

Rancang Bangun Sistem Tenaga Surya Kapasitas 20Wp untuk Mengetahui Efisiensi sebagai Sumber Tenaga Listrik

Marwan Hakim¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang
¹Jl. Raya Puspitek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

¹marwanhakim17@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 2 Agustus 2024
revisi : 4 Oktober 2024
diterima : 4 November 2024
dipublish : 30 November 2024

ABSTRAK

Di era modern saat ini, listrik menjadi kebutuhan yang sangat vital bagi kehidupan manusia. Seiring berkembangnya teknologi, kebutuhan akan energi listrik untuk mendukung aktivitas sehari-hari terus meningkat. Ketiadaan pasokan listrik dapat mengganggu kelancaran aktivitas tersebut. Saat ini, sebagian besar energi listrik masih bersumber dari hasil turunan minyak bumi seperti batubara, gas alam, dan bensin. Namun demikian, terdapat alternatif energi terbarukan yang mulai dimanfaatkan, salah satunya adalah energi matahari. Energi matahari dapat digunakan sebagai sumber listrik untuk sistem penerangan melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Dalam sistem ini, efisiensi modul fotovoltaik (PV) menjadi faktor penting karena berperan dalam menyerap radiasi matahari untuk menghasilkan arus dan tegangan listrik. Rangkaian sistem tenaga surya yang digunakan terdiri dari panel surya 20 Wp, Solar Charge Controller (SCC), baterai, inverter, dan lampu penerangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi sistem PLTS dalam menyuplai kebutuhan listrik untuk industri ringan atau rumah tangga, khususnya pada sistem penerangan. Efisiensi dinilai berdasarkan perbandingan antara daya yang dihasilkan dengan daya dari radiasi matahari. Pengukuran dilakukan secara harian, dan hasilnya menunjukkan bahwa tegangan tertinggi terjadi pada pukul 12:00 WIB sebesar 13,6 V, dengan suhu 33,9°C, arus 0,72 A, intensitas radiasi matahari 236,8 W/m², menghasilkan daya 9,8 watt dengan daya input 36,7 watt, dan efisiensi 27%. Sementara itu, tegangan terendah tercatat pada pukul 11:00 WIB sebesar 13,0 V dengan suhu 33,2°C, arus 0,60 A, intensitas radiasi 64,2 W/m², daya keluaran 7,8 watt, daya input 9,9 watt, dan efisiensi tertinggi sebesar 78%.

Kata kunci : PJU; Tenaga surya; Radiasi matahari; Efisiensi

ABSTRACT

In today's modern era, electricity plays a crucial role in human life. As technology advances, the demand for electrical energy to support daily activities continues to grow. A lack of electricity supply can disrupt these activities. Currently, most electricity is still derived from fossil fuels such as coal, natural gas, and gasoline.

However, alternative renewable energy sources are increasingly being utilized, one of which is solar energy. Solar energy can be used as a power source for lighting systems through Solar Power Plants (PLTS). In this system, the efficiency of photovoltaic (PV) modules is essential, as they absorb solar radiation to generate electrical current and voltage. The solar power system used in this study consists of a 20 Wp solar panel, a solar charge controller (SCC), a battery, an inverter, and lighting lamps. The purpose of this research is to evaluate the efficiency of a solar power system in supplying electricity for light industrial or household use, specifically for lighting purposes. Efficiency is assessed based on the comparison between the output power and the solar radiation input. Daily measurements were conducted, and the results show that the highest voltage was recorded at 12:00 PM at 13.6 V, with a temperature of 33.9°C, a current of 0.72 A, solar radiation intensity of 236.8 W/m², generating 9.8 watts of power with an input power of 36.7 watts, resulting in an efficiency of 27%. Meanwhile, the lowest voltage was recorded at 11:00 AM at 13.0 V, with a temperature of 33.2°C, a current of 0.60 A, solar radiation intensity of 64.2 W/m², producing 7.8 watts of power with 9.9 watts of input power, and the highest efficiency recorded was 78%.

