solar panel output power output is in accordance with the panel datasheet.

Keywords : Solar energy, PLTS, Solar panels, System testing

I. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah kebutuhan utama bagi kehidupan manusia saat ini. Namun, untuk memenuhi kebutuhan tersebut, masyarakat masih mengandalkan energi konvensional yang tidak dapat diperbarui dan sangat terbatas. Seiring dengan perkembangan dan pertumbuhan penduduk, tingkat konsumsi energi konvensional meningkat setiap tahun, yang dapat menyebabkan krisis energi dan pemanasan global. KESDM telah mengeluarkan keputusan terkait RUPTL untuk periode 2021-2030, dengan tujuan untuk meningkatkan kontribusi pembangkit energi baru terbarukan (EBT), kebutuhan energi listrik diproyeksikan meningkat senilai 4,9% setiap tahunnya. Rencana tersebut menguraikan total kapasitas dengan nilai 40.575 MW, potensi energi terbarukan dengan nilai 20.923 MW dan energi fosil 19.652 MW (KESDM, 2021).

Potensi EBT di Indonesia mengindikasikan bahwa energi surya adalah salah satu jenis energi dengan potensi terbesar. Menurut SNI 8395: 2017, Pembangkit

Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem yang menghasilkan listrik dari radiasi matahari dengan memanfaatkan konversi melalui sel fotovoltaik. Sistem fotovoltaik ini mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik, sehingga semakin tinggi intensitas radiasi matahari yang diterima, semakin besar daya listrik yang dihasilkan. Pada tahun 2015, Indonesia memiliki potensi energi surya sebesar 207,8 GW, disusul oleh potensi energi hidro sebesar 75 GW dan potensi energi angin sebesar 60,6 GW (PP No. 22 Tahun 2017, 2017).

Meningkatkan kontribusi energi surya dalam bauran energi, pemerintah melibatkan masyarakat dengan membangun pembangkit listrik tenaga surya off-grid yang dikelola secara komunal, atau yang dikenal sebagai sistem PLTS berdiri mandiri (*stand-alone*) serta melalui program PLTS tersebar yaitu *solar home system* (SHS) di berbagai wilayah 3T (Daerah Tertinggal, Terdepan, dan Terluar) untuk meningkatkan elektrifikasi nasional. Pemerintah melibatkan masyarakat dalam mencapai target energi surya melalui kebijakan dan program yang mendukung perkembangan PLTS. Salah satu contohnya adalah

Keputusan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral No. 49 tahun 2018 yang mengatur penggunaan sistem pembangkit listrik tenaga surya atap oleh konsumen PT PLN (PERMEN ESDM NO. 49 Tahun 2018, 2018).

Penelitian terkait rancang bangun SHS dilakukan karena peningkatan kebutuhan akan energi yang ramah lingkungan dan hemat biaya semakin mendesak, terutama di tengah kesadaran yang meningkat terhadap perubahan iklim dan pentingnya energi yang berkelanjutan. Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber daya utama pada sistem ini menawarkan solusi yang dapat mengurangi ketergantungan pada sumber daya energi fosil yang terbatas dan membantu mengurangi emisi karbon. Selain itu, dengan kemajuan teknologi dan penurunan biaya panel surya, pengembangan SHS menjadi semakin layak secara ekonomi, membuatnya menjadi pilihan yang menarik dalam mendukung akses energi yang berkelanjutan bagi berbagai lapisan masyarakat. Terdapat beberapa penelitian yang membahas terkait rancang bangun SHS di beberapa lokasi yang berbeda dan kapasitas yang berbeda.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan di Taman Bambu Jakarta Timur mengenai penggunaan solar cell 100 Wp untuk mengisi daya handphone menunjukkan bahwa solar cell 100 Wp, ketika dipasangkan dengan baterai berkapasitas 12 V 65 Ah, mampu mengisi baterai hingga 64% dalam kondisi cuaca cerah. Baterai yang terisi penuh, energi tersebut dapat digunakan untuk mengisi daya baterai ponsel selama enam jam melalui empat saluran, dengan total konsumsi energi sebesar 608 Wh. Berdasarkan pengukuran selama tiga hari pada musim hujan, daya yang dihasilkan oleh solar cell adalah sebesar 420 Wh, yang hanya cukup untuk mengisi baterai hingga 67,3% dari kapasitasnya. Pada penelitian menggunakan sistem fast charger, baterai handphone dapat diisi dalam waktu 80 menit (Jaenul, A., dkk, 2021).

Penelitian lain mengenai *Solar PV System Design Using Pvsyst: A Case Study of an Academic Institute* didapatkan bahwa kinerja sistem fotovoltaik bergantung pada lokasi geografis, radiasi matahari, jenis modul PV, dan orientasi modul. Studi perbandingan sistem dilakukan untuk satu beban laboratorium dengan kemiringan yang konsisten pada berbagai sudut azimuth diterapkan untuk mencapai produksi energi yang lebih tepat dan meningkatkan efisiensi sistem. Studi ini juga mempertimbangkan kelayakan sistem dengan menghitung emisi CO₂ untuk instalasi PLTS (Sharma, dkk, 2018).

