

Analisis Pengisian Baterai dan Durasi Suplai Energi pada Sistem PLTS Berbasis Beban Terbatas

Fahrul Roji^{1*}, Irfan Nofri², Rafsanjani Pane³, Sawirman², Irwansyah Putra⁴, Aminah Asmara Dewi⁵

^{1*}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sainst dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

⁴Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Universitas Amir Hamzah

⁶Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Al Washliyah Medan

*Email: rojifahrul433@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengisian baterai dan durasi suplai energi pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis beban terbatas. Metode yang digunakan adalah eksperimen lapangan dengan melakukan pengukuran tegangan, arus, dan daya keluaran panel surya selama 7 hari berturut-turut dengan interval satu jam. Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan, energi yang tersimpan dalam baterai, serta durasi suplai energi terhadap beban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dengan panel surya 200 Wp memiliki kemampuan pengisian baterai yang lebih tinggi dibandingkan panel 100 Wp, dengan persentase pengisian mencapai sekitar 68%, sedangkan panel 100 Wp hanya sekitar 36%. Energi yang tersimpan pada sistem 200 Wp mencapai 818 Wh, lebih besar dibandingkan sistem 100 Wp sebesar 432 Wh. Hal ini berdampak pada durasi suplai energi, di mana sistem 200 Wp mampu menyuplai energi hingga lebih dari 24 jam, sedangkan sistem 100 Wp hanya sekitar 12 jam.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa kapasitas panel surya berpengaruh signifikan terhadap jumlah energi yang tersimpan dalam baterai dan durasi suplai energi, sehingga sistem dengan kapasitas lebih besar lebih efektif dalam memenuhi kebutuhan energi pada kondisi beban terbatas.

Kata kunci: PLTS, baterai, energi tersimpan, durasi suplai, panel surya

ABSTRACT

This study aims to analyze battery charging and energy supply duration in a photovoltaic (PV) system with limited load conditions. The method used is a field experimental approach by measuring voltage, current, and output power of solar panels over a period of 7 consecutive days with hourly intervals. The collected data were used to calculate generated energy, stored energy in the battery, and the duration of energy supply to the load. The results show that the 200 Wp solar panel system has a higher battery charging capability compared to the 100 Wp system, with a charging percentage of approximately 68%, while the 100 Wp system reaches only about 36%. The stored energy in the 200 Wp system reaches 818 Wh, which is higher than the 100 Wp system at 432 Wh. This difference affects the energy supply duration, where the 200 Wp system can supply energy for more than 24 hours, while the 100 Wp system lasts only about 12 hours. It can be concluded that the solar panel capacity significantly affects the amount of stored energy in the battery and the duration of energy supply. Therefore, systems with higher capacity are more effective in meeting energy demands under limited load conditions.

Keywords: photovoltaic system, battery, stored energy, supply duration, solar panel

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik pada fasilitas umum terus meningkat seiring dengan aktivitas operasional yang semakin beragam. Pemanfaatan sumber energi terbarukan, khususnya energi surya melalui sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), menjadi salah satu solusi yang banyak dikembangkan karena bersifat ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Pada sistem PLTS, energi listrik yang dihasilkan panel surya tidak selalu digunakan secara langsung, melainkan disimpan terlebih dahulu dalam baterai sebagai media penyimpanan energi [1-4]. Sistem PLTS yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu panel surya, pengatur pengisian (charge controller), baterai, dan beban. Alur distribusi energi pada sistem tersebut ditunjukkan pada Gambar 1 [5-7].



Gambar 1. Diagram Sistem PLTS dengan Penyimpanan Energi Baterai [5]

Kinerja sistem PLTS tidak hanya ditentukan oleh kemampuan panel surya dalam menghasilkan daya, tetapi juga oleh kemampuan sistem dalam menyimpan energi dan mempertahankan suplai energi terhadap beban [8]. Proses pengisian baterai menjadi faktor penting karena menentukan jumlah energi yang dapat disimpan dan digunakan kembali. Selain itu, durasi suplai energi menjadi indikator utama dalam menilai kemampuan sistem dalam menjaga kontinuitas pasokan listrik [9].