Keywords : PJU; Solar power; Solar radiation; Efficiency

PENDAHULUAN

Dalam periode mutakhir ini, kekuasaan sangat penting dan signifikan bagi orang-orang. Dengan kemajuan zaman sekarang dan inovasi, kebutuhan tenaga untuk membantu aktivitas manusia sangat besar (Pada et al., 2022)(Mahsus & Latipah, 2021). Tidak adanya energi listrik dapat mempengaruhi kemajuan aktivitas manusia. Sampai saat ini, energi listrik secara umum masih dapat diakses dari pemanfaatan produk minyak bumi seperti batubara, gas yang mudah terbakar dan minyak (Kharisma et al., 2024). Sistem pembangkit listrik dari sumber energi fosil ini memiliki efek buruk, menyebabkan polusi serius dan menghabiskan cadangan bahan bakar fosil (Ferdyson & Windarta, 2023). Masalah tersebut menimbulkan masalah bagi keberlangsungan kehidupan manusia di masa depan. Untuk alasan ini, umat manusia sekarang mencoba menggunakan energi terbarukan sebagai sumber listrik (Pangestu & Ayuningsasi, 2024). Energi terbarukan tersebut antara lain energi angin, energi matahari dan gelombang laut. Salah satu pemanfaatan energi listrik yang dibutuhkan manusia adalah penerangan malam hari. Tujuan penelitian ini yaitu untuk melihat efisiensi suatu sistem pembangkit tenaga listrik yang energinya berasal dari radiasi matahari untuk digunakan pada listrik industri atau skala rumah tangga yang akan digunakan oleh peralatan listrik salah satunya adalah penerangan. Dalam hal ini efisiensi energi dilihat dari sinar matahari, sumber listrik yang mengantikan listrik (Triyanto, Dewi, et al., 2023).

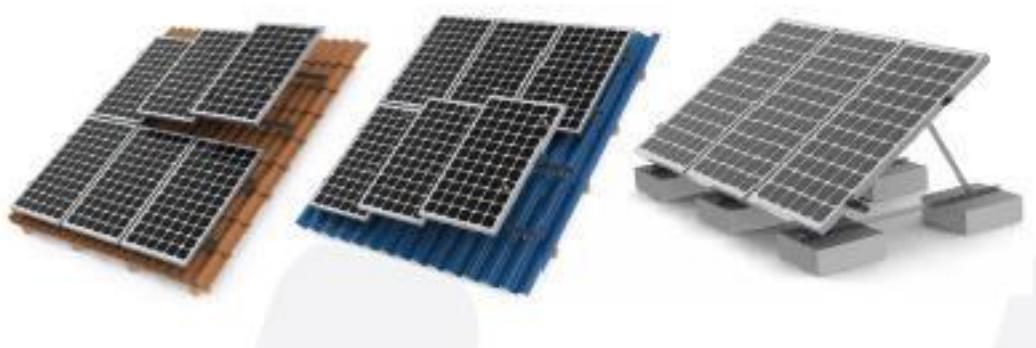
Hasil dari output arus searah (DC), selanjutnya arus searah atau *direct current* disimpan di dalam baterai. Arus searah diubah menjadi arus bolak-balik (AC) oleh inverter

dan didistribusikan ke beban. Saat ini kita menggunakan listrik konvensional atau listrik yang disediakan PLN untuk menjalankan aktivitas sehari-hari, karena hal ini tentunya akan mengakibatkan biaya tagihan listrik yang dapat mempengaruhi total biaya operasional bulanan. Oleh karena itu, diharapkan ketika menggunakan alat ini dapat mengurangi jumlah pengeluaran bulanan untuk tagihan listrik karena alat ini menggunakan energi terbarukan atau energi yang bersumber dari cahaya dan panas matahari. Berdasarkan penjelasan di atas, penulis merancang lampu penerangan tenaga surya untuk mengetahui efisiensi modul surya sebagai daya penerangan menggunakan panel surya 20 Wp dan lampu penerangan (Triyanto et al., 2022).

