

Artikel Penelitian

Analisis Perbandingan Output Daya Panel Surya Monokristalin dengan dan tanpa Reflektor Cermin

Basyaruddin Ismail Harahap^{1*}, Bimbi Adytia Wanatirta², M. Hasbi Sidqi Alajuri^{3*}, Doli Bonardo⁴, Bavitra⁵

¹⁻⁷ Universitas Maritim Raja Ali Haji, Indonesia; email : basya.harahap@umrah.ac.id

* Korespondensi: Basyaruddin Ismail Harahap

Abstract: This research aims to analyze the comparison of the power output of monocrystalline solar panels with and without the use of mirror reflectors. The utilization of solar energy continues to grow, but the efficiency of solar panels highly depends on light intensity. The use of mirror reflectors is proposed as a method to increase the irradiation received by the panels. A quantitative experimental method was used, involving two identical configurations of monocrystalline solar panels: one without a reflector (control) and one with a mirror reflector. Voltage, current, temperature, and power data were collected every minute from 08:00 to 14:00 WIB using a microcontroller-based data acquisition system. The average results show an increase in the output power of the panel with a reflector (1.75W) compared to without a reflector (1.58W), although the temperature of the panel with a reflector is slightly higher. Analysis of variance (ANOVA) shows that the F-value (15206.12) far exceeds the F-table (2.012305) with a p-value approaching zero (0). These results statistically prove the existence of a significant difference in power output between the two configurations. Thus, it can be concluded that the use of mirror reflectors substantially increases the power output of monocrystalline solar panels, making it an effective strategy for optimizing the performance of photovoltaic systems.

Keywords: Monocrystalline solar panels, mirror reflectors, power output, efficiency, ANOVA.

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan output daya panel surya monokristalin dengan dan tanpa penggunaan reflektor cermin. Pemanfaatan energi surya terus berkembang, namun efisiensi panel surya sangat bergantung pada intensitas cahaya. Penggunaan reflektor cermin diusulkan sebagai metode untuk meningkatkan iradiasi yang diterima panel. Metode eksperimental kuantitatif digunakan, melibatkan dua konfigurasi panel surya monokristalin yang identik: satu tanpa reflektor (kontrol) dan satu dengan reflektor cermin. Data tegangan, arus, suhu, dan daya diambil setiap menit dari pukul 08.00 hingga 14.00 WIB menggunakan sistem akuisisi data berbasis mikrokontroler. Hasil rata-rata menunjukkan peningkatan daya output panel dengan reflektor (1.75W) dibandingkan tanpa reflektor (1.58W), meskipun suhu panel dengan reflektor sedikit lebih tinggi. Analisis varians (ANOVA) menunjukkan bahwa nilai F-hitung (15206.12) jauh melampaui F-tabel (2.012305) dengan p-value mendekati nol (0). Hasil ini secara statistik membuktikan adanya perbedaan signifikan pada output daya antara kedua konfigurasi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan reflektor cermin secara substansial meningkatkan output daya panel surya monokristalin, menjadikannya strategi yang efektif untuk optimasi kinerja sistem fotovoltaik.

Kata kunci: Panel surya monokristalin, reflektor cermin, output daya, efisiensi, ANOVA.

1. Latar Belakang

Permasalahan krisis energi global dan meningkatnya emisi karbon telah menjadi perhatian utama dalam beberapa dekade terakhir. Ketergantungan pada sumber energi fosil tidak hanya menyebabkan kerusakan lingkungan, tetapi juga mendorong pencarian alternatif energi yang bersih, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Energi surya menjadi salah satu kandidat utama dalam transisi energi global karena ketersediaannya yang melimpah dan potensi konversinya yang tinggi (Dwisari et al., 2023) (Valero et al., 2018).

