



Penerapan Solar Home System Berbasis Baterai Lithium Sebagai Solusi Transisi Energi Terbaru

Herman HR^{1*}, Muhammad Yusuf Yunus², Naomi Lembang³

^{1,3} Politeknik Negeri Fakfak, Indonesia

² Politeknik Negeri Ujung Pandang, Indonesia

Alamat: Jln. TPA Imam Bonjol Atas, Kab. Fakfak, Provinsi Papua Barat

Korespondensi penulis: hermanhr@polinef.id *

Abstract. *The dependence of the electric power system on fossil energy raises various problems, both in terms of the environment and national energy security. Around 81% of Indonesia's electricity supply is still sourced from fossil fuels, which not only contribute to high carbon emissions, but also pose a risk to energy supply stability due to the depletion of fossil reserves. One of the solutions that can be applied to overcome this problem is the use of the Solar Home System (SHS), which is an environmentally friendly solar-based renewable energy system that has great potential to be developed widely. This research was conducted experimentally at the Energy Conversion Laboratory, Ujung Pandang State Polytechnic. The main objective of the study is to test the effectiveness of the application of the SHS system by using 50 Wp solar panels and energy storage on 24 lithium batteries. Solar panels absorb solar energy which is then converted into electrical energy through chemical processes in batteries. The use of lithium batteries was chosen because it has advantages in the form of high energy density, good charging efficiency, and a relatively longer service life compared to other types of batteries. The test results show that this system is capable of supplying electrical energy for a load of 50 Watts continuously. However, to support the durability of the system in long-term use, it is necessary to increase the battery capacity to prevent power exhaustion and extend the operating life of the system. In addition, this study recommends the addition of battery capacity percentage measurement instruments, such as Battery Management System (BMS) or digital indicators, to make power monitoring more accurate and practical for users. Thus, the implementation of lithium battery-based SHS is a viable and sustainable alternative in supporting the clean energy transition in the household sector.*

Keywords: energy conversion, lithium battery, renewable energy, solar, Solar Home System, solar panels

Abstrak. Ketergantungan sistem tenaga listrik terhadap energi fosil menimbulkan berbagai persoalan, baik dari sisi lingkungan maupun ketahanan energi nasional. Sekitar 81% pasokan listrik Indonesia masih bersumber dari bahan bakar fosil, yang tidak hanya menyumbang emisi karbon tinggi, tetapi juga berisiko terhadap stabilitas pasokan energi akibat keterbatasan cadangan fosil yang semakin menipis. Salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan ini adalah pemanfaatan Solar Home System (SHS), yaitu sistem energi terbarukan berbasis tenaga surya yang ramah lingkungan dan berpotensi besar dikembangkan secara luas. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Konversi Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Tujuan utama dari penelitian adalah menguji efektivitas pengaplikasian sistem SHS dengan menggunakan panel surya 50 Wp dan penyimpanan energi pada 24 buah baterai lithium. Panel surya menyerap energi matahari yang kemudian dikonversikan menjadi energi listrik melalui proses kimia dalam baterai. Penggunaan baterai lithium dipilih karena memiliki keunggulan berupa kerapatan energi tinggi, efisiensi pengisian daya yang baik, serta umur pakai yang relatif lebih lama dibandingkan jenis baterai lainnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu menyuplai energi listrik untuk beban sebesar 50 Watt secara kontinu. Namun, untuk mendukung ketahanan sistem dalam penggunaan jangka panjang, diperlukan penambahan kapasitas baterai guna mencegah kehabisan daya dan memperpanjang masa operasi sistem. Selain itu, penelitian ini merekomendasikan penambahan instrumen pengukur persentase kapasitas baterai, seperti Battery Management System (BMS) atau indikator digital, agar pemantauan daya menjadi lebih akurat dan praktis bagi pengguna. Dengan demikian, penerapan SHS berbasis baterai lithium menjadi alternatif yang layak dan berkelanjutan dalam mendukung transisi energi bersih di sektor rumah tangga.