Pada kondisi operasional nyata, terutama pada sistem dengan kapasitas terbatas, sering terjadi ketidakseimbangan antara energi yang dihasilkan, energi yang tersimpan, dan kebutuhan beban [10]. Hal ini menyebabkan sistem tidak selalu mampu menyuplai energi secara kontinu. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang lebih mendalam terkait proses pengisian baterai dan durasi suplai energi untuk mengetahui kemampuan sistem secara menyeluruh [11], [12].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengisian baterai dan durasi suplai energi pada sistem PLTS berbasis beban terbatas. Analisis dilakukan berdasarkan energi yang dihasilkan, energi yang tersimpan dalam baterai, serta kemampuan sistem dalam menyuplai beban listrik. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran mengenai kemampuan sistem PLTS dalam menyimpan dan mendistribusikan energi secara efektif [13].

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kapasitas panel surya dan kondisi lingkungan mempengaruhi jumlah energi yang dihasilkan, yang selanjutnya berdampak pada proses pengisian baterai dan ketersediaan energi dalam sistem [14-17]. Namun, kajian yang secara khusus membahas hubungan antara pengisian baterai dan durasi suplai energi pada kondisi operasional nyata masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada analisis berbasis data lapangan untuk memberikan hasil yang lebih aplikatif.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Desain dan Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen lapangan untuk menganalisis proses pengisian baterai dan durasi suplai energi pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Sistem yang digunakan terdiri dari panel surya berkapasitas 100 Wp dan 200 Wp yang dihubungkan dengan baterai berkapasitas 12 V 100 Ah sebagai media penyimpanan energi.

Pengambilan data dilakukan selama 7 hari berturut-turut dengan interval pengukuran setiap satu jam, dimulai dari pukul 07.00 hingga 18.00 WIB. Parameter yang diamati meliputi tegangan dan arus keluaran panel surya, yang digunakan untuk menghitung daya serta energi yang dihasilkan. Selain itu, dilakukan pengamatan terhadap persentase pengisian baterai serta kemampuan energi yang tersimpan dalam menyuplai beban listrik.

Beban listrik yang digunakan terdiri dari beban DC dan AC dengan total kebutuhan energi sebesar 744 Wh per hari, yang merepresentasikan kondisi beban terbatas. Data yang diperoleh digunakan untuk melihat hubungan antara energi yang dihasilkan dengan energi yang tersimpan, serta durasi suplai energi yang dapat dipertahankan oleh sistem..

2.2. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan pendekatan berbasis energi untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menyimpan dan mendistribusikan energi listrik.

Energi listrik yang dihasilkan panel surya dihitung menggunakan persamaan:

$$E = P \times t$$

di mana E adalah energi (Wh), P adalah daya (W), dan t adalah waktu (jam).

Kapasitas energi maksimum baterai dihitung dengan:

$$E_{\text{baterai}} = V \times C \quad (1)$$

di mana V adalah tegangan baterai (Volt) dan C adalah kapasitas baterai (Ah).

Persentase energi yang tersimpan dalam baterai dihitung dengan:

$$SOC = \frac{E_{\text{tersimpan}}}{E_{\text{baterai}}} \times 100\% \quad (2)$$

Selanjutnya, durasi suplai energi terhadap beban dihitung menggunakan:

$$t_{\text{suplai}} = \frac{E_{\text{tersedia}}}{P_{\text{beban}}} \quad (3)$$

di mana t_{suplai} adalah waktu suplai energi (jam), E_{tersedia} adalah energi dalam baterai (Wh), dan P_{beban} adalah daya beban (W).