Teknologi fotovoltaik (PV) merupakan cara utama dalam memanfaatkan energi matahari untuk diubah menjadi energi listrik. Di antara berbagai jenis panel surya, panel surya monokristalin dikenal memiliki efisiensi konversi tertinggi karena struktur kristalnya yang seragam dan kemampuannya menyerap cahaya dengan lebih efektif (Green et al.,

Diterima: Mei 07, 2025
Direvisi: Mei 27, 2025
Diterima: Juni 09, 2025
Diterbitkan: Juni 11, 2025
Versi sekarang: Juni 11, 2025



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan lisensi Creative Commons Attribution (CC BY SA) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

2019)(MAULANA, 2023). Namun, efisiensi output dari panel surya sangat dipengaruhi oleh variabel lingkungan seperti intensitas sinar matahari, suhu permukaan panel, dan sudut datang radiasi matahari (Prayitna & Buwono, 2025).

Berbagai strategi telah dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi daya keluaran panel surya, termasuk teknologi pelacakan matahari (solar tracking), sistem pendingin, dan penggunaan reflektor. Di antara metode tersebut, penggunaan reflektor cermin merupakan solusi yang relatif sederhana dan ekonomis. Reflektor bekerja dengan memantulkan radiasi matahari tambahan ke permukaan panel, sehingga meningkatkan densitas fluks foton yang diterima sel PV dan memperbesar arus listrik yang dihasilkan (Mungkin & Satria, 2023). Meskipun demikian, penambahan reflektor juga berpotensi meningkatkan suhu panel, yang secara teoritis dapat menurunkan efisiensi tegangan keluaran (Hariyanto, 2021). Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian kuantitatif terhadap pengaruh penggunaan reflektor terhadap total output daya dari panel surya monokristalin.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara empiris perbandingan kinerja panel surya monokristalin dengan dan tanpa penggunaan reflektor cermin. Hasil dari studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada peningkatan performa sistem PV secara praktis, terutama untuk aplikasi skala kecil hingga menengah di daerah tropis.

2. Kajian Teoritis

Pemanfaatan energi surya melalui teknologi fotovoltaik (PV) adalah pilar fundamental dalam transisi energi global, menawarkan solusi berkelanjutan untuk memenuhi permintaan energi yang terus meningkat (Apriliani et al., 2022). Panel surya monokristalin, yang dikenal dengan efisiensi konversi energi yang superior karena struktur kristal tunggal silikonnya, menjadi pilihan utama dalam berbagai aplikasi fotovoltaik (Alhanif, 2024). Meskipun demikian, kinerja panel surya secara inheren dipengaruhi oleh variabel lingkungan seperti intensitas radiasi matahari dan suhu operasional (Jaya et al., 2024; Rauf, 2023; SUPIT, n.d.). Fluktuasi intensitas cahaya secara langsung memengaruhi arus keluaran, sementara kenaikan suhu panel dapat mengakibatkan penurunan tegangan, yang secara kumulatif memengaruhi daya output total ($P=V \times I$) (Mardiansah et al., 2024; Widiarto et al., 2022). Oleh karena itu, strategi untuk meningkatkan iradiasi efektif pada permukaan panel menjadi esensial untuk optimasi kinerja.

Berbagai metode telah dieksplorasi untuk meningkatkan iradiasi yang diterima panel surya, salah satunya adalah melalui pemanfaatan reflektor. Reflektor cermin berfungsi untuk memantulkan dan mengarahkan cahaya matahari tambahan ke permukaan panel, secara efektif meningkatkan kerapatan fluks foton yang mencapai sel surya. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan potensi signifikan dari teknik ini. Sebagai contoh, (Rubbi et al., 2020) mengulas berbagai konfigurasi konsentrator surya, termasuk reflektor datar, yang terbukti meningkatkan output daya modul PV. Demikian pula, studi oleh (Sopian et al., 2018) secara spesifik menganalisis dampak penggunaan reflektor pada panel surya, menunjukkan peningkatan arus dan daya secara proporsional dengan penambahan iradiasi. Studi-studi ini menegaskan bahwa penambahan iradiasi yang efektif pada permukaan panel berkorelasi positif dengan peningkatan kinerja kelistrikan.