Kata kunci: baterai lithium, energi terbarukan, konversi energi, panel surya, Solar Home System, tenaga surya

1. LATAR BELAKANG

Energi listrik merupakan kebutuhan mendasar dalam kehidupan masyarakat modern karena hampir seluruh aktivitas ekonomi dan sosial bergantung pada pasokan listrik yang andal. Namun, hingga saat ini sebagian besar listrik di Indonesia masih dihasilkan dari pembangkit berbasis bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam (Muhammad & Nasrun, 2021; Machrus *et al.*, 2022). Ketergantungan terhadap energi fosil ini menimbulkan berbagai permasalahan serius, di antaranya adalah meningkatnya emisi gas rumah kaca, pencemaran lingkungan, serta keterbatasan cadangan energi fosil yang semakin menipis. Menurut laporan Ember (2024), sekitar 81% pasokan listrik nasional Indonesia masih bergantung pada energi fosil, yang menyebabkan lonjakan emisi karbon hingga 86 juta ton dalam satu dekade terakhir. Situasi ini tidak hanya berdampak pada lingkungan, tetapi juga mengancam keberlanjutan sistem energi nasional karena harga energi fosil cenderung fluktuatif dan cadangannya makin terbatas (Susiaty *et al.*, 2023).

Berdasarkan data dari U.S. Energy Information Administration (2023), tanpa langkah konkret untuk diversifikasi energi, cadangan energi fosil Indonesia berisiko habis dalam beberapa dekade mendatang. Salah satu sumber energi baru terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk dikonversi menjadi energi listrik ialah *solar home system* yakni energi panas yang berasal dari energi cahaya matahari (Alif, 2023). Dengan menciptakan dan mengaplikasikan *solar home system* maka energi matahari tersebut dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik, dimana 2 energi yang dihasilkan akan diserap dan ditampung dalam sebuah penyimpanan (baterai). Berdasarkan hal tersebut maka transisi energi sangat diperlukan untuk menjaga ketersediaan energi di masa mendatang. Peralihan penggunaan energi baru dan terbarukan mampu meningkatkan ketahanan energi agar pemanfaatan energi tetap optimal.

Oleh karena itu, diperlukan upaya transisi menuju sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan sebagai solusi jangka panjang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketergantungan terhadap energi fosil dalam sistem ketenagalistrikan nasional serta mengeksplorasi potensi transisi ke energi terbarukan lokal, baik dari sisi teknis, ekonomis, maupun kebijakan, sehingga dapat menjadi landasan ilmiah dalam menyusun strategi ketahanan energi masa depan Indonesia.

2. KAJIAN TEORITIS

Solar Home System (SHS) merupakan sistem energi listrik mandiri yang mengandalkan konversi energi matahari melalui panel surya (*photovoltaic*). Prinsip dasar dari sistem ini adalah efek fotovoltaiik yang mana radiasi dari sinar matahari dikonversi menjadi energi listrik

arus searah (DC) yang disimpan dalam baterai untuk kemudian digunakan sesuai kebutuhan pengguna khususnya di wilayah yang belum terjangkau jaringan listrik nasional. Efisiensi sistem *Solar Home System* sangat bergantung pada intensitas radiasi matahari, efisiensi panel surya dan kualitas sistem penyimpanan energi yang digunakan, terutama baterai (*International Energy Agency – Photovoltaic Power Systems Programme* [IEA-PVPS], 2024). Seiring berkembangnya teknologi penyimpanan energi, baterai *lithium-ion* telah menjadi salah satu pilihan utama dalam sistem *Solar Home System* karena memiliki keunggulan dalam hal kepadatan energi yang tinggi, jangka pakai yang panjang, ringan, dan waktu pengisian ulang yang cukup singkat dibandingkan baterai timbal asam konvensional (Zubi *et al.*, 2016). Selain itu, teknologi *lithium-ion* juga menunjukkan tren penurunan harga global secara signifikan, sehingga menjadi solusi yang ekonomis dan teknis dalam pengembangan sistem energi surya off grid (*International Energy Agency & International Renewable Energy Agency* [IEA & IRENA], 2023).

