



Analisis Pengaruh Cover Mika Bening pada Panel Surya Monokristal 50WP terhadap Pengisian Baterai Skuter Listrik

Muhammad Hilmi Wahyu Hadi^{1*}, Asrori Asrori²

¹⁻²Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

*Penulis korespondensi: myhilmi121202@gmail.com¹

Abstract. *The advancement of automotive technology has accelerated the adoption of renewable-energy-based electric vehicles, including the integration of solar panels on electric scooters. Indonesia's tropical climate provides abundant solar energy potential; however, the limited surface area of scooters often restricts panel placement to the footrest section. This study aims to evaluate the impact of using a 10 mm clear acrylic cover on the performance of a 50 Wp monocrystalline solar panel in an electric scooter battery-charging system. An experimental method was employed by comparing the panel's performance under two conditions: without a cover and with the acrylic cover installed. Key parameters observed included voltage, current, and charging power, recorded using a data logger. Tests were conducted for 30 minutes under varying solar radiation intensities. The results indicate that the acrylic cover reduces the panel's output power, from 55 W to 45 W at a solar radiation intensity of approximately 1100 W/m². These findings suggest that the use of an acrylic cover must be carefully considered to maintain optimal charging system performance.*

Keyword: *Acrylic Cover; Renewable Energy; Skuter Listrik; Solar Panels; System Performance*

Abstrak. Perkembangan teknologi otomotif telah mempercepat adopsi kendaraan listrik berbasis energi terbarukan, termasuk integrasi panel surya pada skuter listrik. Iklim tropis Indonesia menyediakan potensi energi surya yang melimpah; namun, keterbatasan luas permukaan skuter sering kali membatasi penempatan panel pada bagian pijakan kaki. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh penggunaan penutup akrilik (mika) bening setebal 10 mm terhadap kinerja panel surya monokristalin 50 Wp pada sistem pengisian baterai skuter listrik. Metode eksperimen digunakan dengan membandingkan kinerja panel dalam dua kondisi: tanpa penutup dan dengan penutup akrilik. Parameter utama yang diamati meliputi tegangan, arus, dan daya pengisian, yang direkam menggunakan data logger. Pengujian dilakukan selama 30 menit pada intensitas radiasi matahari yang bervariasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan penutup akrilik menurunkan daya keluaran panel, dari 55 W menjadi 45 W pada intensitas radiasi sekitar 1100 W/m². Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan penutup akrilik perlu dipertimbangkan dengan cermat agar kinerja sistem pengisian tetap optimal.

Kata kunci: Energi Terbarukan; Kinerja Sistem; Panel Surya; Penutup Akrilik; Skuter Listrik

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi otomotif ditandai dengan meningkatnya pemanfaatan kendaraan berbasis energi alternatif dan terbarukan, termasuk kendaraan listrik yang ramah lingkungan (Asrori dkk., 2022; 2023). Indonesia sebagai negara tropis yang berada di garis khatulistiwa memiliki potensi energi matahari yang besar (Afif & Martin, 2022), dengan rata-rata radiasi harian mencapai 4800 Wh/m²; (Witono dkk., 2021). Kondisi ini menjadikan energi surya berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan.

Panel surya atau *fotovoltaik* (PV) merupakan perangkat yang berfungsi mengonversi radiasi matahari menjadi energi listrik (Windasari dkk., 2023). Menurut Usman (2020), panel surya yang tersedia di pasaran terdiri atas tiga jenis, yaitu *monokristalin*, *polikristalin*, dan *thin-film*. Panel surya *monokristalin* memiliki efisiensi relatif tinggi, yaitu sekitar 14–17%, namun kinerjanya menurun pada kondisi cuaca berawan (Darwin dkk., 2020). Panel *polikristalin*

Naskah Masuk: 21 November 2025; Revisi: 17 Desember 2025; Diterima: 17 Januari 2026;

Tersedia: 19 Januari 2026

memiliki efisiensi lebih rendah sehingga membutuhkan luas permukaan yang lebih besar (Fakhira dkk., 2023), sedangkan panel thin-film memiliki efisiensi modul hingga 8,5% (Hari dkk., 2018).