TEORI

Salah satu aplikasi PLTS yang paling sederhana yang dapat diterapkan langsung ke daerah sekitar adalah Penerangan Jalan Umum (PJU) Berbasis Sinar Matahari (Ariohman et al., 2021). Kehadiran kerangka penerangan jalan berorientasi matahari dapat menjadi jawaban dan memberikan sesuatu yang sangat signifikan bagi jaringan jauh yang tidak dapat menghargai daya (PLN) karena keadaan topografi atau keterbatasan jaringan diseminasi oleh otoritas publik (Wihardja et al., 2023). Hemat karena tidak membutuhkan bahan bakar dan hampir tidak memerlukan biaya operasional. Dapat dipasang dimana saja dan dapat dipindahkan sesuai kebutuhan. Terpusat PLTS dipasang di daerah dan daya yang dihasilkan didistribusikan ke lokasi yang diperlukan melalui jaringan distribusi atau didistribusikan setiap sistem berdiri sendiri atau individu dan tidak memerlukan jaringan distribusi Dapat dilaksanakan. Karena strukturnya yang modular, daya yang dihasilkan dapat disesuaikan dengan kebutuhan dengan menghubungkan modul secara seri dan paralel. Dapat dioperasikan secara otomatis (tanpa awak) atau operator (dapat dioperasikan). Tidak ada kebisingan dan tidak ada pencemaran lingkungan. Efisiensi merupakan perbandingan terbaik antara usaha dan hasil yang dicapai tanpa membuang waktu, biaya, atau tenaga (Energi & Ciwaruga, 2022).

Gambar 1 merupakan panel surya yang dapat digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Untuk memanfaatkan potensi energi ini, dua jenis teknologi surya telah diterapkan energi surya fotovoltaik dan energi surya termal (Yuwono et al., 2021).



Gambar 1. Panel surya (Yuwono et al., 2021)

Sel surya polycrystalline cukup sensitif dan bisa mendapatkan energi tinggi dari matahari meskipun cahaya intensitasnya rendah. Namun, itu hanya memiliki rasio kinerja sebesar 0,61 yang lebih rendah dari sel surya monocrystalline (Ayadi et al., 2022).

Sistem off-grid adalah sistem standalone yang tidak terhubung dengan sistem grid. Sistem PV grid-independen adalah sistem yang tidak secara khusus terhubung ke jaringan listrik publik. Sistem off-grid dapat menghasilkan listrik dan mengoperasikan peralatan itu sendiri. Ini disebut grid kecil atau sistem yang berdiri sendiri (Sahar et al., 2024). Lampu adalah sumber cahaya yang digunakan di mana-mana dalam kehidupan kita sehari-hari. Saat ini, berbagai jenis lampu digunakan, salah satunya adalah jenis lampu LED (Suryono & Supriyati, 2021).

Solar charge controller merupakan salah satu komponen dari sistem fotovoltaik yang berperan sebagai pengatur baik daya yang masuk maupun yang keluar dari papan surya. Digunakan untuk melindungi baterai dari pengisian yang berlebihan. Solar charge controller mengatur tegangan dan arus dari panel surya ke baterai. Kebanyakan panel surya 12 Volt menghasilkan tegangan keluaran sekitar 16-20 Volt DC. Karena itu, jika tidak disetel baterai akan rusak karena pengisian daya yang berlebihan. Umumnya, pengisian penuh baterai 12 Volt membutuhkan tegangan pengisian sekitar 13 hingga 14,8 volt (Damanik et al., 2021).