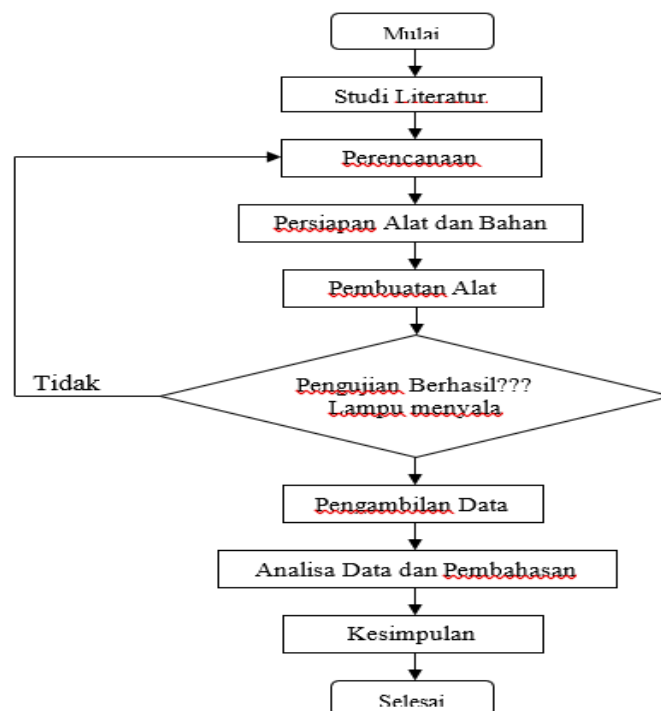
Laporan *Energy Sector Management Assistance Program* (2023) menunjukkan bahwa penggunaan baterai lithium dalam sistem mini-grid dan SHS telah meningkatkan ketahanan energi di komunitas terpencil serta mengurangi emisi karbon secara signifikan. Selain itu, IRENA (2023) menekankan bahwa adopsi teknologi penyimpanan berbasis *lithium-ion* sangat penting untuk mendukung transisi energi Indonesia menuju sistem energi yang rendah karbon dan berkelanjutan. Meskipun demikian, masih terdapat celah penelitian yang relevan, khususnya dalam optimasi konfigurasi baterai lithium untuk berbagai kebutuhan beban harian, efisiensi sistem dalam kondisi lingkungan tropis, serta integrasi dengan sistem pengendali daya seperti *Battery Management System* (BMS) dan *Solar Charge Controller* (SCC). Penelitian ini bertujuan untuk merespons gap tersebut melalui pendekatan eksperimental menghasilkan listrik dengan pengaplikasian *Solar Home System* (SHS) menggunakan *lithium battery*.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan Maret – Mei 2024 di Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yakni metode eksperimen. Metode ini dilakukan untuk menghasilkan energi listrik dari produksi energi *solar home system*. Data yang diperoleh dari penelitian ini melalui studi *literature*, pengumpulan data, perancangan sistem dan pengujian alat. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Proses pembuatan alat dimulai dengan proses perakitan masing-masing komponen alat khususnya untuk baterai litium. Langkah kerja rangkaian rancang bangun sebagai berikut:

- a. Memilih dan menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan
- b. Merakit *lithium battery*
 - 1) Menyiapkan material yang akan digunakan
 - 2) Menyatukan baterai menjadi satu rakitan baterai
 - 3) Melakukan spot welding
 - 4) Menyiapkan kabel untuk pemasangan BMS
- c. Merangkai seluruh komponen *solar home system*
- d. Memasang baterai yang sudah dirakit



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan *solar home system* dilakukan dengan menyiapkan komponen-komponen dari SHS yang telah ditentukan sebelumnya. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode pengambilan data secara langsung. Waktu pengujian dilakukan selama 3 jam sesuai dengan ketahanan baterai yakni mulai dari jam 09.00 – 12.00 dengan retang waktu 30 menit. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian charging tanpa beban, Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian dalam kondisi berbeban siang hari dan Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian berbeban pada malam hari.

Tabel 1. Pengujian Charging Tanpa Beban

No	Waktu	Intensitas Radiasi Matahari G (W/m ²)	Panel		Baterai (V)		Cuaca
			Tegangan (V)	Arus (A)	Arus (A)	Tegangan (V)	
1	09.00	917	11,2	1,2	1,3	11,2	Cerah
2	09.30	1047	11,4	1,3	1,4	11,3	Cerah
3	10.00	1103	12	2,3	2,2	12	Cerah
4	10.30	1013	12,6	2,1	2,5	12,4	Cerah
5	11.00	1003	13	2,4	2,3	13	Cerah
6	11.30	1067	13,7	2,5	2,5	13,5	Cerah
7	12.00	1043	13,7	2,4	2,4	13,6	Cerah

Setelah dilakukan pengujian satu baterai diperoleh suatu masalah yakni kurangnya kapasitas dari satu rakitan baterai dimana baterai terisi dalam waktu singkat dan terkuras dalam waktu singkat pula. Oleh karena itu, diperlukan penambahan kapasitas baterai dengan cara menambah jumlah baterai (Marhatang *et al.*, 2024).