Pada penerapan panel surya pada scooter listrik, penempatan panel yang kurang tepat, seperti di bagian bawah deck, sering menyebabkan panel terhalang oleh kaki pengendara atau benda lain sehingga intensitas radiasi matahari yang diterima berkurang dan daya keluaran menjadi tidak optimal. Oleh karena itu, penelitian ini menganalisis perbandingan output panel surya monokristalin tipe kaku dan tipe lentur terhadap pengisian baterai LiFePO₄ pada scooter listrik, untuk mengetahui jenis panel dengan performa terbaik pada kondisi penggunaan nyata, termasuk saat terjadi hambatan sebagian. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan dalam perancangan sistem pengisian tenaga surya yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

2. KAJIAN TEORITIS

Yuhanandri & Asrori (2023) melakukan penelitian eksperimen mengenai perbandingan performa panel surya monokristalin dan polikristalin pada scooter listrik menggunakan sistem monitoring berbasis Arduino. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel surya monokristalin memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan panel surya polikristalin.

Effendi dkk. (2024) meneliti pengaruh kebersihan panel surya terhadap kinerja PLTS atap di kawasan perkotaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akumulasi debu dan polusi menurunkan daya keluaran panel, sedangkan pembersihan mampu meningkatkan kinerja PLTS, sehingga pemeliharaan rutin panel surya sangat diperlukan.

Hasil penelitian Yusuf dan Asrori (2023) menunjukkan perbandingan konsumsi daya dan performa baterai LiFePO₄ dan Li-Ion pada kendaraan listrik berbasis panel surya. Pengujian dilakukan pada jarak 100 meter dengan kecepatan konstan 19,78 km/jam menggunakan sistem *data logger* berbasis *Arduino*, di mana baterai LiFePO₄ memiliki konsumsi daya lebih tinggi namun unggul dalam daya keluaran serta kestabilan arus dan tegangan, sedangkan baterai Li-Ion lebih efisien dengan masa pakai yang lebih lama.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis pengaruh penggunaan cover mika terhadap daya pengisian baterai pada scooter listrik berbasis panel surya. Pengujian dilakukan dengan membandingkan kinerja panel surya pada kondisi tanpa cover mika dan dengan cover mika bening setebal 10 mm. Parameter yang diamati meliputi tegangan, arus, dan daya pengisian baterai yang diukur menggunakan data logger. Pengujian

dilakukan selama 30 menit pada kondisi intensitas radiasi matahari yang bervariasi. Untuk panel digunakan dalam penelitian ini seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi panel surya.

Spesifikasi	Panel Monokristal
P _{max}	50 Wp
I _{max}	2.78 A
V _{max}	18 V
V _{oc}	21.4 V
I _{sc}	3.33 A

Penelitian ini menggunakan solar charge controller (SCC) tipe maximum power point tracker (MPPT) dengan kapasitas daya masukan maksimum 260 W untuk sistem baterai 12 V dan 520 W untuk sistem baterai 24 V guna meningkatkan efisiensi pengisian. Energi listrik disimpan pada baterai LiFePO₄ yang dirangkai dari sel tipe 32700 berkapasitas 6 Ah dengan spesifikasi 12 V 12 Ah, menggunakan holder dan teknik spot welding, serta dilengkapi battery management system (BMS) 10 A 3S untuk mencegah overcharge. Baterai LiFePO₄ menggunakan lithium iron phosphate sebagai katoda dan karbon terinterkalasi lithium sebagai anoda, dengan kapasitas teoritis sekitar 170 mAh/g (Widjanarko dkk., 2019).



Gambar 1. Pengujian Panel surya pada scooter.

Alat dan bahan penelitian yang telah dijelaskan kemudian diaplikasikan pada skuter listrik sebagai media pengujian sistem pengisian berbasis panel surya. Konfigurasi skuter listrik saat pengujian ditunjukkan pada Gambar 1.