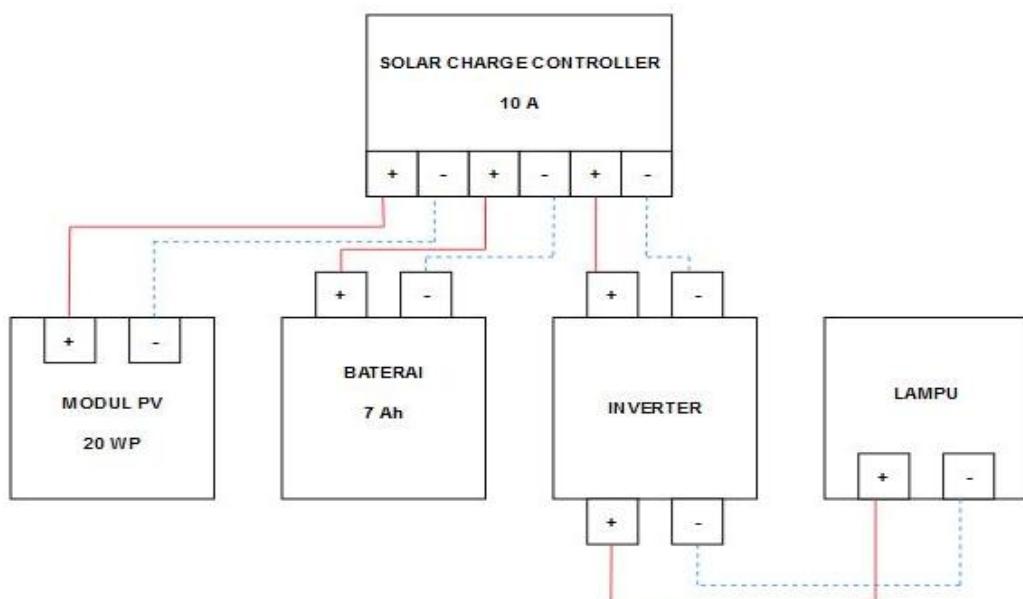
Gambar 2. SCC Jenis PWM (Wahidin et al., 2022)

Baterai merupakan perangkat yang berisi sel listrik yang dapat menyimpan energi dan mengubahnya menjadi listrik. Proses elektrokimia yang terjadi dalam baterai terdiri dari dua fase, fase pelepasan dan fase pengisian. Tahap discharge adalah proses pengubahan energi kimia menjadi energi listrik, dan tahap charging adalah proses pengubahan energi listrik menjadi energi kimia dengan melewatkannya arus dalam sel dengan arah polaritas yang berlawanan (Putri et al., 2022).

Inverter adalah rangkaian yang mengubah tegangan DC sepenuhnya menjadi tegangan AC. Menariknya, inverter memindahkan tegangan dari catu daya DC ke beban AC. Catu daya untuk inverter dapat berupa baterai, pengisi daya berbasis sinar matahari atau catu daya DC lainnya (Triyanto, Rozak, et al., 2023).

METODOLOGI

Diagram blok terdiri dari proses penangkapan radiasi matahari oleh PV yang akan mengisi baterai (baterai) dan dikendalikan oleh SCC yang kemudian akan diubah oleh inverter dari arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) untuk menghidupkan beban, yaitu penerangan. Gambar 3 merupakan blok diagram dalam proses penelitian yang dilakukan.



Gambar 3. Blok diagram perancangan sistem

Sistem panel surya yang akan menjadi sumber tenaga lampu penerangan membutuhkan komponen seperti PV, SCC, Baterai, Inverter dan juga beban yaitu Lampu penerangan untuk dapat di jalankan. Dengan menghubungkan PV ke baterai maka baterai akan menyimpan energi yang di serap oleh PV dan pada saat pengisian baterai akan di kontrol oleh SCC. Arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya yang di simpan di dalam baterai adalah DC maka dari itu diperlukan inverter untuk mengubah arus DC ke AC agar dapat menjalankan lampu penerangan.

Desain ini menggunakan bahan hollo galvanis dengan diameter 40 x 40 mm. Panel surya adalah suatu alat yang terdiri dari sel surya untuk menyerap atau menyimpan energi matahari, dan sumber energinya adalah energi matahari sebagai sumber kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk beban ringan 5 watt. Solar charging controller digunakan untuk mengontrol pengisian baterai dengan energi yang dihasilkan oleh panel surya. Baterai digunakan untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya untuk menyalakan beban setelah diubah dari DC ke AC oleh inverter. Berdasarkan struktur pekerjaan dalam penelitian terdapat *miniatur circuit breaker* yang berfungsi sebagai pengaman atau sakelar dan beban terdiri lampu penerangan 5 watt.