Penelitian terkait *system and cost analysis of stand-alone solar home system applied to a developing country* menyatakan menyatakan bahwa dengan menggunakan *Solar Home System* total energi berkurang karena biaya per unitnya sekitar \$0,211 dan tidak ada biaya penggunaan bahan bakar tambahan dalam pengoperasiannya. Bangladesh merupakan

negara berkembang dan sumber energi konvensional yang sudah menipis di masa depan mengingat meningkatnya biaya bahan bakar dan masalah lingkungan. Sistem SHS dapat meminimalkan tekanan beban pada sistem bahan bakar, yang akhirnya akan mengurangi emisi gas rumah kaca dan dari hasil penelitiannya dapat mengurangi 36,68 ton emisi CO₂ selama 25 tahun (Hossain, dkk, 2019).

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, dalam instalasi PLTS mengalami peningkatan yang signifikan, penelitian ini mengisi celah dari penelitian yang sudah ada dengan menganalisis secara komprehensif kinerja SHS dengan kapasitas 100 Wp menggunakan kapasitas baterai 12V 15Ah berdasarkan data pengukuran, mempertimbangkan faktor-faktor seperti lokasi, kondisi iklim dan biaya yang diperlukan. Penelitian ini menggunakan beban penerangan dan *charger station* di salah satu gazebo lingkungan kampus yang belum teraliri listrik, penelitian ini memberikan manfaat ganda. Pertama dengan menggunakan sistem ini gazebo yang belum memiliki akses listrik dapat dihidupkan dengan penerangan yang ramah lingkungan dan murah, memberikan aksesibilitas yang lebih baik bagi mahasiswa yang ingin menggunakan area tersebut untuk kegiatan belajar maupun sosial. Kedua dengan adanya *charger station* yang menggunakan energi matahari ini akan memfasilitasi pengisian daya perangkat elektronik mahasiswa seperti ponsel, memungkinkan pengguna untuk tetap terhubung dan produktif tanpa harus bergantung sumber daya listrik konvensional.

II. STUDI PUSTAKA

1. PLTS

PLTS adalah sistem yang menghasilkan listrik dari sinar matahari melalui konversi menggunakan sel fotovoltaik. Sistem fotovoltaik ini mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Daya listrik yang dihasilkan oleh PLTS meningkat dengan bertambahnya intensitas radiasi matahari yang diterima oleh sel fotovoltaik (Rachmi, dkk, 2020).

Terdapat tiga jenis sistem PLTS, yaitu PLTS terinterkoneksi (*On-Grid*) atau sistem fotovoltaik terhubung ke jaringan, yang merupakan sistem pembangkit listrik menggunakan sinar matahari sebagai sumber energinya. PLTS *On-Grid* pembangkit yang langsung terhubung menggunakan jaringan listrik bolak-balik dari grid lokal untuk memaksimalkan penggunaan energi matahari melalui panel surya, sehingga menghasilkan listrik seefisien mungkin. Sistem ini dianggap lebih ramah lingkungan dan solusi green energy untuk masyarakat yang ingin memperkecil biaya tagihan listrik. Sistem PLTS *Off-Grid* adalah sistem yang tidak terhubung dengan jaringan listrik PLN. Dalam sistem *Off-Grid*, terdapat komponen tambahan seperti baterai dan *charge controller* untuk meningkatkan keandalan dan

operasionalitas. Sistem ini umumnya digunakan di daerah yang tidak terjangkau oleh pasokan listrik PLN, seperti daerah 3T (terdepan, terluar, dan tertinggal). Sementara itu, sistem PLTS *Hybrid* adalah kombinasi dari dua atau lebih jenis pembangkit listrik, yang bertujuan untuk menggabungkan beberapa sumber energi sehingga menghasilkan pembangkit yang lebih andal dengan saling melengkapi kekurangan baik dari segi teknis maupun ekonomis. (Hendy Wijaya, dkk, 2022).

2. Solar Home System

Solar home system (SHS) adalah sistem pembangkit listrik rumah tangga yang menggunakan konversi fotovoltaik untuk memanfaatkan energi surya, juga dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). SHS terdiri dari panel surya, kontrol pengisian surya, baterai, inverter, dan beban. Ada tiga

jenis aplikasi SHS berdasarkan penggunaannya:

sistem PV terhubung ke jaringan listrik, sistem PV mandiri, dan sistem hibrida.

3. Panel Surya

Panel surya adalah perangkat elektronik yang mengubah energi matahari menjadi listrik melalui proses fotovoltaik. Panel surya terdiri dari sel fotovoltaik yang menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi arus listrik searah (DC) menggunakan bahan semikonduktor yang telah diproses khusus.

a. Efisiensi Modul Surya

Efisiensi modul surya menjelaskan seberapa efisien modul surya dalam mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Misalnya, modul surya yang 15% efisien akan mengubah 15% dari sinar matahari yang jatuh pada modul tersebut menjadi listrik. Efisiensi yang diberikan pada lembar data modul merupakan efisiensi pada kondisi *standard test conditions* (STC)(Askolani & Tata, 2020).