Daya yang diterima oleh panel surya diperoleh dari hasil perkalian antara intensitas radiasi matahari dengan luas permukaan efektif panel surya, sebagaimana dinyatakan pada Persamaan 1.

$$P_{in} = G \times A \dots\dots\dots(1)$$

Di mana :

P_{in} = Daya masuk panel (*Watt*)

G = Radiasi matahari (W/m^2)

A = Luas area cell panel (m^2)

Fill Factor adalah Ukuran kualitas yang menunjukkan performa panel surya dalam mengubah radiasi matahari menjadi daya listrik maksimum (Dahliyah, dkk, 2021). Rumus perhitungan tersebut seperti persamaan 2

$$FF = \frac{V_{max} \cdot i_{max}}{V_{oc} \cdot i_{sc}} \dots\dots\dots(2)$$

Di mana:

FF = *Fill Factor* (*Watt*)

V_{max} . = Tegangan Maksimal (*V*)

i_{max} . = Arus maksimal (*A*)

V_{oc} = Tegangan Rangkaian terbuka (*V*)

i_{sc} = Arus Hubung Singkat (*A*)

Daya keluaran panel surya dapat ditentukan melalui hasil perkalian antara tegangan aktual, arus aktual, dan nilai faktor pengisian (*fill factor/FF*), rumus tersebut ditunjukkan pada persamaan 3 (Fauzi, dkk., 2018)

$$P_{out} = V_{max} \cdot i_{max} \cdot FF \dots\dots\dots(3)$$

Di mana :

P_{out} = *Output* Daya panel (*Watt*)

V_{max} . = Tegangan aktual (*V*)

i_{max} . = Arus aktual (*A*)

FF = *Fill Factor* (*Watt*) Efisiensi panel surya didefinisikan sebagai perbandingan antara energi listrik yang dihasilkan dengan energi radiasi matahari yang diterima oleh panel surya pada luas permukaan tertentu. (Siregar & Harahap, 2024). Perhitungan efisiensi seperti pada persamaan 4.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

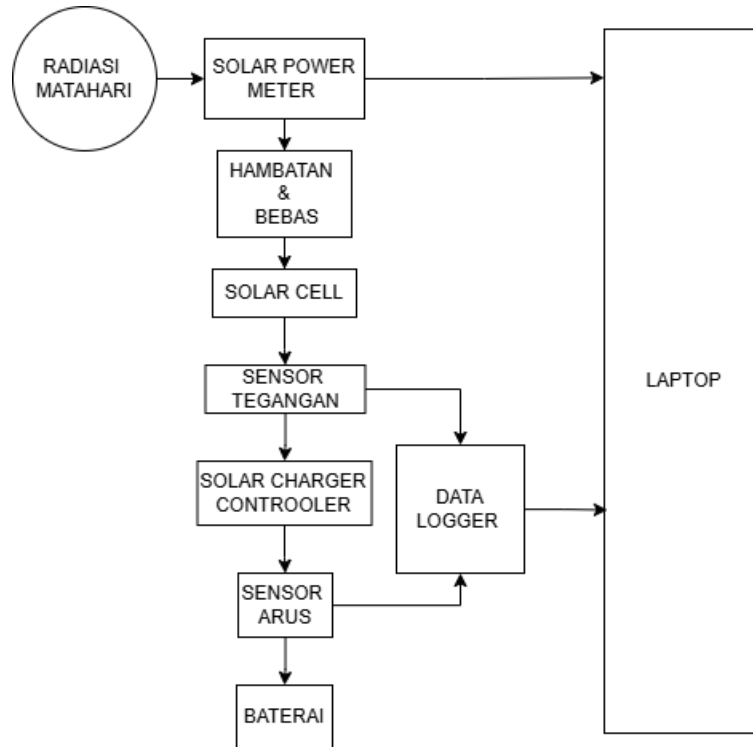
Di mana :

η = Efisiensi panel (%)

P_{in} = Daya masuk panel (*Watt*)

P_{out} = Daya keluar Panel (*Watt*)

Intensitas radiasi matahari diukur menggunakan *solar power meter* untuk memperoleh nilai intensitas energi cahaya matahari. Radiasi tersebut selanjutnya diterima oleh panel surya dan dikonversikan menjadi energi listrik melalui rangkaian sistem pengisian baterai *scooter* listrik, sebagaimana ditunjukkan pada skema *experimental set-up* pada Gambar 4.