Melalui pendekatan ini, dilakukan analisis terhadap kemampuan sistem PLTS dalam mengisi baterai dan mempertahankan suplai energi, serta membandingkan performa sistem berdasarkan kapasitas panel yang digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Energi yang Dihasilkan dan Tersimpan

Untuk menilai kemampuan sistem dalam menyimpan energi, terlebih dahulu dihitung energi listrik harian yang dihasilkan panel surya berdasarkan hasil pengukuran daya selama periode penelitian. Energi yang dihasilkan kemudian dikaitkan dengan kapasitas baterai untuk mengetahui potensi energi yang dapat disimpan.

Baterai yang digunakan memiliki kapasitas sebesar:

- $V = 12$ Volt
- $C = 100$ Ah

Sehingga kapasitas energi maksimum baterai adalah:

$$E_{baterai} = 12 \times 100 = 1200 \text{ Wh}$$

Nilai ini menjadi acuan dalam menentukan persentase energi yang dapat tersimpan setiap harinya.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa energi yang dihasilkan oleh panel surya 200 Wp secara konsisten lebih besar dibandingkan panel 100 Wp, sehingga berkontribusi langsung terhadap peningkatan energi yang tersimpan dalam baterai.

3.2. Kinerja Panel Surya

Untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menyimpan energi, dilakukan analisis terhadap persentase pengisian baterai yang dicapai oleh masing-masing panel surya selama periode pengamatan. Persentase pengisian ini menunjukkan seberapa besar energi yang berhasil disimpan dalam baterai dibandingkan dengan kapasitas total baterai yang tersedia.

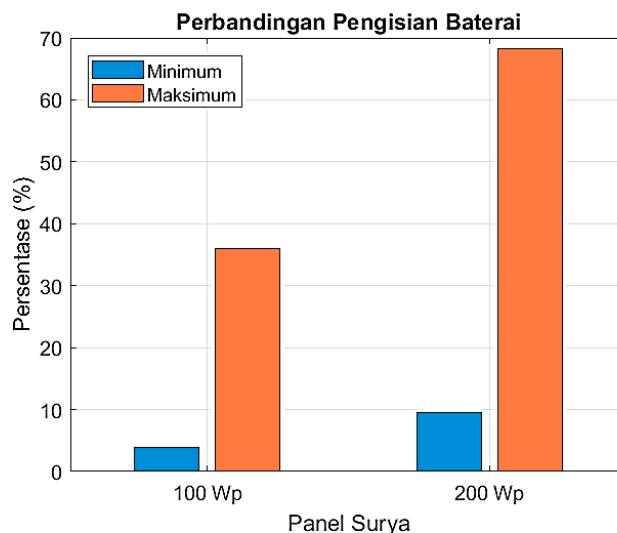
Pengamatan dilakukan pada kondisi minimum dan maksimum untuk menggambarkan variasi kinerja sistem dalam berbagai kondisi intensitas cahaya matahari. Hasil pengukuran persentase pengisian baterai untuk masing-masing panel surya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Persentase Pengisian Baterai.

Panel	Pengisian Minimum (%)	Pengisian Maksimum (%)
100 Wp	3,97	36
200 Wp	9,57	68,2

Tabel 3.1 menunjukkan bahwa kemampuan pengisian baterai berbeda signifikan antara kedua sistem. Panel 200 Wp mampu mengisi baterai hingga sekitar 68,2% per hari, sedangkan panel 100 Wp hanya mencapai sekitar 36%.

Hal ini menunjukkan bahwa energi yang dihasilkan oleh panel dengan kapasitas lebih besar dapat lebih efektif disimpan dalam baterai. Selain itu, nilai pengisian minimum yang lebih tinggi pada panel 200 Wp menunjukkan bahwa sistem tetap mampu menyimpan energi meskipun pada kondisi intensitas cahaya rendah.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Pengisian Baterai (%)

Berdasarkan grafik pengisian baterai, terlihat bahwa panel 200 Wp memiliki tingkat pengisian yang lebih stabil dibandingkan panel 100 Wp. Selisih pengisian yang cukup besar menunjukkan bahwa kapasitas panel berpengaruh langsung terhadap energi yang dapat disimpan dalam baterai.

