

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 160 WP untuk Pompa Air Submersible

Ihsan Nurfauzi Gunawan^{*1}, Juhana²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang, Indonesia
Email: ¹ihsan.ng00@gmail.com ²Juhana12345@gmail.com

Abstrak

Energi surya memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan di Indonesia, khususnya untuk daerah yang memiliki keterbatasan akses listrik. Penerapan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebagai sumber daya untuk pompa air submersible dapat menjadi solusi untuk mengurangi ketergantungan pada listrik PLN. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem PLTS 160 WP sebagai sumber daya bagi pompa air submersible. Perancangan sistem menggunakan panel surya 160 WP, solar charge controller (SCC), inverter, dan baterai VRLA 65Ah. Pengujian dilakukan untuk mengukur tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan, serta efisiensi sistem dalam mengoperasikan pompa air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem menghasilkan tegangan rata-rata 13.19V dengan puncak 13.80V pada pukul 12.00 siang. Sistem berhasil mengoperasikan pompa air submersible dengan daya rata-rata 165.1 W, serta mampu menyuplai energi selama 3 jam tanpa sumber daya tambahan dari PLN. Sistem PLTS 160 WP yang dirancang mampu menjadi alternatif energi terbarukan yang efisien untuk mengoperasikan pompa air submersible di daerah terpencil.

Kata Kunci: Energi Terbarukan, Panel Surya, PLTS, Pompa Air Submersible.

Abstract

Solar energy has great potential as a renewable energy source in Indonesia, especially for areas that have limited access to electricity. The application of solar power plants (PLTS) as a power source for submersible water pumps can be a solution to reduce dependence on PLN electricity. This research aims to design and test a 160 WP PLTS system as a power source for submersible water pumps. The system design uses 160 WP solar panels, solar charge controller (SCC), inverter, and 65Ah VRLA battery. Tests were conducted to measure the voltage, current, and power generated, as well as the efficiency of the system in operating the water pump. The test results show that the system produces an average voltage of 13.19V with a peak of 13.80V at 12:00 noon. The system successfully operates a submersible water pump with an average power of 165.1 W, and is able to supply energy for 3 hours without additional power sources from PLN. The designed 160 WP solar PV system is able to be an efficient renewable energy alternative to operate submersible water pumps in remote areas.

Keywords: Renewable Energy, Solar Power Plant, Solar Panel, Submersible Water Pump

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat besar, mencapai hingga 207,8 gigawatt (GW). Namun, pemanfaatannya saat ini masih kurang dari 1% dari total potensi tersebut. Pada awal tahun 2023, kapasitas terpasang energi surya di Indonesia mencapai 322 megawatt (MW), dengan target pemerintah untuk mencapai 5 GW pada tahun 2030. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan teknologi yang memanfaatkan energi matahari untuk menghasilkan listrik melalui sel surya atau fotovoltaik (Juli Sutiawan et al., 2024). Energi surya dianggap sebagai sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca selama proses konversi energi (Suratno & Cahyono, 2023). Banyak daerah terpencil di Indonesia, seperti Papua dan Maluku, masih menghadapi tantangan kelangkaan listrik. Keterbatasan akses listrik ini menghambat perkembangan ekonomi dan kualitas hidup masyarakat setempat, pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi solusi efektif untuk meningkatkan akses listrik secara mandiri di daerah-daerah tersebut (Anggiat Situmorang et al., 2022) (Barik et al., 2024). Penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya dengan merancang dan menguji sistem PLTS berkapasitas 160 WP khusus untuk mendukung operasional pompa air