Namun, implementasi reflektor juga membawa tantangan termal. Peningkatan konsentrasi cahaya dapat menyebabkan kenaikan suhu operasional panel, yang berpotensi menurunkan efisiensi konversi daya pada suhu tinggi. Efek kompetitif antara peningkatan arus akibat iradiasi tambahan dan potensi penurunan tegangan karena kenaikan suhu ini menjadi variabel krusial yang memerlukan evaluasi empiris. Dengan demikian, penelitian ini berlandaskan pada prinsip bahwa penambahan iradiasi melalui reflektor cermin akan menghasilkan peningkatan daya output panel surya monokristalin, dan berupaya mengkuantifikasi secara empiris besarnya peningkatan tersebut serta menganalisis dampak termal yang menyertainya.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental kuantitatif untuk menganalisis perbandingan output daya panel surya monokristalin dengan dan tanpa penggunaan reflektor cermin. Desain eksperimen melibatkan perbandingan kinerja dua konfigurasi panel surya yang ditempatkan pada kondisi lingkungan yang identik. Data kelistrikan dan suhu akan diukur secara otomatis dan dianalisis secara statistik untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan reflektor cermin.

3.1 Desain Sistem Eksperimen

Sistem eksperimen dirancang untuk memfasilitasi perbandingan langsung antara panel surya dengan dan tanpa reflektor. Dua unit panel surya monokristalin yang identik akan digunakan. Satu unit akan berfungsi sebagai kontrol, dipasang tanpa penambahan reflektor atau pendingin. Unit kedua akan dilengkapi dengan reflektor cermin yang diposisikan untuk memaksimalkan pantulan cahaya matahari ke permukaan panel. Kedua sistem akan ditempatkan pada lokasi yang sama dan orientasi yang identik untuk memastikan paparan intensitas cahaya matahari yang seragam dan meminimalkan pengaruh variabel lingkungan eksternal. Meskipun desain menunjukkan penambahan pendingin pada panel dengan reflektor, fokus penelitian ini adalah pada pengaruh reflektor cermin, dan asumsi awal adalah pendingin tidak akan digunakan dalam eksperimen ini untuk isolasi variabel.

3.2 Alat dan Bahan

Penelitian ini memerlukan serangkaian alat dan bahan untuk konfigurasi sistem panel surya dan akuisisi data yang akurat. Komponen utama yang digunakan meliputi dua unit panel surya monokristalin identik sebagai objek studi. Untuk konfigurasi dengan peningkatan cahaya, reflektor cermin akan digunakan, dirancang untuk memantulkan dan mengarahkan cahaya matahari tambahan ke permukaan panel. Sistem akuisisi data dibangun di sekitar mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai unit pemrosesan utama. Pengukuran parameter kelistrikan, yaitu tegangan dan arus, dilakukan menggunakan sensor INA219 yang terintegrasi dengan mikrokontroler. Sementara itu, sensor DS18B20 digunakan untuk memonitor suhu panel surya secara kontinu. Untuk memastikan pencatatan waktu yang presisi pada setiap data yang dikumpulkan, sensor DS3231 Real Time Clock (RTC) diimplementasikan. Seluruh data yang telah diakuisisi oleh ESP32 akan disimpan secara lokal pada Modul MicroSD. Selain komponen elektronik utama, bahan pendukung lainnya meliputi struktur penyangga yang kokoh untuk penempatan panel surya dan reflektor, serta kabel penghubung yang sesuai untuk interkoneksi seluruh sistem.

3.3 Prosedur Pengambilan Data

Proses pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan secara otomatis menggunakan sistem akuisisi data berbasis mikrokontroler. Diagram alir proses (Input-Proses-Output) menunjukkan bahwa panel surya sebagai input, bersama dengan sensor INA219 dan DS18B20, terhubung ke mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemroses. Sensor Real Time Clock (RTC) juga terintegrasi untuk memberikan stempel waktu yang akurat pada setiap data yang direkam. Data yang telah diproses oleh ESP32 akan disimpan ke dalam Modul MicroSD sebagai output.