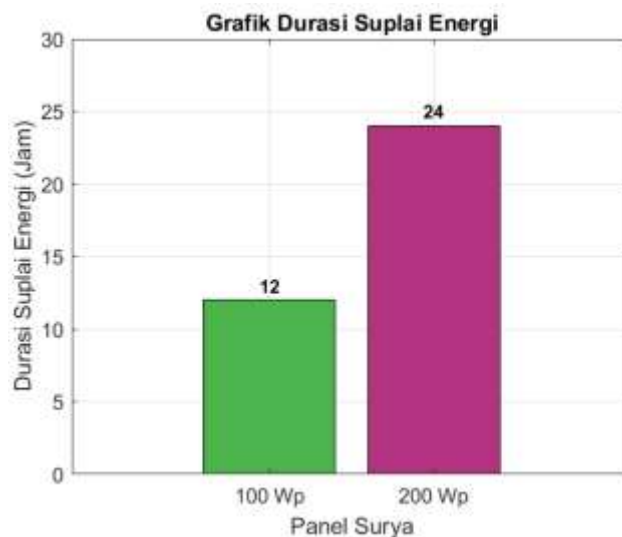
3.3. Analisis Durasi Suplai Energi

Kemampuan sistem dalam menyuplai energi dianalisis berdasarkan energi yang tersimpan dalam baterai terhadap kebutuhan beban listrik sebesar 744 Wh per hari.

Tabel 2. Durasi Suplai Energi

Panel	Energi Tersimpan	Durasi Suplai
100 Wp	±432 Wh	±12 jam
200 Wp	±818 Wh	>24 jam

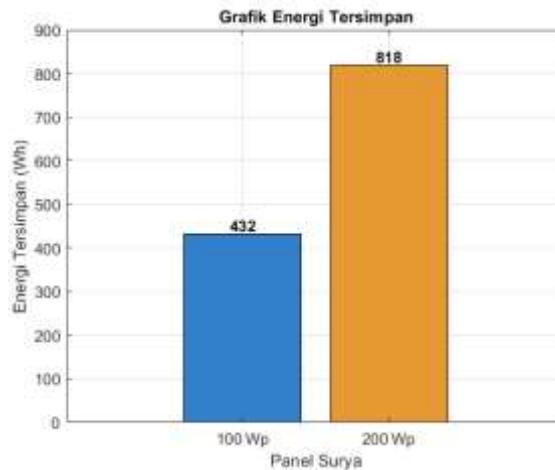
Hasil menunjukkan bahwa panel 200 Wp mampu menyuplai energi lebih dari satu hari penuh, sedangkan panel 100 Wp hanya mampu bertahan sekitar 12 jam.



Gambar 3. Grafik Durasi Suplai Energi

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa sistem PLTS dengan panel 200 Wp memiliki durasi suplai energi yang lebih lama dibandingkan panel 100 Wp. Panel 200 Wp mampu menyuplai energi hingga 24 jam, sedangkan panel 100 Wp hanya sekitar 12 jam.

Perbedaan ini menunjukkan bahwa kapasitas panel surya berpengaruh langsung terhadap energi yang tersimpan dalam baterai, sehingga berdampak pada lamanya sistem dapat menyuplai beban. Semakin besar energi yang tersimpan, maka semakin panjang durasi suplai energi yang dapat dipertahankan oleh sistem.



Gambar 4. Grafik Energi Tersimpan (Wh)

Berdasarkan Gambar 4, terlihat bahwa energi yang tersimpan pada sistem dengan panel 200 Wp lebih besar dibandingkan panel 100 Wp. Panel 200 Wp mampu menyimpan energi sebesar 818 Wh, sedangkan panel 100 Wp hanya sebesar 432 Wh.