Gambar 2. *Set Up Experiment* Pengisian Baterai.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

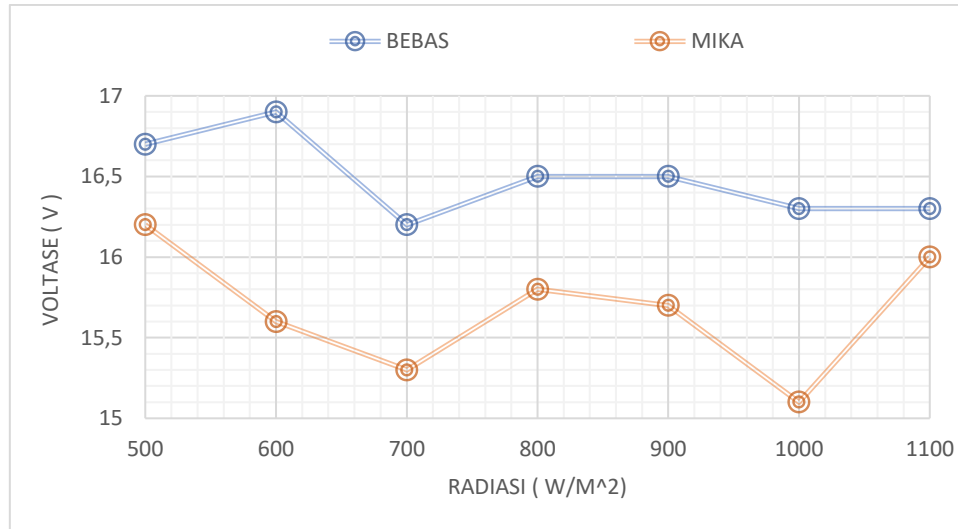
Pengujian dilakukan pada waktu yang berbeda sehingga intensitas radiasi matahari bervariasi. Oleh karena itu, analisis data didasarkan pada nilai radiasi matahari (W/m^2), bukan waktu. Sebelum disajikan dalam bentuk grafik, data pengukuran dikelompokkan berdasarkan tingkat radiasi matahari seperti pada Tabel 2 untuk memudahkan analisis pengaruh radiasi terhadap daya, tegangan, dan arus keluaran panel surya.

Tabel 2. Tabel Data Pengujian Panel Surya.

Radiasi (W/m^2)	Tanpa mika			Dengan mika		
	Volt	Arus	Watt	Volt	Arus	Watt
1100	16.3	3.389	55.2	16	2.816	45.06
1000	16.3	3.097	50.48	15.1	2.87	43.34
900	16.5	2.958	48.81	15.7	2.818	44.24
800	16.5	2.432	40.13	15.8	2.461	38.88
700	16.2	2.446	39.63	15.3	1.603	24.53
600	16.9	1.86	31.43	15.6	1.492	23.28

Grafik Tegangan Panel Terhadap Radiasi Intensitas radiasi

Grafik perbandingan tegangan *output* antara permukaan panel yang tanpa mika dan dengan mika 10cm. Data tegangan merupakan hasil dari pemilahan berdasarkan tiap variasi radiasi. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.