Pengambilan data dilakukan secara berkala setiap menit untuk mendapatkan resolusi data yang tinggi. Pengukuran parameter meliputi tegangan (V), arus (A), dan suhu panel ($^{\circ}\text{C}$) untuk kedua konfigurasi panel surya (dengan reflektor dan tanpa reflektor). Proses akuisisi data ini dilakukan setiap hari mulai dari pukul 08.00 hingga 14.00 WIB selama periode pengujian. Intensitas cahaya matahari tidak diukur secara langsung, namun diasumsikan relatif seragam untuk kedua panel karena penempatan yang berdekatan. Penting untuk dicatat bahwa meskipun diagram menunjukkan lampu DC sebagai output, dalam penelitian ini, fokusnya adalah pada pengukuran output daya panel surya itu sendiri, bukan pada beban listrik yang digunakan.

3.4 Analisis Data

Data mentah yang terkumpul dari Modul MicroSD, yang mencakup suhu, tegangan, dan arus untuk konfigurasi panel surya tanpa reflektor dan dengan reflektor, akan diolah dan dianalisis secara komprehensif. Langkah awal dalam analisis adalah menghitung nilai daya

output (dalam Watt) untuk setiap titik data yang direkam, menggunakan rumus dasar $P=V \times I$ (Daya = Tegangan x Arus).

Berdasarkan data nilai rata-rata awal yang telah dikumpulkan, teramati beberapa perbedaan signifikan antara kedua konfigurasi. Untuk suhu, panel tanpa reflektor memiliki rata-rata 45.37°C, sedangkan panel dengan reflektor menunjukkan rata-rata yang sedikit lebih tinggi, yaitu 48.57°C. Pada aspek kelistrikan, panel tanpa reflektor menghasilkan tegangan rata-rata 19.24V, sementara panel dengan reflektor menghasilkan 19.46V. Perbedaan yang lebih mencolok terlihat pada arus, di mana panel tanpa reflektor menghasilkan rata-rata 81.66A, sementara panel dengan reflektor mampu menghasilkan 89.59A. Konsekuensinya, daya output rata-rata panel tanpa reflektor adalah 1.58W, sedangkan panel dengan reflektor menghasilkan 1.75W.

Selanjutnya, analisis statistik deskriptif akan diterapkan untuk menyajikan karakteristik utama dari data, meliputi nilai rata-rata, standar deviasi, dan rentang dari semua parameter yang diukur (suhu, tegangan, arus, dan daya). Untuk menguji signifikansi statistik dari perbedaan output daya antara kedua konfigurasi, Analisis Varians (ANOVA) akan digunakan. Nilai F hitung yang diperoleh akan dibandingkan dengan nilai F tabel pada tingkat signifikansi tertentu untuk menentukan apakah perbedaan output daya yang diamati signifikan secara statistik. Hasil dari analisis ini akan memberikan bukti kuantitatif yang kuat mengenai efektivitas penggunaan reflektor cermin dalam meningkatkan kinerja output daya panel surya monokristalin.

4. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan dan mendiskusikan hasil eksperimen perbandingan output daya panel surya monokristalin dengan dan tanpa reflektor cermin. Data yang disajikan merupakan rata-rata pengukuran yang dilakukan setiap menit dari pukul 08.00 hingga 14.00 WIB. Analisis meliputi perbandingan parameter suhu, tegangan, arus, dan daya, serta implikasi penggunaan reflektor cermin terhadap peningkatan kinerja panel surya.