Perbedaan ini menunjukkan bahwa kapasitas panel surya berpengaruh langsung terhadap jumlah energi yang dapat disimpan dalam baterai. Semakin besar kapasitas panel, maka energi yang dihasilkan dan tersimpan juga meningkat, sehingga mendukung durasi suplai energi yang lebih lama.

3.4. Perbandingan Kemampuan Sistem

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai perbedaan kemampuan sistem, dilakukan perbandingan antara sistem PLTS 100 Wp dan 200 Wp berdasarkan parameter energi tersimpan dan durasi suplai energi. Hasil perbandingan tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Kemampuan Sistem

Parameter	100 Wp	200 Wp
Pengisian Baterai (%)	±36%	±68%
Energi Tersimpan (Wh)	±432 Wh	±818 Wh
Durasi Suplai Energi	±12 jam	>24 jam

Berdasarkan Tabel 3.3, terlihat bahwa sistem PLTS dengan panel 200 Wp memiliki kemampuan yang lebih unggul dibandingkan sistem 100 Wp pada seluruh parameter yang diamati. Persentase pengisian baterai yang lebih tinggi pada sistem 200 Wp menunjukkan bahwa energi yang dihasilkan dapat lebih efektif disimpan dalam baterai.

Perbedaan energi tersimpan yang cukup signifikan antara kedua sistem berdampak langsung pada durasi suplai energi. Sistem 200 Wp mampu menyuplai energi lebih dari 24 jam, sedangkan sistem 100 Wp hanya mampu bertahan sekitar 12 jam. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas panel surya memiliki pengaruh yang besar terhadap kemampuan sistem dalam menjaga kontinuitas suplai energi.

Selain itu, hubungan antara energi tersimpan dan durasi suplai menunjukkan bahwa semakin besar energi yang tersimpan dalam baterai, maka semakin lama sistem dapat menyuplai beban listrik. Dengan demikian, sistem dengan kapasitas panel yang lebih besar tidak hanya meningkatkan jumlah energi yang dihasilkan, tetapi juga meningkatkan keandalan sistem dalam memenuhi kebutuhan energi secara berkelanjutan.

3.5. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem PLTS dengan kapasitas panel yang lebih besar memiliki kemampuan yang lebih baik dalam proses penyimpanan energi dan suplai daya. Energi yang dihasilkan oleh panel 200 Wp tidak hanya lebih besar, tetapi juga mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi melalui penyimpanan dalam baterai.

Selain itu, hubungan antara energi yang tersimpan dan durasi suplai menunjukkan bahwa sistem dengan kapasitas panel yang lebih besar lebih mampu menjaga kontinuitas suplai energi, terutama pada kondisi beban terbatas. Hal ini menjadi faktor penting dalam penerapan sistem PLTS pada skala aplikasi nyata.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, sistem PLTS dengan panel 200 Wp memiliki kemampuan pengisian baterai yang lebih tinggi dibandingkan sistem 100 Wp, yang ditunjukkan oleh persentase pengisian hingga sekitar 68% per hari, sedangkan sistem 100 Wp hanya mencapai sekitar 36%. Perbedaan ini berdampak langsung pada jumlah energi yang tersimpan dalam baterai, di mana sistem 200 Wp mampu menyimpan energi lebih besar dibandingkan sistem 100 Wp.

Energi yang tersimpan tersebut mempengaruhi durasi suplai energi terhadap beban. Sistem dengan panel 200 Wp mampu mempertahankan suplai energi lebih dari 24 jam, sedangkan sistem 100 Wp hanya mampu bertahan sekitar 12 jam. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas panel surya berpengaruh signifikan terhadap kemampuan sistem dalam menjaga kontinuitas suplai energi.