Tabel 2. Pengujian Berbeban Siang Hari

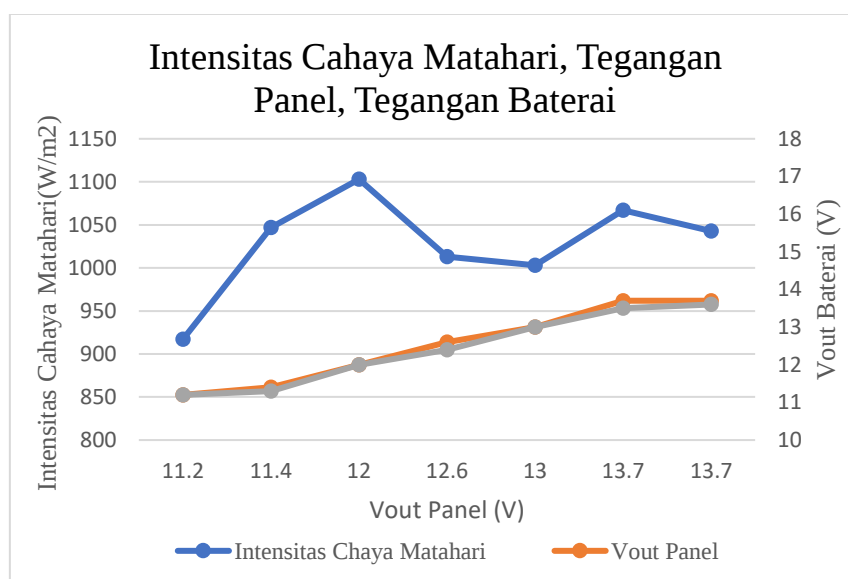
No	Waktu	Output Panel		Intensitas Radiasi Matahari G (W/m ²)	Baterai		Beban		Cuaca
		V _{dc} (V)	I _{dc} (V)		I _{dc} (A)	V _{dc} (V)	V _{dc} (V)	I _{dc} (V)	
1	09.00	10,4	1	1014	0,41	11,1	10,4	0,98	Cerah
2	09.30	11,3	2	1152	0,86	11,7	11,1	1,34	Cerah
3	10.00	11,8	2,1	1022	0,50	11,8	11,5	1,51	Cerah
4	10.30	12,2	2,3	1119	0,73	12,4	11,7	1,59	Cerah
5	11.00	12,8	2,4	1028	0,76	12,6	11,9	1,67	Cerah
6	11.30	13,2	2,6	1031	0,68	13	12	1,74	Cerah
7	12.00	13,3	2,5	1030	0,72	13,1	12,1	1,85	Cerah

Tabel 3. Pengujian Berbeban Malam Hari

No	Waktu	Wattmeter Beban	Baterai
----	-------	-----------------	---------

		Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)	Vdc (V)
1	18.00	10,8	0,9	10,2	11,2
2	18.30	10,7	0,8	9,3	10,06
3	19.00	10,5	0,8	9,2	10,9
4	19.30	10,5	0,7	8,1	10,7
5	20.00	10,4	0,6	6,9	10,6
6	20.30	10,3	0,6	6,9	10,5
7	21.00	10,04	0,6	6	10,3
8	21.30	9,7	0,5	5.8	9,9