Perhitungan kebutuhan panel surya dan penggunaan daya listrik yang dibutuhkan pada proses penelitian dapat diuraikan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data penggunaan beban

Komponen	Daya (watt)	Operasional (jam)	Energi (Wh)
Lampu	5	12	60
Lampu	20	12	240
Lampu	30	12	360
Total Energi			660

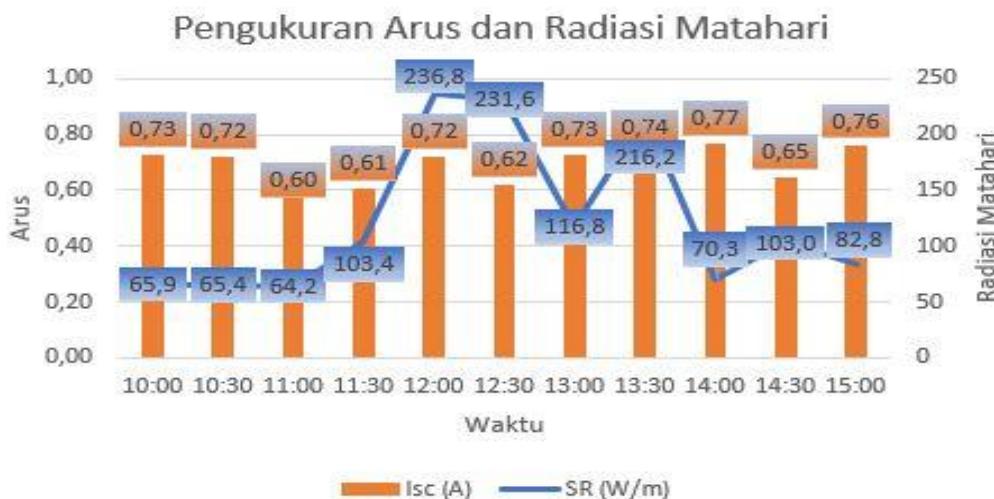
$$\Sigma p = \frac{TE(\text{Total Energi})}{\text{Kapasitas panel} \times \text{Waktu efektif matahari}} \quad (1)$$

$$\Sigma p = \frac{660 \text{ Wh}}{20 \text{ Wp} \times 4,7 \text{ jam}} = 7,01 = 8 \text{ unit PV}$$

$$8 \text{ Unit PV} \times 20 \text{ wp} \times 4,7 \text{ jam} = 752 \text{ Wh} > 660 \text{ Wh}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian pengujian *short circuit current* dapat diuraikan dengan gambar 4 yang merupakan hasil dari data nilai arus pada penelitian.



Gambar 4. Data pengukuran arus dan radiasi

Pada saat pengukuran dilakukan dari pukul 10:00 hingga 15:00, arus tertinggi adalah 0,77A pada radiasi matahari 70,3 W/m² dan arus terendah adalah 0,60A pada radiasi matahari 64,2 W/m².

Pengukuran suhu dan tegangan terdapat pada penunjukkan gambar 9 yang dapat dilihat bahwa tegangan maksimum pada 12:00 adalah 13,6V pada 33,9 °C dan tegangan minimum adalah 13,0V pada 33,2 °C.



Gambar 5. Data pengukuran suhu dan tegangan

Hasil efisiensi panel surya. Efisiensi dapat diukur dengan mengetahui daya masuk dan daya keluar. Terlihat pada grafik bahwa dari jam 10:00 s/d 15:00 menghasilkan efisiensi terbaik pada jam 10:00 dengan nilai efisiensi 96 %. Sedangkan pengukuran panel surya 20 WP saat pengisian baterai, data menunjukkan bahwa tegangan tertinggi diperoleh 13,6V pada suhu 33,9 °C dan tegangan terendah 13,0 V pada suhu 33,2 °C. Sedangkan arus tertinggi adalah 0,77 A pada radiasi 70,3 W/m2 dan arus terendah adalah 0,60 A pada suhu 33,2 °C. radiasi 64,2 W/m2. Dengan nilai suhu rata-rata 33,9 °C, arus rata-rata adalah 0,70 A dan tegangan rata-rata adalah 13,23 V.