4.1 Rangkuman Data Rata-Rata Suhu, Tegangan, Arus, dan Daya

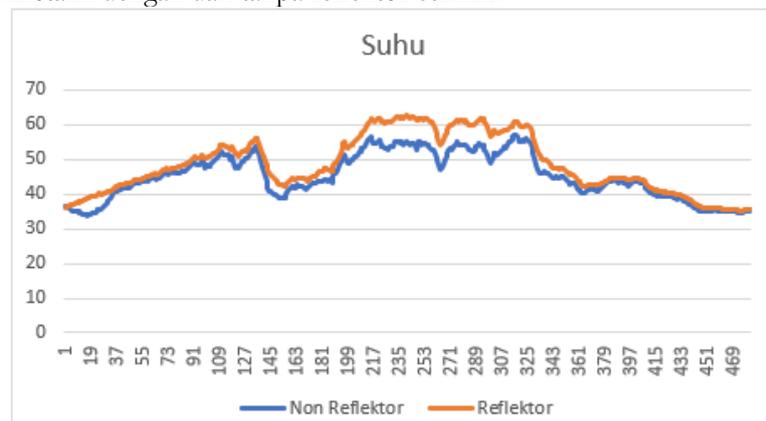
Untuk memberikan gambaran awal mengenai perbedaan kinerja antara panel surya tanpa reflektor dan dengan reflektor cermin, Tabel 1 menyajikan rangkuman data rata-rata suhu, tegangan, arus, dan daya yang terukur selama periode pengujian.

Tabel 1. Rangkuman data rata-rata.

Suhu		Tegangan		Arus		Daya	
Non Reflektor	Reflektor						
45.37	48.56	19.23	19.46	81.66	89.59	1.57	1.74

4.2 Analisis Suhu Panel Surya

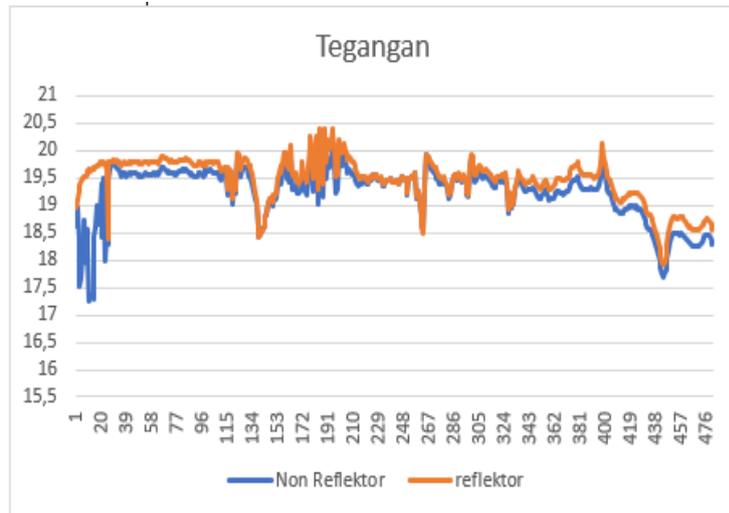
Fluktuasi suhu operasional panel surya merupakan faktor penting yang memengaruhi kinerja. Untuk memvisualisasikan dinamika perubahan suhu panel surya sepanjang waktu pengujian, Gambar 1 menampilkan grafik garis perbandingan suhu rata-rata harian panel surya monokristalin dengan dan tanpa reflektor cermin.