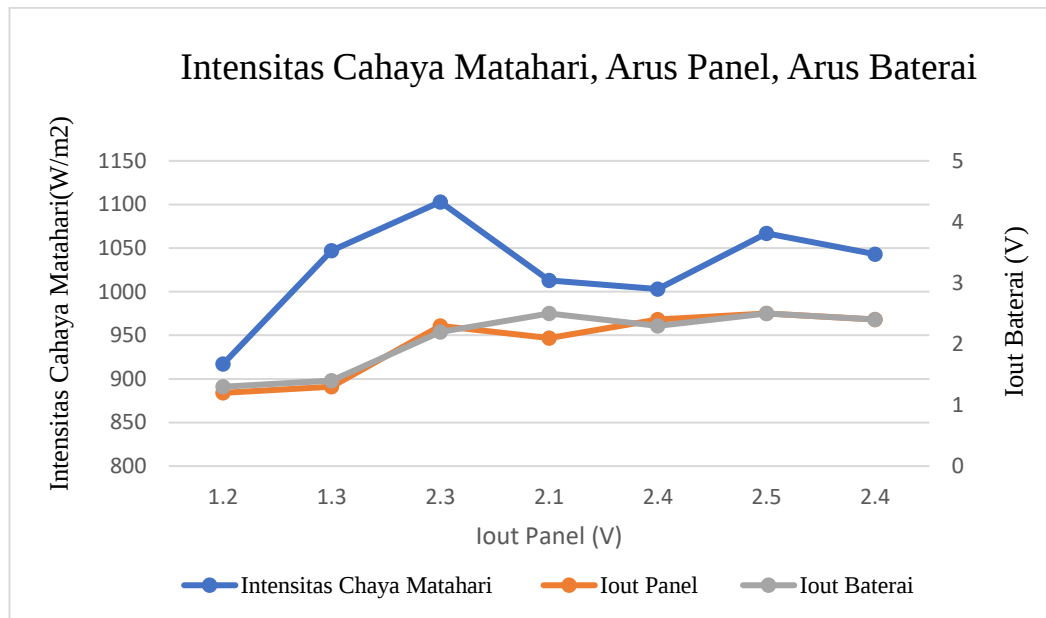
Hubungan antara intensitas cahaya matahari dengan tegangan panel dan tegangan matahari ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan grafik tersebut menunjukkan bahwa tren grafik naik dan cenderung konstan, dimana tegangan panel maupun baterai berbanding lurus dengan intensitas cahaya matahari. Nilai intensitas cahaya matahari akan mempengaruhi nilai tegangan yaitu semakin tinggi nilai intensitas cahaya matahari maka tegangan yang dihasilkan oleh panel dan juga baterai akan naik begitupun sebaliknya (Chamim *et al.*, 2022). Nilai intensitas cahaya matahari terendah adalah 917 dengan nilai tegangan panel sebesar 11,2 dan tegangan baterai sebesar 11,2. Nilai intensitas cahaya matahari tertinggi adalah 1067 dengan nilai tegangan panel sebesar 13,7 dan nilai tegangan baterai sebesar 13,5.



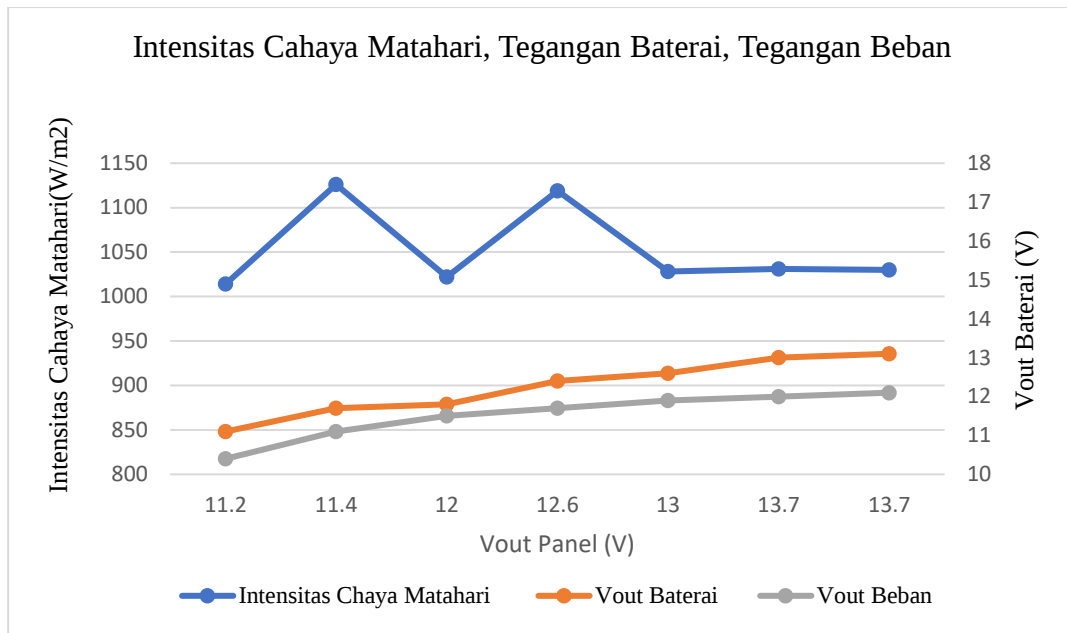
Gambar 2. Hubungan antara intensitas cahaya matahari dengan tegangan panel dan tegangan baterai