Efisiensi adalah ukuran yang sering digunakan untuk membandingkan kinerja sel surya. Rasio antara energi listrik yang dihasilkan oleh sel surya terhadap energi matahari yang masuk. Efisiensi tidak hanya memperlihatkan kinerja sel surya itu sendiri, tetapi juga dipengaruhi oleh spektrum cahaya, intensitas sinar matahari, dan suhu sel surya. Persamaan di bawah ini digunakan untuk menghitung efisiensi dalam sel surya (Utomo, dkk, 2021).

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

- P out : Daya yang dibangkitkan oleh solar sel (watt)
- P in : Daya input akibat *irradiance* (W/m²)
- η : Efisiensi

b. Kapasitas Panel Surya

Untuk menentukan kapasitas panel surya yang dibutuhkan, langkah pertama adalah mengetahui

beban listrik puncak harian dalam kWh dan rata-rata penyinaran matahari di lokasi pemasangan PLTS. Langkah selanjutnya adalah menghitung daya puncak yang dibutuhkan dan jumlah modul panel surya yang diperlukan.

1. Menghitung daya puncak

Rumus daya puncak dapat dilihat pada persamaan berikut ini (Ariprihata, A., dkk, 2023):

$$kWp \text{ PLTS} = \frac{kWh}{G_{av}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

- kWh : Total kebutuhan energi (kWh)
- G_{av} : Rata-rata intensitas cahaya matahari (kWh)

2. Menghitung jumlah modul surya terpasang

Rumus untuk menghitung jumlah modul surya terpasang dapat dilihat pada persamaan berikut ini (Ariprihata, A., dkk, 2023):

$$\text{Jumlah Modul} = \frac{kWp}{Wp/\text{modul}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

- kWp : Total kebutuhan energi
- Wp : Kapasitas modul

4. *Solar Charge Controller* (SCC)

Charge controller bagian sistem PLTS yang menggunakan *DC-coupling* adalah penyimpanan baterai. Penyimpanan baterai dalam sistem PLTS *DC-coupling* harus dikelola dengan baik untuk menghindari situasi operasional yang berpotensi merusak seperti pengisian berlebihan atau pemakaian yang terlalu dalam yang dapat merusak baterai. Pengendali pengisian mengatur aliran muatan dan melindungi baterai dari pengisian atau penggunaan yang berlebihan. Pada pengendali pengisian, dua aspek yang perlu diperhatikan adalah tegangan dan kapasitas arus (Gumintang, dkk, 2020).

Dalam menentukan spesifikasi dan kapasitas SCC dapat dilihat pada persamaan dibawah ini (Jaenul, A., dkk, 2021) :

$$I_{sc} = I_{sc\text{panel}} \times N_{\text{panel}} \times 125\% \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

- I_{sc} : Arus SCC (Ampere)
- I_{sc panel} : Arus hubung singkat panel surya (Ampere)
- N panel : Jumlah panel surya
- 125% : Kompensasi

5. Baterai

Penting Sistem PLTS komunal baterai mengandalkan baterai untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik pada siang hari. Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi sementara untuk mengimbangi perbedaan antara pasokan energi dari modul fotovoltaik dan kebutuhan energi listrik. Penggunaan baterai merupakan solusi praktis dalam menyimpan energi listrik dari modul fotovoltaik melalui proses elektrokimia. Meskipun penting dalam sistem PLTS *off-grid*, komponen ini juga rentan

terhadap kebutuhan pemeliharaan yang tepat(ing. Bagus Ramadhani, 2018).

Kapasitas baterai juga terkait dengan kemampuan baterai untuk memberikan arus selama periode waktu tertentu (Ah)(Otong, dkk, 2019).

$$Ah = \frac{ET}{Vs} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

- Ah : Kapasitas baterai yang dibutuhkan (Ah)
- ET : Energi beban (Watt/jam)
- Vs : Tegangan baterai (Volt)

Untuk mengetahui berapa lama pengisian baterai dapat dihitung dengan menggunakan persamaan rumus seperti berikut (Gunawan, L. A., dkk, 2021).

$$Ta = \frac{C}{I} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

- Ta : Lamanya pengisian baterai (Hours)
- C : Besarnya kapasitas baterai (Ampere Hours)
- I : Besarnya arus penggunaan ke baterai (Ampere)

6. Inverter

Inverter merupakan perangkat elektronik yang mengubah listrik DC menjadi listrik AC, contohnya dari 12 VDC ke 230 VAC. Dalam sistem *off-grid* tenaga surya, baterai merupakan sumber listrik DC utama. Sedangkan pada sistem terhubung ke jaringan panel surya menjadi sumber listrik DC utama. Sistem *off-grid*, inverter yang terhubung dengan jaringan hanya digunakan dalam jaringan mini yang terhubung di sisi AC. Secara umum inverter dapat diklasifikasikan menjadi inverter baterai dan inverter jaringan.