submersible (Pendidikan, 2023). Inovasi terletak pada integrasi langsung antara PLTS dan pompa air, serta evaluasi performa sistem dalam konteks kebutuhan listrik di daerah terpencil. Berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem PLTS 160 WP sebagai sumber daya bagi pompa air submersible (Sartika et al., 2023). Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan, serta efisiensi sistem dalam operasional pompa (Ati & Hafid, 2023). Teknologi energi terbarukan seperti PLTS menawarkan solusi ramah lingkungan untuk kebutuhan listrik, khususnya dalam operasional pompa air Sistem PLTS 160 WP yang dirancang bertujuan untuk mengurangi biaya listrik dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi matahari (Suyanto et al., 2022). Namun, meskipun memiliki potensi besar, pemanfaatan PLTS di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, termasuk biaya investasi awal yang tinggi, kebutuhan perawatan yang tepat, dan kurangnya pemahaman masyarakat tentang manfaat jangka panjang dari energi surya (Amudy et al., 2021). Oleh karena itu, diperlukan penelitian dan inovasi berkelanjutan untuk mengatasi hambatan tersebut dan memaksimalkan pemanfaatan energi surya di Indonesia (Firmansyah et al., 2024).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan beberapa parameter uji, yaitu pengukuran tegangan dan arus output panel surya efisiensi pengisian baterai daya listrik yang digunakan oleh pompa.

2.1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada perancangan pembangkit listrik tenaga surya yaitu sebagai berikut:

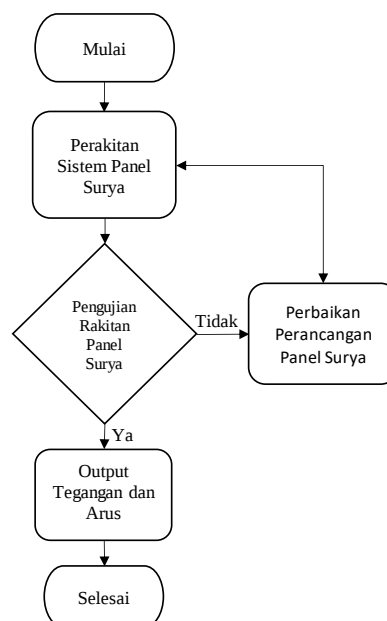
Table 1. Alat dan bahan

Alat	Spesifikasi	Jumlah
Panel surya	Model = <i>mono-crystalline</i>	1
	Ukuran = 1290 x 680 x 30	
	<i>Peak power</i> = 160W	
	<i>Max power</i> (V_{mp}) = 18,66V	
	<i>Max power</i> (I_{mp}) = 8,58A	
	<i>Open circuit</i> (V_{oc}) = 22,5V	
	<i>Short Circuit</i> (I_{sc}) = 9,05A	
Fuse	<i>Rated Voltage</i> = 1000VDC	1
	Amps = 30 A	
	<i>Rated Breaking Capacity</i> = 33kA DC	
	<i>Pole</i> = 2P	
MCB DC	<i>Pole</i> = 2P	1
	<i>Rated Operating Voltage</i> = DC	
	1000V	
	<i>Rated Current</i> = 1-63A	
	<i>Rated Impact</i> = 4kV	
SCC	<i>Ultimated Breaking Capacity</i> = 6kA	1
	<i>Run Breaking Capacity</i> (I_{cs}) = 75%	
	Material = PC	
	Ukuran = 149 x 78 x 35	
Baterai	Berat = 120 g	1
	<i>Adaptive voltage</i> = 12V	
	<i>Current</i> = 20A	
	Tegangan = 12V 65Ah	
	<i>Length</i> = 350 mm	
	<i>Width</i> = 165 mm	1
	<i>Height</i> 178 mm	

Pompa air submersible	Weight = 19.5 Kg	1
	Terminal = T19	
	Volt = 220V	
	Power = 50W	
	Outlet diameter = 1 inch	
	Delivery head = 3M	
	Delivery volume = 2600L/H	
	Water temperatur = 0-35 C	
	Panjang kabel = 3 m	
	Berat = 2,5 Kg	
Inverter	STEC	1
	STC – 1000W	
	Max. Input Power = 1000 W	
	Max. Input Voltage = 12V	
	Output Waveform = Pure sine wave	
	Peak efficiency = 90%	
	AC power frequency = 50 Hz	
	Output power = 220VAC	

2.2. Flowchart Sistem Keseluruhan

Flowchart penelitian bisa juga disebut sebagai tahapan proses pembuatan alat dari mulai hingga selesai dalam bentuk diagram.