Dengan demikian, sistem PLTS dengan kapasitas panel yang lebih besar lebih efektif dalam proses pengisian baterai dan lebih mampu menyediakan energi secara berkelanjutan untuk kebutuhan beban terbatas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pembangunan Panca Budi atas dukungan akademik dan fasilitas yang telah diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak lokasi penelitian, yaitu Masjid Taqwa Muhammadiyah Desa Sei Litur, Kecamatan Sawit Seberang, Kabupaten Langkat, atas izin serta dukungan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. P. Siswanto and I. W. Sukadana, "Proyeksi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Energi Alternatif di Universitas Pendidikan Nasional," vol. 3, no. 2, pp. 66–72, 2021.
- [2] M. Suyanto, S. Priyambodo, E. P. Prasetyono, and A. P. Aji, "Optimalisasi Pengisian Accu Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Dengan Solar Charge Controller (MPPT)," pp. 22–29, 2025.
- [3] R. A. Setiawan, M. H. Zakaria, M. A. Yahya, and I. S. Hizbullah, "Implementasi PLTS Berbasis Solar Tracking untuk Penerangan Miniatur Rumah Gadang Sumatera Barat," pp. 1066–1074, 2025.
- [4] Y. Ru, J. Kleissl, and S. Martinez, "Storage Size Determination for Grid-Connected Photovoltaic Systems," pp. 1–13.
- [5] D. Azuatalam, K. Paridari, and A. C. Chapman, "Energy management of small-

- scale PV-battery systems: A systematic review considering practical implementation, computational requirements, quality of input data and battery degradation,” pp. 7–9, 2019.
- [6] G. A. Barzegkar-ntovom and N. G. Chatzigeorgiou, “Assessing the viability of Battery Energy Storage Systems coupled with Photovoltaics under a pure”.
- [7] T. Analyses and P. Systems, “A Review of Lithium-Ion Battery Models in Techno-economic Analyses of Power Systems”.
- [8] F. Hidayat, D. Rusirawan, I. Rachmadi, and F. Tanjung, “Evaluasi Kinerja PLTS 1000 Wp di Itenas Bandung,” vol. 7, no. 1, pp. 195–208, 2019.
- [9] T. Pustaka, “PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) OFF-GRID MENGGUNAKAN BATERAI LITHIUM-ION UNTUK,” vol. 8, no. 2, 2024.
- [10] K. Energi, D. A. N. Pengurangan, and B. Operasional, “PERFORMANCE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP BERKAPASITAS 1 , 1 MWP DI INDUSTRI DALAM KONTEKS PENINGKATAN,” vol. 7, no. 1, 2024.
- [11] T. Alamsyah, A. Hiendro, and Z. Abidin, “Analisis Potensi Energi Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Panel Mono-Crystalline dan Poly-Crystalline Di Kota Pontianak dan Sekitarnya,” 2025.
- [12] T. Haryanto, H. Charles, and H. Pranoto, “Perancangan Energi Terbarukan Solar Panel Untuk Essential Load Dengan Sistem Switch,” vol. 10, no. 1, 2021.
- [13] M. Agung and Y. Widiawati, “Kajian Pemasangan PLTS dengan Menggunakan Software PVsyst The study of Solar Power Plant Installation Using PVsyst Software,” vol. 7, pp. 1–10.
- [14] M. A. Rahmanta, A. Syamsuddin, F. Tanbar, and N. Damanik, “Analisis Perkembangan Teknologi Modul Photovoltaic (PV) Untuk Meningkatkan Penetrasi Pusat Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia,” vol. 7, no. 1, pp. 22–33, 2023.
- [15] D. Maulana, D. Alia, and A. K. Gupron, “Rancang Bangun Battery Charger Menggunakan Solar Panel System Berbasis Internet of Things (IoT),” vol. 3, 2025.
- [16] M. S. Utomo and I. Nugrahanto, “Sistem Penyimpanan Energi Menggunakan Baterai Sel Sekunder Pada Photovoltaic,” vol. 10, no. 9, 2023.
- [17] W. B. Rahmatulloh, “Rancang Bangun PLTS Menggunakan Sistem Hybrid Pada Rumah Tangga Untuk Mengurangi Ketergantungan Energi Listrik Dari PLN Dalam penelitian ini , saya mengambil judul ini,” vol. 2, no. 3, 2024.