a. Kapasitas Inverter

Penggunaan inverter dalam sistem *off-grid* berfungsi untuk mengubah arus DC menjadi AC untuk menyelaraskan daya pada beban. Untuk mengetahui kapasitas inverter yang terpasang maka dapat digunakan rumus persamaan sebagai berikut ini (Ariprihata, A., dkk, 2023) :

$$W_{max} + (25\% \times W_{max}) \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

- Wmax : Daya puncak beban (watt)
- 25% : Daya cadangan untuk memenuhi kebutuhan starting alat

b. Efisiensi Inverter

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan inverter yaitu gunakan inverter yang beban kerjanya mendekati dengan beban yang hendak kita gunakan agar efisiensi kerja maksimal, input dc 12 V atau 24 V, *sinewave* atau *square wave output* ac, dan efisiensi dari inverter (Mario Roal, 2015). Efisiensi inverter dari operasi sketika (*instantaneous efficiency*) dari inverter yang terhubung ke jaringan didefinisikan sebagai berikut (Askolani & Tata, 2020) :

$$\eta = \frac{P_{(AC\ out)}}{P_{(DC\ in)}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

- η : Efisiensi %
- Pac out : Daya keluaran dari inverter (W)
- Pdc in : Daya masuka dari rangkaian panel surya (W)

Inverter yang terhubung langsung dengan beban listrik mempunyai kapasitas kerja dalam satuan Watt. Penentuan kapasitas inverter harus lebih besar dari beban maksimum yang dibebani. Secara sistematis dapat ditulis (Mario Roal, 2015) :

$$P_{inv} > P_{maks\ load} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

- P_{inv} : Daya maksimum inverter (Watt)
- P_{maks load} : Daya maksimum beban (Watt)

III. METODE

1. Objek Penelitian

Perancangan dan pembuatan PLTS serta riset data terhadap Penelitian ini akan dilaksanakan Gazebo Fakultas Teknik Universitas Tidar.



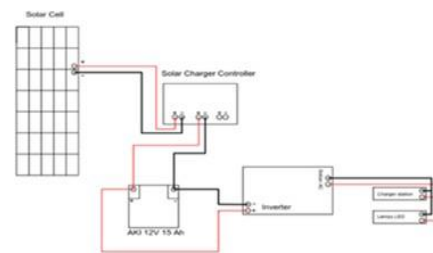
Gambar 1. Lokasi Penelitian

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk penelitian yaitu dengan metode eksperimen, metode ini dilakukan untuk menghasilkan energi listrik dari produksi energi *solar home system*. Pengujian dilakukan untuk menciptakan *solar home system* dengan memanfaatkan radiasi matahari melalui konversi sel fotovoltaik. Metode penelitian meliputi studi *literature*, pengumpulan data, perancangan sistem, dan pengujian alat.

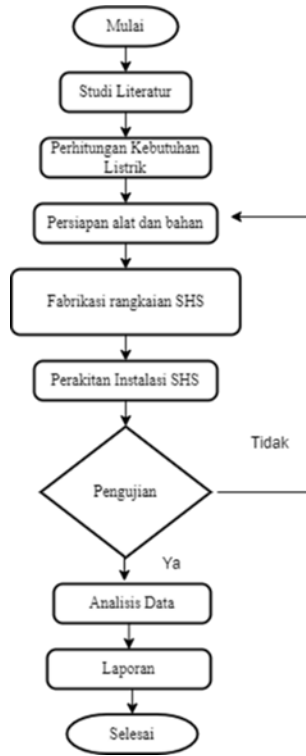
3. Rancangan Penelitian

a. Rangkaian Penelitian



Gambar 2. Diagram Rangkaian Penelitian

b. Alur Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Kebutuhan

Dalam menganalisis kebutuhan, langkah-langkah yang harus diketahui yaitu evaluasi potensi matahari yang berfungsi untuk mengetahui rata-rata iradiasi harian matahari, perhitungan kebutuhan energi harian, perhitungan daya puncak dan modul surya, menghitung kapasitas baterai, menghitung kapasitas SCC.

a. Evaluasi Potensi Matahari

Evaluasi potensi matahari dilakukan untuk menentukan rata-rata sinar matahari di wilayah yang akan dipasang panel surya. Hasil evaluasi ini digunakan dalam rumus untuk menghitung efisiensi panel surya. Untuk mengetahui iradiasi rata-rata harian matahari, digunakan software PVWatts. Simulasi dengan PVWatts menghasilkan total iradiasi matahari sepanjang satu tahun sebesar 5,29kWh/m²/day.

b. Energi Listrik yang Disuplai

Tabel 1 Konsumsi Energi Listrik

Beban	Daya	Penggunaan	Energi
Charger	10	10	100
Lampu	5	10	50
Energi (kWh/hari)			0.15