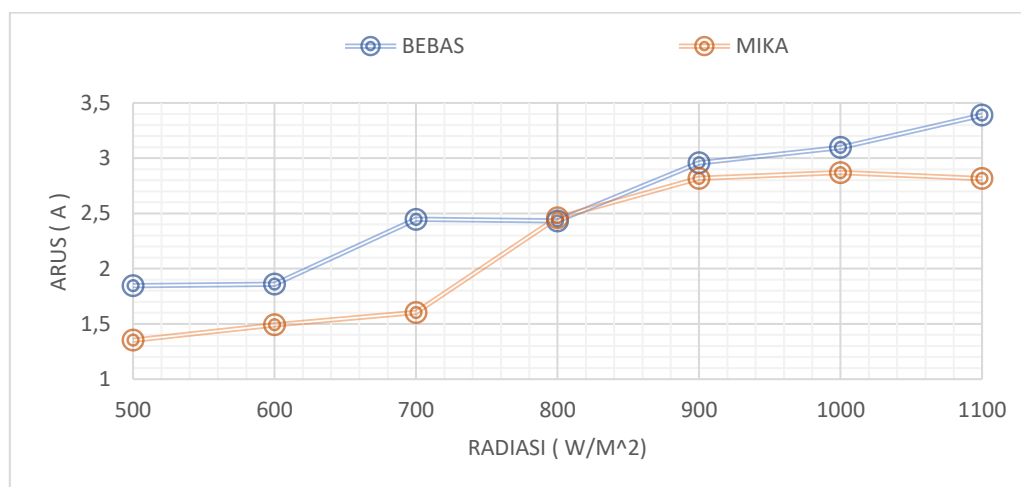


Gambar 3. Grafik pengaruh Radiasi Terhadap Tegangan.

Grafik hubungan radiasi matahari terhadap tegangan keluaran panel surya ditunjukkan pada Gambar 4. Tegangan panel surya tanpa mika relatif stabil pada kisaran 16,2–16,9 V, sedangkan penggunaan cover mika menghasilkan tegangan yang lebih rendah, terutama pada radiasi tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa cover mika mengurangi radiasi yang diterima panel sehingga menurunkan tegangan keluaran.

Grafik Arus Panel Terhadap Radiasi Intensitas radiasi

Gambar 5 merupakan hasil grafik perbandingan luaran arus terhadap radiasi matahari antara panel surya yang tanpa mika dan dengan mika 10cm.

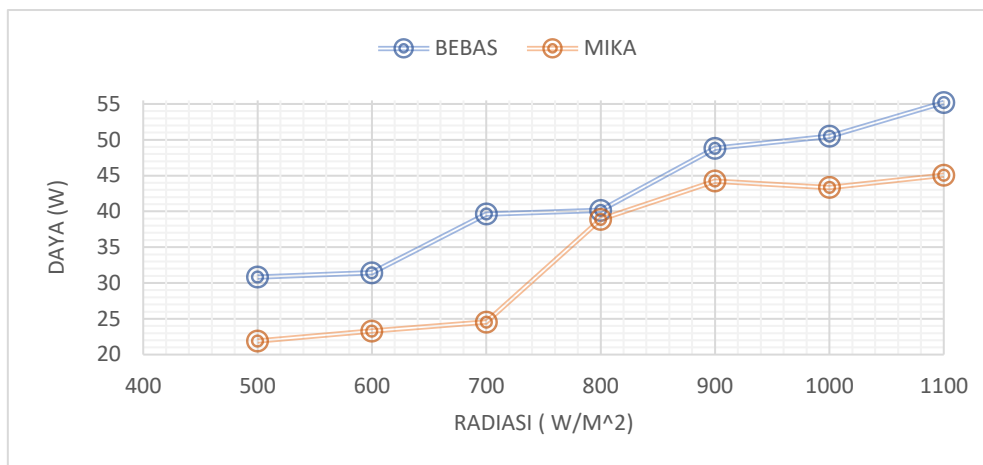


Gambar 4. Grafik Pengaruh Radiasi Terhadap Arus.

Pada grafik diatas, Arus keluaran meningkat seiring bertambahnya intensitas radiasi pada kedua kondisi, namun penggunaan cover mika menghasilkan arus yang lebih rendah dibandingkan tanpa mika, terutama pada radiasi menengah hingga rendah. Hal ini menunjukkan bahwa cover mika memengaruhi kemampuan panel surya dalam menghasilkan arus listrik.