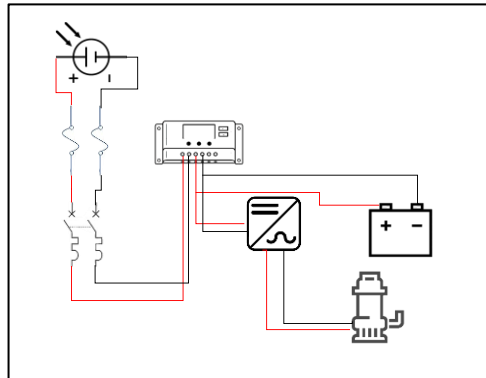


Gambar 1. Flowchart

Tahap ini melibatkan persiapan alat dan bahan yang diperlukan untuk merakit sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber daya bagi pompa air submersible. Setelah perakitan selesai, dilakukan pengujian untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik. Pengujian dilakukan dengan memeriksa tegangan DC pada solar charge controller (Wijanarko & Faizi, 2024). yang telah terhubung dengan panel surya (Irawati et al., 2023). Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa tegangan dan arus yang keluar dari inverter telah dikonversi dengan benar menjadi arus bolak-balik (AC) (Firmansyah et al., 2024). Pada tahap ini, dilakukan pengecekan apakah pompa air submersible dapat beroperasi dengan baik setelah menerima pasokan listrik dari sistem PLTS (Hasrul, 2021).

2.3. Blok Diagram Alat

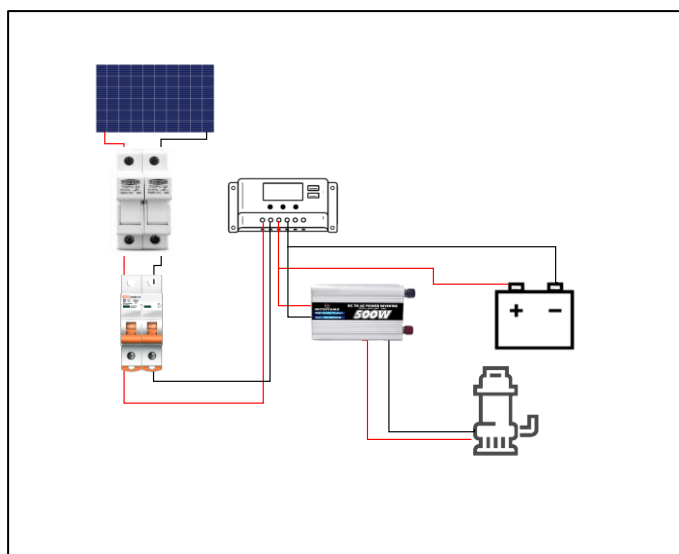
Perancangan sistem berdasarkan blok diagram terdiri dari tiga tahap utama. Desain input mencakup penggunaan panel surya sebagai sumber energi utama yang akan diproses lebih lanjut. Desain proses melibatkan konversi energi, di mana cahaya matahari yang diserap oleh sel surya dialirkan ke solar charge controller (SCC) dan kemudian diteruskan ke inverter untuk mengubah arus listrik dari DC ke AC. Desain output memastikan bahwa energi yang telah dikonversi digunakan untuk mengoperasikan pompa air submersible yang mendapatkan daya dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).



Gambar 2. Blok diagram Alat

2.4. Rangkaian dan Cara Kerja Alat

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) bekerja melalui beberapa tahap utama (Dedi Wiriastika et al., 2022). Pertama, panel surya menyerap cahaya matahari menggunakan sel fotovoltaik yang terbuat dari bahan semikonduktor (Yamato & Rijadi, 2022), menghasilkan aliran elektron yang membentuk arus listrik. Arus yang dihasilkan berupa arus searah (DC), yang kemudian dikonversi menjadi arus bolak-balik (AC) menggunakan inverter agar dapat digunakan oleh perangkat listrik. Energi yang tidak langsung digunakan dapat disimpan dalam baterai untuk pemakaian di saat matahari tidak bersinar (Gunawan et al., 2021). Listrik yang dihasilkan dapat didistribusikan ke pengguna atau dialirkan ke jaringan listrik utama. Untuk memastikan kinerja optimal, sistem PLTS juga dilengkapi dengan sistem monitoring dan pengendalian guna memantau efisiensi serta mendeteksi potensi masalah lebih awal.