Gambar 1. Data Suhu

4.3 Analisis Tegangan Output

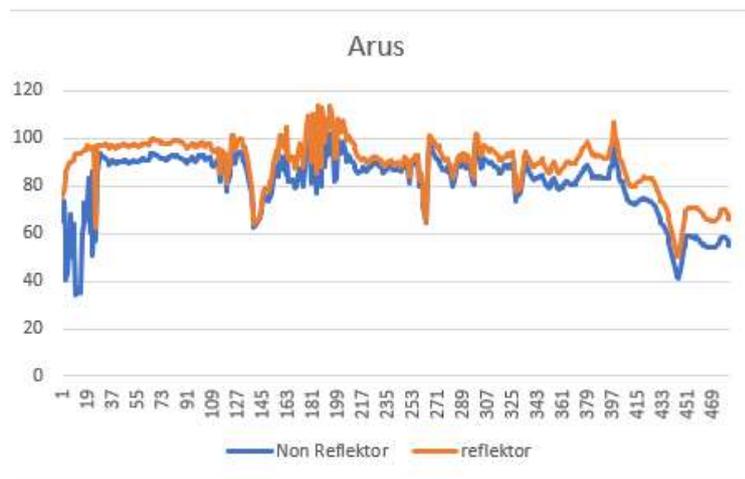
Performa tegangan panel surya merupakan indikator penting dalam analisis output daya. Oleh karena itu, Gambar 2 menyajikan grafik garis yang membandingkan tren tegangan output harian dari panel surya monokristalin dengan dan tanpa reflektor cermin selama periode pengujian.



Gambar 2. Data Tegangan

4.4 Analisis Arus Output

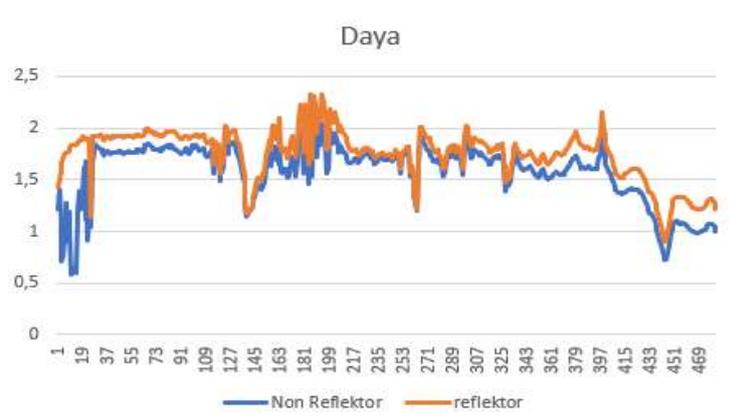
Arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya secara langsung berkorelasi dengan jumlah foton yang diserap. Untuk mengilustrasikan perbedaan ini, Gambar 3 menampilkan grafik garis yang menunjukkan perbandingan tren arus output harian panel surya monokristalin tanpa dan dengan reflektor cermin.



Gambar 3. Data Arus

4.5 Analisis Daya Output

Daya output merupakan parameter utama dalam mengevaluasi efektivitas sistem panel surya. Gambar 4 menyajikan grafik garis yang menggambarkan secara komprehensif perbandingan tren daya output harian dari panel surya monokristalin dengan dan tanpa reflektor cermin, memberikan gambaran jelas mengenai peningkatan kinerja yang dicapai.



Gambar 4. Data Daya

4.6 Analisis Statistik Perbedaan Output Daya

Untuk menguji signifikansi statistik dari perbedaan output daya yang diamati antara panel surya monokristalin dengan dan tanpa reflektor cermin, dilakukan analisis varians (ANOVA). Hasil analisis ANOVA ini disajikan untuk memberikan bukti kuantitatif mengenai efektivitas reflektor dalam meningkatkan daya output.

Tabel 2. Anova

Source of Variation	SS	df	MS	F Hitung	P-value	F Tabel
Rows	72916.59	480	151.9096	4.165846	6.2E-132	1.117166
Columns	3881490	7	554498.5	15206.12	0	2.012305
Error	122524	3360	36.46548			
Total	4076930	3847				

Berdasarkan analisis ANOVA yang telah dilakukan, hasil penelitian menunjukkan temuan yang sangat jelas dan signifikan terkait pengaruh penggunaan reflektor pada panel surya. Sebelum melakukan pengujian, dirumuskan dua hipotesis: Hipotesis Nol (H0) menyatakan bahwa tidak ada perbedaan rata-rata output daya antara panel surya dengan reflektor dan tanpa reflektor. Sebaliknya, Hipotesis Alternatif (H1) mengemukakan bahwa terdapat perbedaan rata-rata output daya yang signifikan antara kedua konfigurasi panel surya tersebut. Dalam tabel ANOVA, kami mengamati bahwa nilai F-hitung untuk faktor "Columns" (yang merepresentasikan perbandingan antara kondisi dengan dan tanpa reflektor) jauh lebih besar daripada nilai F-tabel (F critical). Secara spesifik, nilai F-hitung sebesar 15206.12 melampaui nilai F-tabel sebesar 2.012305 secara substansial.