Konsumsi energi listrik yang disuplai PLTS dijumlahkan asumsi kerugian (losses) pada sistem sebesar 15%-25%. Sistem PLTS yang dirancang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan energi pada

pengisian daya elektronik dan penerangan dengan konsumsi energi yang disuplai oleh PLTS adalah sebagai berikut :

$$E_L = \text{Konsumsi energi listrik} + (25\% \times \text{Konsumsi energi listrik})$$

$$E_L = 0.15 \text{ kWh} + (25\% \times 0.15 \text{ kWh})$$

$$E_L = 0.1875 \text{ kWh}$$

c. Perhitungan Kapasitas Panel

Perhitungan penggunaan panel menggunakan insolasi rata-rata harian matahari pada tempat yang akan dipasang panel surya. Isolasi rata-rata harian matahari (G_{av}) yang bersumber dari data *Solar Global Horizontal Irradiance* (GHI) tahun 2024 yaitu sebesar 4.87 kWh/m².

$$kWp \text{ PLTS} = \frac{kWh}{G_{av}}$$

$$kWp \text{ PLTS} = \frac{0.1875}{4.87}$$

$$kWp \text{ PLTS} = 38.5 \text{ Wp}$$

Hasil perhitungan menunjukkan sekitar 38.5 watt peak (Wp). Pada penelitian ini dapat menggunakan panel surya sebesar 100 Wp, menggunakan panel surya berkapasitas 100 Wp sistem dapat memiliki kapasitas yang lebih besar untuk menangani potensi kebutuhan energi yang mungkin meningkat seiring dengan waktu atau adanya penambahan beban. Hal ini dapat memberikan fleksibilitas yang lebih besar dalam menyediakan energi yang diperlukan tanpa harus mengganti panel surya secara keseluruhan.

d. Perhitungan Arus SCC

Penentuan input dan arus SCC ditentukan berdasarkan daya puncak modul surya (Wp), untuk output daya dan arus SCC ditentukan dengan tegangan kerja sistem baterai (V_{dc}). Dalam proyek rancang bangun menggunakan panel surya dengan kapasitas 100 Wp dan sistem kerja 12 V_{dc}.

$$I_{sc} = I_{sc} \times N \times 125\%$$

$$I_{sc} = 5.81 \times 1 \times 125\%$$

$$I_{sc} = 7.2 \text{ A}$$

Maka SCC yang digunakan sebesar 7.2 A atau bisa menggunakan SCC dengan kapasitas 10 A.

e. Perhitungan Kapasitas Baterai

$$Ah = ET/VS$$

$$Ah = 150/12$$

$$Ah = 12.5 \text{ Ah}$$

Hasil perhitungan tersebut didapatkan kebutuhan daya baterai selama 1 hari sebesar 12.5 Ah. Pada penelitian ini menggunakan 3 buah baterai dengan kapasitas 5 Ah yang dipasang paralel dengan total kapasitas menjadi 15 Ah.

f. Perhitungan Kapasitas Inverter

$$\text{Watt (VA)} = W_{\text{max}} + (25\% \times W_{\text{max}})$$

$$\text{Watt (VA)} = 15 + (25\% \times 15)$$

$$\text{Watt (VA)} = 18.75 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{inv}} > P_{\text{maks load}}$$

Daya inverter harus lebih besar dari daya maksimal beban. Daya beban pada sistem ini sebesar 18.75 Watt. Jadi inverter yang digunakan harus memiliki daya lebih

besar dari daya maksimum beban. Pada penelitian ini inverter yang digunakan memiliki spesifikasi tegangan masukan sebesar 10-14 V_{dc}, tegangan keluaran rata-rata sebesar 220 V_{ac} dengan daya keluaran rata-rata sebesar 200 Watt.

2. Pengujian Panel Surya

Pengujian panel surya yang dilakukan memiliki tujuan untuk mengetahui besaran nilai keluaran dari panel surya yang berupa tegangan, arus, dan daya maksimum saat diberi berbagai kondisi, baik pada saat cuaca cerah terik, cerah, redup, dan berawan. Pengujian yang dilakukan terhadap nilai tegangan keluaran dan arus keluaran menggunakan multimeter digital dan Clamp meter untuk melihat besarnya perubahan tegangan dan arus keluaran terhadap kondisi cuaca yang terjadi saat pengujian berlangsung

Pengujian Panel surya pada penelitian ini dilakukan pada pagi hari pukul 07.00 WIB sampai pukul 17.00 WIB, pengujian dilakukan 3 hari dimulai pada tanggal 7 Juni 2024 – 9 Juni 2024. Pemilihan waktu ini berdasarkan pada kemunculan matahari di pagi hari dan akan hilang di menjelang sore ke malam hari. Saat pengujian dilakukan, panel surya diletakkan tegak lurus menghadap arah datangnya sinar matahari dan dilakukan pengambilan data panel surya setiap 1 jam sekali untuk melihat perbedaan hasil pengukuran yang dihasilkan oleh panel surya di karenakan intensitas cahaya matahari yang berbeda setiap jamnya.