Grafik Daya Panel Terhadap Radiasi Intensitas Radiasi

Daya *output* panel surya merupakan hasil dari voltase dikalikan dengan arus, sehingga dari hasil perhitungan tersebut dapat diperoleh grafik daya panel yang ditunjukkan dalam gambar 5



Gambar 5. Grafik pengaruh Radiasi Terhadap Daya.

Grafik menunjukkan bahwa daya keluaran panel surya meningkat seiring kenaikan intensitas radiasi matahari. Namun, daya pada kondisi tanpa mika lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan mika, dengan rata-rata masing-masing sebesar 42,36 W dan 34,46 W. Hal ini menegaskan bahwa cover mika menyebabkan penurunan daya keluaran panel surya..

Hasil Efisiensi Panel Surya

Kemampuan panel surya monokristalin dianalisis melalui perhitungan efisiensi menggunakan nilai rata-rata daya keluaran panel surya sebagaimana disajikan pada Tabel 2, untuk merepresentasikan kinerja panel pada berbagai kondisi intensitas radiasi matahari..

Kondisi panel surya tanpa hambatan mika

$$P_{in} = 800 \text{ W/m}^2 \times 0,245 \text{ m}^2 = 196 \text{ Watt}$$

$$FF = \frac{18 \text{ V} \cdot 2,78 \text{ A}}{21,4 \text{ V} \cdot 2,95 \text{ A}} = 0,792 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = 16,48 \text{ V} \times 2,57 \text{ A} \times 0,792 \text{ Watt} = 32,23 \text{ Watt}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 = \frac{32,23 \text{ Watt}}{196 \text{ Watt}} \times 100 \% = 16,30 \%$$

Kondisi Panel Surya Dengan Hambatan Mika

$$P_{in} = 800 \text{ W/m}^2 \times 0,245 \text{ m}^2 = \mathbf{196 \text{ Watt}}$$

$$FF = \frac{18 \text{ V} \cdot 2,78 \text{ A}}{21,4 \text{ V} \cdot 2,95 \text{ A}} = \mathbf{0,792 \text{ Watt}}$$

$$P_{out} = 15,67 \text{ V} \times 2,20 \text{ A} \times 0,792 \text{ Watt} = \mathbf{27,3 \text{ Watt}}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 = \frac{27,3 \text{ Watt}}{196 \text{ Watt}} \times 100 \% = \mathbf{13 \%}$$

Penurunan efisiensi yang terjadi pada kondisi penggunaan mika mengindikasikan bahwa sebagian radiasi matahari tidak sepenuhnya diteruskan ke permukaan panel surya. Kondisi ini menyebabkan berkurangnya energi yang dapat dikonversi menjadi energi listrik, sehingga berdampak langsung pada penurunan daya keluaran dan efisiensi panel. Hasil ini menegaskan bahwa penggunaan material pelapis pada permukaan panel surya perlu dipertimbangkan secara cermat agar tidak mengurangi kinerja sistem pengisian energi pada skuter listrik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pemberian cover mika bening pada permukaan panel surya memang diperlukan untuk menghindari permukaan panel surya dari goresan benda tajam, mengingat letak panel surya berada di alas kaki skuter tapi dapat mengurangi daya *output* luaran panel. Hasil penelitian menunjukkan daya panel surya sangat dipengaruhi oleh tingginya intensitas radiasi matahari. Pada radiasi sekitar 1100 W/m^2 Panel surya tanpa mika mampu menghasilkan daya sebesar 55 Watt. Sedangkan saat permukaan terdapat penutup mika daya menurun menjadi 45 Watt. Jadi, pemberian penutup mika dapat mengurangi daya luaran panel surya dalam pengisian baterai skuter. Untuk menjaga agar radiasi matahari yang terserap oleh panel tidak berkurang, dapat dilakukan mekanisme buka tutup mika saat skuter sedang parkir. Pemindahan posisi panel pada bagian atap adalah solusi, namun hal itu merupakan