Gambar 3. Rangkaian Alat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, efisiensi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 160 WP dianalisis berdasarkan performa tegangan, arus, dan daya keluaran yang dihasilkan, serta dibandingkan dengan sistem berbasis listrik PLN. Pengujian dilakukan dalam kondisi cuaca tertentu dengan memantau kestabilan daya yang dihasilkan dan dampaknya terhadap operasional pompa air submersible. Namun, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti tidak adanya perbandingan langsung dengan metode konvensional, misalnya penggunaan listrik PLN atau genset, serta pengujian yang hanya dilakukan pada kondisi cuaca tertentu tanpa mempertimbangkan variasi ekstrem. Selain itu, kapasitas sistem yang digunakan masih terbatas pada 160 WP, sehingga belum dapat menggambarkan potensi pemanfaatan dalam skala yang lebih besar. Studi ini juga belum mencakup analisis ekonomi mendalam terkait biaya investasi, efisiensi biaya operasional, serta periode pengembalian modal (ROI). Oleh karena itu, penelitian lanjutan diharapkan dapat mencakup pengujian dalam berbagai kondisi cuaca, perbandingan dengan sistem konvensional, serta analisis ekonomi untuk mengevaluasi efektivitas PLTS sebagai solusi energi alternatif yang lebih komprehensif.

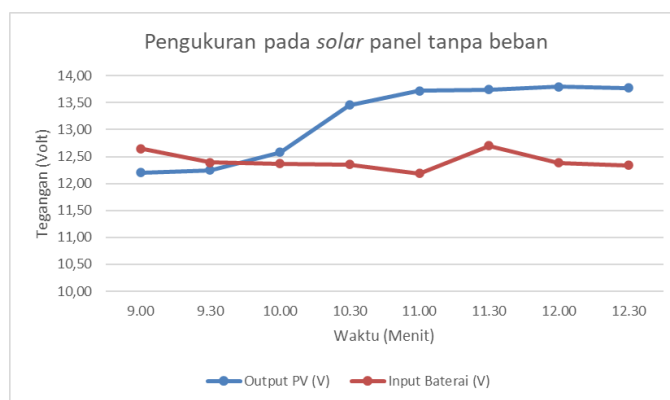
3.1. Pengujian Tanpa Beban

Berikut merupakan tabel hasil pengujian pada panel surya tanpa beban.

Table 2. Data Pengujian Tanpa Beban

Pukul	Tegangan keluaran Solar Panel (V)	Arus listrik masuk Solar Panel (A)	Tegangan masuk baterai (V)	Arus listrik masuk Baterai (A)
09.00	12.20	2.0	12.65	2.4
09.30	12.25	2.3	12.39	2.0
10.00	12.58	2.9	12.37	2.3
10.30	13.46	4.3	12.35	2.6
11.00	13.72	5.5	12.19	2.7
11.30	13.74	5.7	12.70	2.6
12.00	13.80	6.3	12.38	2.2
12.30	13.77	5.9	12.34	2.5

Hasil pengujian tanpa beban menunjukkan bahwa sistem menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 13.19V dengan arus maksimum sebesar 6.3A. Tegangan output maksimum tercatat sebesar 13.80V pada pukul 12.00 siang saat intensitas cahaya matahari paling tinggi.