Hubungan antara intensitas cahaya matahari dengan arus panel dan arus baterai ditunjukkan pada Gambar 3. Berdasarkan gambar tersebut menunjukkan bahwa tren grafik naik dan cenderung konstan, dimana arus panel maupun baterai berbanding lurus dengan intensitas cahaya matahari. Nilai intensitas cahaya matahari akan mempengaruhi nilai arus yaitu semakin tinggi nilai intensitas cahaya matahari maka arus yang dihasilkan oleh panel dan juga baterai akan naik begitupun sebaliknya. Nilai ntensitas cahaya matahari terendah adalah 917 dengan nilai arus panel sebesar 1,2 dan arus baterai sebesar 1,3. Nilai intensitas cahaya matahari tertinggi adalah 1067 dengan nilai arus panel sebesar 2,5 dan nilai arus baterai sebesar 2,5.

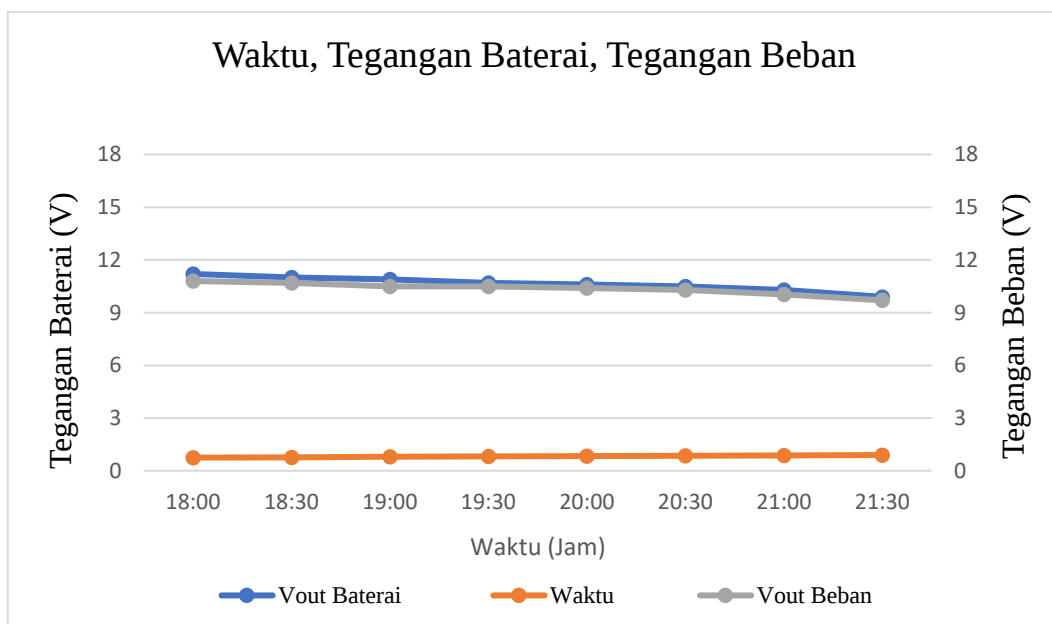
Gambar 4 menunjukkan hubungan antara hubungan antara intensitas cahaya matahari dengan tegangan baterai dan tegangan beban. Grafik tersebut menunjukkan tren grafik naik, dimana tegangan baterai dan beban berbanding lurus dengan intensitas cahaya matahari. Nilai intensitas cahaya matahari akan mempengaruhi nilai tegangan yaitu semakin tinggi nilai intensitas cahaya matahari maka tegangan yang dihasilkan oleh baterai dan juga beban akan naik begitupun sebaliknya. Nilai ntensitas cahaya matahari terendah adalah 1014 dengan nilai tegangan baterai sebesar 11,1 dan tegangan beban sebesar 10,4. Nilai intensitas cahaya matahari tertinggi adalah 1031 dengan nilai tegangan baterai sebesar 13 dan nilai tegangan beban sebesar 12.