Hasil pengujian lampu penerangan 5 W dengan sumber daya dari sistem panel surya. Kondisi baterai 7 Ah 12 Volt yang telah terisi penuh melalui modul panel surya 20 WP yang digabungkan dengan SCC. Data hasil pengujian sistem dari panel surya hingga penerangan. Pada pengujian sistem dengan menggunakan beban penerangan dapat dilihat bahwa arus dan tegangan berbanding lurus, jika tegangan turun maka arus akan bertambah sedangkan jika tegangan bertambah maka arus yang mengalir akan berkurang.

Efisiensi panel surya dan baterai dapat dihitung dengan uraian di bawah ini:

$$\frac{Po(\text{Baterai})}{Pi(\text{PV})} \times 100\% = \frac{6,95}{9,20} \times 100\% = 75\%$$

Keterangan:

Po (Baterai) : Rata – rata arus x rata – rata tegangan baterai

Pi (PV) : Rata – rata arus x rata – rata tegangan panel surya

Efisiensi inverter dan lampu dapat dihitung dengan uraian di bawah ini,

Percobaan pengukuran menggunakan beban lampu 5 watt:

$$\frac{Po(Lampu)}{Pi(Injector)} \times 100\% = \frac{2,30}{2,31} \times 100\% = 99\%$$

Percobaan pengukuran menggunakan beban lampu 20 watt

$$\frac{Po(Lampu)}{Pi(Injector)} \times 100\% = \frac{20,70}{20,97} \times 100\% = 98\%$$

Percobaan pengukuran menggunakan beban lampu 30 watt

$$\frac{Po(Lampu)}{Pi(Injector)} \times 100\% = \frac{29,90}{30,03} \times 100\% = 99\%$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan konfigurasi panel surya 20 Wp, SCC, baterai, inverter, dan lampu penerangan memiliki kemampuan untuk menghasilkan energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan penerangan rumah tangga atau industri ringan. Efisiensi sistem sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang diterima, di mana efisiensi tertinggi tercapai saat intensitas radiasi rendah, menunjukkan bahwa sistem mampu memaksimalkan daya serap meskipun input radiasi rendah. Sebaliknya, pada intensitas radiasi yang tinggi, efisiensi justru menurun karena daya input yang besar tidak sepenuhnya dikonversi menjadi daya keluaran. Hal ini menunjukkan pentingnya evaluasi harian terhadap performa modul PV agar sistem PLTS dapat dioptimalkan sesuai kondisi lingkungan untuk mencapai efisiensi yang lebih baik dalam pemanfaatan energi matahari sebagai sumber listrik alternatif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada seluruh dosen Teknik Elektro Universitas Pamulang, Bagus Pembudi dan pihak-pihak terkait lainnya yang telah membantu penelitian ini hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Arirohman, I. D., Yunesti, P., Wicaksono, R. M., Harahap, A. B., Miranto, A., Arysandi, D., Fatmawati, Y., & Wahab, R. R. (2021). Pemanfaatan Panel Surya sebagai Penerangan Jalan Umum (PJU) di Kampung Wisata Agrowidya, Rajabasa Jaya, Lampung. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 1(2), 365–372. <https://doi.org/10.54082/jamsi.131>
- Ayadi, O., Shadid, R., Bani-Abdullah, A., Alrbai, M., Abu-Mualla, M., & Balah, N. A. (2022). Experimental comparison between Monocrystalline, Polycrystalline, and Thin-film solar systems under sunny climatic conditions. *Energy Reports*, 8(May), 218–230. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.06.121>