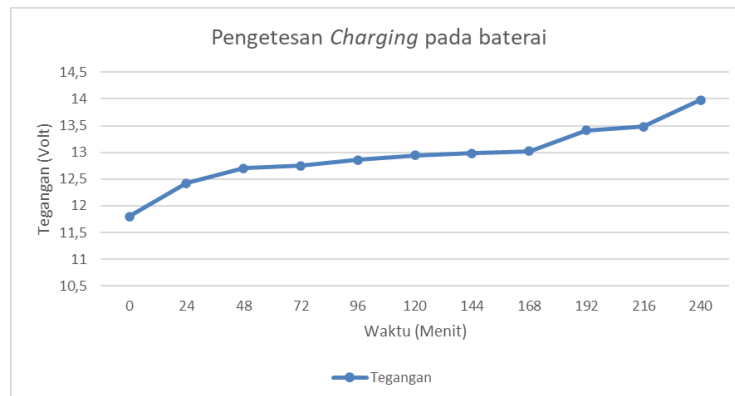


Gambar 4. Grafik pengukuran tanpa beban

Pada gambar 4 merupakan grafik pengukuran tanpa beban, pengujian melakukan pengukuran output tegangan pada solar panel dan tegangan input pada baterai, pengujian berlangsung pada jam 09.00 sampai 12.30

3.2. Pengujian Pengisian Baterai

Berikut merupakan grafik dari hasil pengetesan *charging* pada baterai.



Gambar 5. pengujian charging pada baterai

Pengujian pengisian baterai menunjukkan bahwa dalam waktu 4 jam, baterai VRLA 65Ah mampu mencapai tegangan maksimum 13.98V dari kondisi awal 11.8V. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat secara efektif mengisi daya baterai dalam waktu yang relatif singkat.

3.3. Pengoperasian Pompa Air Submersible

Berikut merupakan data pada saat pengujian menggunakan pompa air submersible.

Pukul	Pengukuran Baterai (DC)			Pengukuran Pompa Air (AC)		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
09.00	12.65	2.4	30.36	218	1.2	180.5
09.30	12.39	2.0	24.78	217	1.1	164.7
10.00	12.37	2.3	28.45	216	1.1	163.9
10.30	12.35	2.6	32.11	213	1.1	161.6
11.00	12.19	2.7	32.91	214	1.1	162.4
11.30	12.70	2.6	33.02	216	1.1	163.9
12.00	12.38	2.2	27.24	214	1.1	162.4
12.30	12.34	2.5	30.85	213	1.1	161.6
Rata rata						165.1

Saat diuji dengan pompa air submersible, sistem mampu menghasilkan daya rata-rata sebesar 165.1 W, dengan daya maksimum sebesar 180.5 W pada pukul 10.30 pagi. Tegangan output inverter yang digunakan untuk menjalankan pompa tercatat stabil di kisaran 213V hingga 218V.



Gambar 6. Pengukuran Arus Pada baterai

Pada gambar 6 penguji melakukan pengukuran arus atau *ampere* pada baterai yaitu 2.6A pada saat pukul 10.30

3.4. Efisiensi Sistem

Berikut merupakan hasil dari pengujian discharge dan pengoperasian menggunakan beban

Tabel 4. pengujian discharge menggunakan beban pompa

No	Waktu (menit)	Test Discharge VRLA 65Ah Baterai (V)
1	0	12.54
2	20	12.52
3	40	12.25
4	60	12.22
5	80	12.16
6	100	12.14
7	120	12.11
8	140	12.10
9	180	11.8