DAFTAR REFERENSI

- Afif, F., & Martin, A. (2022). Tinjauan potensi dan kebijakan energi surya di Indonesia. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 43–52.
- Aprillia, B. S., Zulfahm, M. R., & Riza, A. (2019). Investigasi efek partial shading terhadap daya keluaran sel surya. *Jurnal Elementer*, 5. <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>

- Asrori, A., Harahap, M. Z., & Harijon, A. (2022). Perbandingan performansi panel surya tipe amorphous dan polycrystalline terhadap daya pengisian baterai lithium-ion pada electric scooter. *BRILLIANT: Jurnal Riset dan Konseptual*, 1091–1103.
- Asrori, A., Jatmiko, F. A., & Noor, M. (2023). Pengaruh panel surya bentuk flat dan flexy terhadap daya pengisian baterai sepeda listrik. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 7(1), 90–100. <https://doi.org/10.26760/jrh.v7i1.90-100>
- Dahliyah, Samsurizal, & Pasra, N. (2021). Efisiensi panel surya kapasitas 100 Wp akibat pengaruh suhu dan kecepatan angin. <https://doi.org/10.33322/sutet.v11i2.1551>
- Darwin, Panjaitan, A., & Suwarno. (2020). Analisis pengaruh intensitas sinar matahari terhadap daya keluaran pada sel surya jenis monokristal. *Jurnal MESIL (Mesin, Elektro, Sipil)*, 99–106.
- Effendi, N. E., Abrianto, H., & Sidik, A. D. (2024). Analisis pengaruh kondisi panel surya kotor dan panel surya bersih terhadap energi listrik yang dihasilkan. *Jurnal Cahaya Mandalika*, 1025–1040. <https://doi.org/10.36312/jcm.v4i1.3342>
- Fakhira, A. A., Sudarti, & Yushardi. (2023). Analisis pemanfaatan panel surya tipe polycrystalline 100 Wp sebagai sumber energi alternatif untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat pedesaan di Indonesia. *Jurnal Pendidikan, Sains, dan Teknologi (JPST)*, 982–985.
- Fauzi, K. W., Arfianto, T., & Taryana, N. (2018). Perancangan dan realisasi solar tracking system untuk peningkatan efisiensi panel surya menggunakan Arduino Uno. *TELKA: Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi, dan Kontrol*, 64–75.
- Hari, B. P., Jatmiko, F. M. A., & Huda, I. F. (2018). Efisiensi penggunaan panel surya sebagai sumber energi. *Jurnal Teknik Elektro*, 10–14.
- Jaya, H. S., Rahmat, M., & Asrori, A. (2024). Analisis pengaruh suhu panel surya terhadap output panel performance. *Journal of Mechanical Engineering*, 1(1), 42–51.
- Siregar, A. H., & Harahap, P. (2024). Analisis pengaruh suhu dan angin terhadap daya dan efisiensi panel surya 100 Wp. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 97–102.
- Usman, M. K. (2020). Analisis intensitas cahaya terhadap energi listrik yang dihasilkan panel surya. *Jurnal Power Elektronik*, 9(2), 52–58.
- Widjanarko, Nugroho, P. W., Dani, A., & Alia, N. (2019). Studi implementasi small PLTS off-grid berbasis baterai LiFePO4 pada rumah tinggal daya tenaga surya 200 W. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana*.
- Windasari, N., Sudarti, & Yushardi. (2023). Analisis efisiensi mobil listrik berbasis panel surya sebagai upaya pemanfaatan energi terbarukan. *Journal of Health, Education, Economics, Science, and Technology (J-HEST)*, 41–47.
- Yuhanandri, A., & Asrori, A. (2023). Komparasi performansi panel surya mono dan polikristal sebagai sumber tenaga pada e-skuter angkut, 106–111.
- Yusuf, A. A., & Asrori, A. (2023). Perbandingan konsumsi daya baterai Li-ion 18650 dengan LiFePO4 32700 berdasarkan jarak tempuh. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 26–30.