Setelah data hasil pengujian yang dilakukan selama 3 hari terkumpul. Diperoleh nilai rata-rata hasil pengujian yang dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2 Nilai Rata-rata Hasil Pengujian Panel Surya

Waktu	Tegangan	Arus	Daya
07.00	12.08	0.27	3.21
08.00	11.53	0.28	3.25
09.00	12.06	1.05	13.39
10.00	13.39	2.48	33.66
11.00	14.09	3.34	47.09
12.00	16.93	2.28	37.49
13.00	16.16	1.81	29.97
14.00	14.13	1.11	16.33
15.00	13.03	0.97	12.73
16.00	12.70	0.27	3.37
17.00	12.61	0.15	1.87

3. Pengujian SCC

Pengujian *solar charger controller* bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk proses charging baterai serta tingkat kestabilan tegangan. Baterai yang digunakan dalam penelitian bertipe *Deep Cycle* merupakan baterai 12 V dengan jumlah kapasitas baterai terpasang 3 buah yang kapasitasnya sebesar 5Ah yang dipasang paralel untuk meningkatkan arus mencapai 15 Ah.

Tabel 3 Rata-Rata Pengujian Pengisian Baterai

Waktu	Tegangan Solar Cell (V)	Tegangan SCC (V)	Arus Pengisian Baterai	Daya
07.00	12.08	11.74	0.48	5.71
08.00	11.53	11.56	0.30	3.42
09.00	12.06	12.62	0.92	11.76
10.00	13.39	13.05	1.31	17.30
11.00	14.09	13.65	1.99	27.09
12.00	16.93	13.85	0.97	13.31
13.00	16.16	13.62	0.46	6.23
14.00	14.13	13.28	0.40	5.21
15.00	13.03	12.86	0.35	4.47
16.00	12.70	12.63	1.03	13.05
17.00	12.61	12.58	1.08	13.54

Berdasarkan Tabel 3 merupakan data rata-rata pengisian baterai 12 V 15Ah selama 3 hari waktu pengisian baterai di mulai pada pukul 07.00 WIB-17.00 WIB dengan kondisi pengujian kapasitas baterai dari kosong ke penuh. Dalam pengujian pengisian baterai peneliti juga menggunakan beban charger hp 10 watt selama waktu pengujian.

Tegangan, arus, dan daya keluaran yang dihasilkan oleh SCC lebih kecil jika dibandingkan dengan keluaran dari panel surya. Pada Tabel 3 tegangan keluar SCC lebih stabil jika dibandingkan dengan tegangan panel surya dimana jarak nilai maksimal dan minimal tegangan keluaran panel surya sebesar 5.4 V. Nilai tersebut masih lebih besar jika dibandingkan dengan keluaran SCC yaitu sebesar 2.29 V. Penggunaan SCC pada sistem ini berfungsi untuk mengontrol pengisian dan pengosongan pada baterai agar baterai tidak cepat rusak akibat ketidakstabilan tegangan.

Pada pukul 17.00 WIB panel surya tidak menghasilkan tegangan dan arus sehingga mengakibatkan SCC tidak menerima inputan tegangan dan arus untuk menyuplai listrik ke beban dikarenakan panel surya sudah tidak menerima penyinaran cahaya matahari.

4. Pengujian Alat dengan Beban

Setelah merancang panel surya kemudian dilakukan pengujian penyuplaian beban yang terdapat dua jenis beban yaitu beban siang yang digunakan pada saat charger hp dengan beban 10 watt di siang hari dan beban malam yang digunakan pada saat menghidupkan lampu dengan beban 5 watt.

Pengujian beban memerlukan tegangan 220 VAC, sedangkan panel surya menghasilkan energi dengan tegangan 12 VDC, sehingga diperlukan inverter untuk mengubah tegangan dari 12 VDC menjadi 220 VAC. Inverter yang digunakan untuk menyediakan energi

memiliki daya maksimal 200 watt. Pengujian dilakukan selama 3 hari untuk menentukan durasi operasional beban menggunakan baterai.

Tabel 4 Rata-Rata Pengujian Beban Siang Hari

Waktu	Tegangan Baterai (V)	Tegangan Output Inverter (V)	Arus Beban (A) – ac	Daya beban (W)
7:00	11.81	220	0.02	4.03
8:00	11.48	220	0.02	4.40
9:00	11.87	222	0.03	7.33
10:00	13.00	224	0.06	12.32
11:00	13.59	224	0.06	12.77
12:00	13.83	224	0.06	12.99
13:00	13.63	224	0.06	12.99
14:00	13.26	222	0.06	12.43
15:00	12.85	223	0.06	12.27
16:00	12.66	223	0.06	12.71
17:00	12.60	224	0.06	12.99