- Damanik, W. S., Pasaribu, F. I., Lubis, S., & ... (2021). Pengujian modul solar charger sotrol (SCC) pada teknologi pembuangan sampah pintar. ... *Elektrikal Dan Energi* ..., 3(2), 89–93.
- Energi, T. K., & Ciwaruga, D. (2022). *WORKSHOP PENGENALAN KOMPETENSI INSTALASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA WORKSHOP OF INTRODUCTION TO INSTALLATION COMPETENCY OF*. 8, 30–36.
- Ferdyson, F., & Windarta, J. (2023). Overview Pemanfaatan dan Perkembangan Sumber Daya Energi Surya Sebagai Energi Terbarukan di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.14710/jebt.2023.15714>
- Kharisma, A., Pinandita, S., & Jayanti, A. E. (2024). Literature Review: Kajian Potensi Energi Surya Alternatif Energi Listrik. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 5(2), 145–154. <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.23956>
- Mahsus, M., & Latipah, E. (2021). Metodologi Eduinnova: Pembelajaran kolaboratif yang diintegrasikan dengan teknologi untuk meningkatkan keaktifan dan interaksi siswa dalam pembelajaran daring. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.21831/jitp.v8i2.38706>
- Pada, U., Karang, P., Rw, T., Rempoa, K., Ekonomi, F., Banten, U. P., Bisnis, E., Banten, U. P., & Banten, U. P. (2022). *MEMBANGUN KESADARAN KEMANDIRIAN DENGAN INOVASI DAN KREATIFITAS*. 1(1), 62–65.
- Pangestu, R. C. K., & Ayuningsasi, A. A. K. (2024). Pengaruh Konsumsi Energi Sektor Industri, Rumah Tangga, dan Transportasi terhadap Emisi Karbon di Indonesia. *Inisiatif: Jurnal Ekonomi, Akuntansi Dan Manajemen*, 3(4), 297–311.
- Putri, M. R., Setyawan, F. X. A., & Sumadi, S. (2022). Sistem Kontrol Beban Dan Monitoring Daya Baterai Pada Panel Surya 50Wp Untuk Aplikasi Penerangan Berbasis Internet of Things. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 10(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v10i3.2640>
- Sahar, M., Hayati, M., Syahrizal, S., Gunawan, A., & Alfizah, A. (2024). Rancang Bangun Trainer PLTS On Grid dan Off Grid Sebagai Penunjang Praktikum. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 6(3), 385–394. <https://doi.org/10.47233/jtekisis.v6i3.1373>
- Suryono, & Supriyati. (2021). Rancang Bangun Sensor Gesture Sebagai Pengganti Saklar Pengontrol Lampu Tanpa Sentuhan. *Orbith*, 17(1), 12–22.
- Triyanto, A., Dewi, L., & Salsabila, S. (2023). *Desain dan Rancang Bangun Panel Surya 100 WP Terhadap Pengaruh Radiasi dan Beban Motor DC*. 5(1), 21–26.
- Triyanto, A., Firasanto, G., Mualim, E., Agus, D., & Utomo, L. (2022). *Implementasi dan Sosialisasi Prototipe Panel Surya 30 WP sebagai Pembelajaran di Lab SMK Khazanah Kebajikan Pondok Cabe Pamulang, Tangerang Selatan*. 2(6), 1849–1856.
- Triyanto, A., Rozak, O. A., & Aditya, A. (2023). Calculation Array Solar Panel Capacity of 50 kWP Pamulang University South Tangerang. *PROtek: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 10(3), 193–198. <https://doi.org/10.33387/protk.v10i3.5795>
- Wahidin, N. F., Yadie, E., & Putra, M. A. (2022). Analisis Perbandingan Solar Charging Controller (SCC) Jenis PWM Dan MPPT Pada Automatic Handwasher with Workstation Bertenaga Surya Politeknik Negeri Samarinda. *PoliGrid*, 3(1), 12.

- <https://doi.org/10.46964/poligrid.v3i1.1490>
- Wihardja, M. M., Arifin, B., & Amir, M. F. (2023). Menuju Sistem Agropangan Yang Lebih Berkelaanjutan Di Indonesia. *Center for Indonesian Policy Studies*, 17.
- Yuwono, S., Diharto, D., & Pratama, N. W. (2021). Manfaat Pengadaan Panel Surya dengan Menggunakan Metode On Grid. *Energi & Kelistrikan*, 13(2), 161–171.
<https://doi.org/10.33322/energi.v13i2.1537>