Gambar 3. Grafik hubungan antara intensitas cahaya matahari dengan arus panel dan arus baterai



Gambar 4. Bubungan antara intensitas cahaya matahari dengan tegangan baterai dan tegangan beban



Gambar 5. Hubungan antara waktu dengan tegangan baterai dan tegangan beban

Berdasarkan pada gambar 5 menunjukkan tren grafik turun, dimana tegangan baterai berbanding terbalik dengan waktu pemakaian. waktu berpengaruh pada nilai tegangan yaitu semakin lama waktu pemakaian maka tegangan pada baterai akan menurun. Nilai tegangan terendah adalah 9,9 pada pukul 21:30 sedangkan nilai tegangan tertinggi adalah 11,2 pada pukul 18:00.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Solar Home System dirancang dengan mengambil acuan hasil analisa komponen SHS, dimana semua komponen yang digunakan berdasarkan pada perhitungan SHS dengan panel tipe *monocrystalline* 50 Wp, *solar charge controller* 20 A, lampu DC 50 Watt. Adapun beberapa saran dan masukan untuk penelitian selanjutnya adalah diperlukannya penambahan kapasitas jika ingin baterai tahan lama dan perlunya penambahan instrumen yang dapat mengukur persentase baterai agar pembacaan lebih mudah.

DAFTAR REFERENSI

- Alif, M. H. A. (2023). Optimasi pemanfaatan energi listrik tenaga matahari (Solar Home System): Optimization of Solar Home System utilization. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 12(3), 175-180.
- Chamim, A. N. N., Syahputra, R., & Putra, R. P. (2022). Rancang bangun monitoring Solar Home System berbasis Internet of Things pada komplek peternakan kambing PE Marsudi Luhur. *Berdikari: Jurnal Inovasi dan Penerapan IPTEKS*, 10(2), 185-195.
- Ember. (2024). Indonesia's expansion of clean power can spur growth and equality. <https://ember-energy.org/latest-insights/indonesias-expansion-of-clean-power-can-spur-growth-and-equality/>
- Energy Sector Management Assistance Program. (2023). Energy storage for mini grids. World Bank. https://www.esmap.org/sites/default/files/esmap-files/ESMAP%20RPT_Energy%20Storage%20for%20Mini%20Grids_WEB.pdf
- <https://doi.org/10.18196/berdikari.v10i2.14604>
- International Energy Agency - Photovoltaic Power Systems Programme. (2024). Trends in photovoltaic applications 2024. <https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2024/10/IEA-PVPS-Task-1-Trends-Report-2024.pdf>
- International Energy Agency & International Renewable Energy Agency. (2023). Batteries and secure energy transitions. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/cb39c1bf-d2b3-446d-8c35-aae6b1f3a4a0/Batteriesandsecureenergytransitions.pdf>
- International Renewable Energy Agency. (2023). Socio-economic footprint of the energy transition: Indonesia. https://www.irena.org/publications/2023/Jan/IRENA_Socioeconomic_Footprint_Indonesia_2023
- International Renewable Energy Agency. (2024). World energy transitions outlook: 1.5°C pathway. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Nov/IRENA_World_Energy_Transitions_Outlook_2024.pdf

- Machrus, A., Hadi, S., Muhammad, A. M., Muhammad, R. D., Yanuar, M., & Aji, A. F. (2022). Determination of the parameters of the Firefly method for PID parameters in solar panel applications. *SINERGI*, 26(2). [Halaman tidak disebutkan]. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2022.2.016>
- Marhatang, M., Yunus, M. Y., Sonong, S., Lewi, L., Tandioaga, R., & Djalal, M. R. (2024). Rancang bangun prototipe Solar Home System menggunakan baterai lithium sebagai penyimpan energi. *Jurnal JEETECH*, 5(1), 60-69. <https://doi.org/10.32492/jeetech.v5i1.5106>
- Muhammad, R. D., & Nasrun, K. (2021). Rancang bangun monitoring kinerja solar cell menggunakan LabVIEW. *Protek: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 8(2). [Halaman tidak disebutkan]. <https://doi.org/10.33387/protk.v8i2.2760>
- Susiati, H., Bahari, M. S., Birmano, M. D., Priambodo, D., Anggoro, Y. D., Lesmana, A. C., & Aryanto, A. (2023). *Pembangkit listrik tenaga nuklir di Indonesia: Upaya berkelanjutan menuju net zero emission*. Unisma Press.
- U.S. Energy Information Administration. (2023). Indonesia - International energy data & analysis. <https://www.eia.gov/international/overview/country/IDN>
- Zubi, G., Dufo-López, R., Pardo, N., & Pasaoglu, G. (2016). Concept development and techno-economic assessment for a solar home system using lithium-ion battery for developing regions to provide electricity for lighting and electronic devices. *Energy Conversion and Management*, 122, 439-448. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.05.075>