Tabel 5 Rata-Rata Pengujian Beban malam

Waktu	(V) Baterai	(A) Baterai	(V) Inverter	(A) Beban	Daya
0	12.75	0.81	224	0.060	13.51
15	12.66	0.80	224	0.060	13.44
30	12.63	0.80	224	0.060	13.44
45	12.61	0.79	224	0.060	13.44
60	12.58	0.79	224	0.059	13.29
75	12.56	0.78	224	0.059	13.22
90	12.53	0.78	224	0.059	13.22
105	12.49	0.78	224	0.059	13.22
120	12.46	0.77	224	0.059	13.14
135	12.39	0.76	223	0.056	12.51
150	12.26	0.73	223	0.055	12.27
165	11.95	0.73	223	0.055	12.27
180	11.37	0.63	222	0.055	12.21
195	10.30	0.10	210	0.055	11.55

5. Analisis Pada PLTS

a. Daya Input (P_{in}) modul

$$P_{in} = I_r \times A$$

$$P_{in} = 5290 \text{ w/m}^2 \times 0.51 \text{ m}^2$$

$$P_{in} = 2697.9 \text{ Watt}$$

b. Daya Output (P_{out}) modul

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}}$$

$$FF = \frac{18.24 \times 5.48}{21.8 \times 5.81}$$

$$FF = 0.78$$

Daya output panel surya menggunakan yaitu dari operasi perkalian tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), arus hubung singkat (I_{sc}), dan Fill Factor (FF).

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$P_{out} = 21.8 \times 5.81 \times 0.78$$

$$P_{out} = 98,79 \text{ Watt}$$

c. Efisiensi panel surya

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{98.79}{2697.9} \times 100 \%$$

$$\eta = 3\%$$

d. Efisiensi Inverter

Tabel 7 Pengujian Beban 5 Watt

Beban	Nama Beban	Vdc in	Idc in	Vac out	Iac Out
5 watt	Lampu LED	12 V	0.34 A	224 V	0.06 A

$$\eta \text{ Inverter} = \frac{13.44}{4.08} \times 100\%$$

$$\eta \text{ Inverter} = 33\%$$

6. Pembahasan

Pada rancang bangun PLTS Solar Home System dengan kapasitas 100 Wp disesuaikan dengan SKKNI No 166 tahun 2019 dan SNI 8395:2017. Standar ini digunakan untuk standar teknis dalam perancangan dan pemasangan sistem PLTS. Metode penelitian melibatkan data observasi dari perangkat lunak PVWatts menunjukkan rata-rata iradiasi matahari selama 1 tahun 5,29kWh/m²/day dan metode eksperimen melibatkan penyusunan dan pengujian alat yang dirancang dengan panel kapasitas 100 Wp, SCC 10 A, baterai 15 Ah, dan inverter 200 watt, dalam pengujian yang dilakukan selama 3 hari menggunakan beban AC yaitu beban siang charger 10 W dan beban malam lampu LED 5 W. Selama pengujian 3 hari, panel surya menghasilkan rata-rata 18.40 watt setiap harinya, pada pengisian siang hari panel surya 100 wp mengisi baterai cukup untuk mengisi penuh baterai 15 Ah dan mendukung beban siang hari. Selama pengujian inverter dengan beban malam, durasi penggunaan hanya mencapai 195 menit atau 3,25 jam sebelum kapasitas baterai menurun menjadi setengah dari kapasitas maksimalnya. Hal ini dapat diamati dari indikator kapasitas baterai pada solar charge controller (SCC), di mana awalnya menunjukkan 5 bar penuh, namun setelah penggunaan hanya tersisa 2 bar. Durasi pemakaian beban pada malam hari mempengaruhi tegangan keluaran inverter, serta mengakibatkan penurunan tegangan baterai seiring berkurangnya kapasitas baterai dalam penggunaan yang berkelanjutan. Faktor-faktor seperti beban yang besar dan kondisi kapasitas baterai merupakan hal-hal yang mempengaruhi tegangan inverter.

Efisiensi inverter adalah perbandingan daya AC yang dihasilkan oleh inverter dengan daya DC yang dimasukkan dari baterai. Efisiensi inverter dipengaruhi oleh kapasitas daya beban inverter yang berbeda-beda; semakin tinggi efisiensinya, inverter dapat mencapai nilai maksimal pada daya baterai yang lebih rendah. Namun, harus diingat bahwa efisiensi inverter tidak boleh melebihi batas kapasitas daya beban yang ditentukan.