Dari hasil pengujian, sistem PLTS ini dapat menyediakan daya yang cukup untuk mengoperasikan pompa air submersible selama 3 jam penuh tanpa tambahan sumber daya dari PLN. Dengan kapasitas yang digunakan, sistem ini dapat mendukung kebutuhan air di daerah terpencil dengan efisiensi yang cukup tinggi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem PLTS 160 WP yang dirancang mampu menyediakan daya yang stabil untuk mengoperasikan pompa air submersible. Tegangan dan arus yang dihasilkan memenuhi kebutuhan sistem dengan efisiensi pengisian baterai yang optimal. Dengan hasil ini, PLTS dapat menjadi solusi energi terbarukan yang dapat diterapkan di daerah dengan keterbatasan listrik. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam berbagai kondisi cuaca serta mengoptimalkan kapasitas penyimpanan energi untuk penggunaan jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Amudy, M., Musfadry, A., & Hamdani. (2021). Pemanfaatan energi terbarukan: Satu kajian pemanfaatan energi surya untuk pembangkit listrik di Universitas Samudra. *Jurnal POLIMESIN*, 19(2), 188–193.
- Anggiat Situmorang, M., Dwi Giriantari, I. A., & Setiawan, I. N. (2022). Perancangan Plts Atap Gedung Perpustakaan Universitas Udayana. *Jurnal SPEKTRUM*, 9(2), 89. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2022.v09.i02.p11>
- Ati, M., & Hafid, A. (2023). *Analisis PLTS 200 KWP di Pulau Karanrang*. 7, 20834–20845.
- Barik, Z. A., Adi, W. W., Kilang, T. I., & Energi, P. (2024). *Prototype Cooling System pada PLTS Berbasis ESP32 dengan Metode Moving Average Filters (MAF)* Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Indonesia energi masa depan yang , bersih , bebas polusi , gratis dan tak ada habisnya (Sofijan , 2021). *Prinsip kerj.* 4(3), 1805–1814.
- Dedi Wiriastika, I. P., Setiawan, I. N., & Sukerayasa, I. W. (2022). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tempat Olah Sampah Setempat Werdi Guna Desa Gunaksa Kabupaten Klungkung. *Jurnal SPEKTRUM*, 9(1), 44. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2022.v09.i01.p6>
- Firmansyah, A., Irna, I., Yuniastuti, T., Sari, C., & Sari, C. (2024). *Optimasi Solar Tracker Tanpa Sensor Pada Photovoltaic (PV)*. 11(14).
- Gunawan, L. A., Agung, A. I., Widyartono, M., & Haryudo, S. I. (2021). Rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya portable. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 65–71.

- Hasrul, R. (2021). Sistem Pendinginan Aktif Versus Pasif Di Meningkatkan Output Panel Surya. *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, 5(2), 79–87. <https://journal.unilak.ac.id/index.php/SainETIn/index>
- Irawati, I., Sunardi, S., & Nurwanto, A. (2023). Rancang Bangun Alat Pakan Ikan Otomatis Berbasis Catuan Panel Surya. *JEIS: Jurnal Elektro Dan Informatika Swadharma*, 3(1), 22–30. <https://doi.org/10.56486/jeis.vol3no1.288>
- Juli Sutiawan, D. E., Notosudjono, D., Rijadi, B. B., & Yamato, Y. (2024). Analisis Teknis Dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Berbasis PVsyst. *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, 6(1), 110–119. <https://doi.org/10.33650/jeecom.v6i1.8299>
- Pendidikan, J. (2023). *PENGUNAAN SOLAR SELL PADA POMPA AIR DC 12 V SUBMERSIBLE 280 W UNTUK SUMUR BOR 30 M Sriwijaya Palembang Sumatera Selatan , Indonesia PENDAHULUAN* Sumur bor merupakan suatu cara pengambilan air tanah dengan cara menancapkan pipa kedalam tanah sampai kedalam. 10(1), 105–118.
- Sartika, N., Fajri, A. N. R., & Kamelia, L. (2023). Perancangan Dan Simulasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Atap Pada Masjid Jami' Al-Muhajirin Bekasi. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 25(1), 1–9. <https://doi.org/10.14710/transmisi.25.1.1-9>
- Suratno, S., & Cahyono, B. D. (2023). Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Catu Daya Pompa Air Submersible. *Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, 7(2), 309–319. <https://doi.org/10.36277/jteuniba.v7i2.220>
- Suyanto, M., Priyambodo, S., E.P, P., & Purnama Aji, A. (2022). Optimalisasi Pengisian Accu Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Dengan Solar Charge Controller (MPPT). *Jurnal Teknologi*, 15(1), 22–29. <https://doi.org/10.34151/jurtek.v15i1.3929>
- Wijanarko, Y., & Faizi, M. N. (2024). *ANALISIS KEBUTUHAN DAYA PLTS OFF-GRID DALAM MENDUKUNG SISTEM MONITORING LINGKUNGAN AEROPONIK*. 18(Ii), 38–43.
- Yamato, Y., & Rijadi, B. B. (2022). Analisis Kebutuhan Modul Surya Dan Baterai Pada Sistem Penerangan Jalan Umum (PJU). *Jurnal Elektro Teknik*, 1(1), 30–38. <https://journal.unpak.ac.id/index.php/JET/article/view/4819>