Efisiensi pengujian ini mencapai 33%, yang disebabkan oleh ketidaksesuaian antara kapasitas daya beban inverter (200 Watt) dan daya beban yang sebenarnya digunakan (5 watt). Hal ini menghasilkan kerugian daya karena dalam konversi daya dari DC menjadi AC, sebagian daya hilang dalam bentuk panas atau konsumsi daya stand-by yang diperlukan untuk menjaga inverter tetap dalam mode operasi, meskipun tanpa beban.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis sistem PLTS ini, rancang bangun SHS menggunakan panel surya 100 wp, scc 10 A, baterai 15 Ah, inverter 200 watt. Dapat disimpulkan bahwa selama 3 hari pengujian, panel surya menghasilkan rata-rata Voc sebesar 13,52 V, Isc sebesar 1,27 A, dan daya sebesar 18,40 Watt. Efisiensi panel surya yang diperoleh adalah 3%, yang menunjukkan adanya kerugian daya yang dipengaruhi oleh *shading*, *reflection*, *soiling*, temperatur, dan intensitas cahaya. Pada pengujian beban siang hari dengan beban 10 watt menggunakan panel surya 100 Wp, baterai 12 V 15 Ah berhasil terisi penuh dan mendukung beban selama siang hari. Pengukuran tegangan inverter menunjukkan tegangan AC rata-rata sebesar 223 VAC dengan frekuensi 50 Hz yang stabil. Inverter mampu menopang beban AC 5 watt selama 3,25 jam, meskipun lebih rendah dari rencana awal yang seharusnya 10 jam. Efisiensi inverter yang diperoleh adalah 33%, namun nilai efisiensi ini turun karena ketidaksesuaian antara kapasitas daya beban inverter dan daya yang sebenarnya digunakan, menyebabkan inverter mengalami kerugian daya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariprihata, A., Erfandy, E., Susilo, S. W., & Sujito, S. (2023). Rancang Bangun Panel Surya Off-Grid Untuk Catu Daya Alat Pengusir Hama Tikus. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 4(3), 224–245. <https://doi.org/10.14710/jebt.2023.19665>
- [2] Ariprihata, A., Erfandy, E., Susilo, S. W., & Sujito, S. (2023). Rancang Bangun Panel Surya Off-Grid Untuk Catu Daya Alat Pengusir Hama Tikus. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 4(3), 224–245. <https://doi.org/10.14710/jebt.2023.19665>
- [3] Askolani, D. H. I., & Tata. (2020). *BUKU PEGANGAN Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Electrification.
- [4] Gumintang, M., Sofyan, M., & Sulaeman, I. (2020). Design and Control of PV Hybrid System in Practice. In *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)*.
- [5] Gunawan, L. A., Agung, A. I., Widyartono, M., & Haryudo, S. I. (2021). RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PORTABLE. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(01), 1052–1054.
- [6] Hendy Wijaya, I. K., Satya Kumara, I. N., & Ariastina, W. G. (2022). Analisis Plts Atap 25 Kwp on Grid Kantor Dprd Provinsi Bali. *Jurnal SPEKTRUM*, 9(2), 128–137. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2022.v09.i02.p15>
- [7] Hossain, C. A., Chowdhury, N., Longo, M., & Yaïci, W. (2019). System and cost analysis of stand-alone solar home system applied to a developing country. *Sustainability (Switzerland)*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/su11051403>
- [8] ing. Bagus Ramadhani, M. S. (2018). *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Energising.
- [9] Jaenul, A., Wilyanti, S., Rifai, A. L., & Anjara, F. (2021). *Rancang Bangun Pemanfaatan Solar Cell 100 Wp Untuk Charger Handphone Di Taman Bambu Jakarta Timur*. 5, 194–198. <https://doi.org/https://doi.org/10.33019/snppm.v5i0.2749>
- [10] Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2021-2030, Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2019 (2021).
- [11] Mario Roal. (2015). Peningkatan Efisiensi Energi Menggunakan Baterai Dengan Kendali Otomatis Penerangan Ruang Kelas Berbasis PLTS. *Jurnal Elkha*, 7(Jurnal ELKHA Vol.7, No 2, Oktober 2015), 12–19.
- [12] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 49 Tahun 2018 tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero), Pub. L. No. 49, 1 (2018).
- [13] Otong, M., Munarto, R., & Handoko, R. (2019). Rancang Bangun Sistem Penggerak Pompa Air Sungai Menggunakan Solar Cell Untuk Irigasi Sawah Di Daerah Purwakarta Cilegon. *Jurnal Ilmiah Setrum Article In Press*, 8(1), 96–111.
- [14] Rachmi, A., Prakoso, B., Hanny Berchmans, Devi Sara, I., & Winne. (2020). Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS atap di Indonesia. In *PLTS Atap*.
- [15] Peraturan Presiden (PERPRES) Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional, Pub. L. No. 22, 32 (2017). <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/68772>
- [16] Sharma, S., Kurian, C. P., & Paragond, L. S. (2018). Solar PV System Design Using PVsyst: A Case Study of an Academic Institute. *2018 International Conference on Control, Power, Communication and Computing Technologies, ICCPCCT 2018*, 123–128. <https://doi.org/10.1109/ICCPCCT.2018.8574334>
- [17] Utomo, H. P., Santoso, B., & Sukandi, A. (2021). Perbandingan Teoritis dan Aktual Daya Panel Surya pada Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis Thermoelectric Generator dan Photovoltaic. *Seminar Nasional Teknik ...*, 391–398. <http://prosiding.pnj.ac.id/index.php/sntm/article/view/4205>