Perbandingan F-hitung dan F-tabel ini, ditambah dengan P-value yang mendekati nol (0), memberikan bukti statistik yang sangat kuat. Dengan demikian, kami menolak hipotesis nol (H0). Penolakan hipotesis nol ini secara tegas mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan secara statistik dalam kinerja panel surya antara kondisi menggunakan reflektor dan tanpa reflektor. Ini berarti perlakuan berupa penambahan reflektor memiliki efek yang sangat nyata dan besar terhadap Tegangan, Arus, atau Daya yang dihasilkan oleh panel surya, menunjukkan bahwa reflektor adalah faktor yang memengaruhi kinerja panel secara substansial.

5. Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil menganalisis perbandingan output daya panel surya monokristalin dengan dan tanpa penggunaan reflektor cermin, dengan data yang dikumpulkan secara otomatis setiap menit dari pukul 08.00 hingga 14.00 WIB. Hasil eksperimen secara konsisten menunjukkan bahwa penggunaan reflektor cermin secara signifikan meningkatkan output daya panel surya. Meskipun demikian, observasi menunjukkan adanya peningkatan suhu operasional pada panel yang menggunakan reflektor, sebuah faktor yang perlu dipertimbangkan lebih lanjut. Analisis varians (ANOVA) secara statistik mengkonfirmasi perbedaan yang sangat signifikan pada output daya antara kedua konfigurasi. Dengan nilai F-hitung sebesar 15206.12 yang jauh melampaui F-tabel sebesar 2.012305, serta nilai p-value

yang mendekati nol, hipotesis nol (H_0) yang menyatakan tidak ada perbedaan signifikan ditolak. Hal ini secara tegas membuktikan bahwa penambahan reflektor cermin memiliki pengaruh substansial dan positif terhadap peningkatan kinerja panel surya monokristalin, menjadikannya metode efektif dalam optimasi pemanfaatan energi surya.

Daftar Pustaka

- [1] M. Alhanif, "Perkembangan Concentrated Solar Cells (CSC) untuk Meningkatkan Efisiensi Energi Matahari Menuju Energi Bersih dan Berkelanjutan," *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 185–195, 2024.
- [2] I. M. Apriliani, A. M. Khan, P. K. Putra, dan P. Fitriyani, "Karakteristik Desain Kapal Bantuan Kementerian Kelautan Dan Perikanan Di Kabupaten Subang," *ALBACORE Jurnal Penelitian Perikanan Laut*, vol. 5, no. 3, pp. 243–249, 2022. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.29244/core.5.3.243-249>
- [3] V. Dwisari, S. Sudarti, dan Y. Yushardi, "Pemanfaatan energi matahari: masa depan energi terbarukan," *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, vol. 7, no. 2, pp. 376–384, 2023.
- [4] M. A. Green, E. D. Dunlop, D. H. Levi, J. Hohl-Ebinger, M. Yoshita, dan A. W. Y. Ho-Baillie, "Solar cell efficiency tables (version 54)," *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 27, no. 7, pp. 565–575, 2019. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.1002/pip.3171>
- [5] S. Hariyanto, "Rancang Bangun REFLECTOR Untuk Mengoptimalkan Daya Serap Matahari Pada Panel Surya Dengan Variasi Sudut Guna Menghasilkan Daya Optimal," *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil Dan Teknik Informasi*, vol. 4, no. 1, pp. 41–45, 2021.
- [6] H. S. Jaya, M. H. Rahmat, dan A. Asrori, "Analisis Pengaruh Suhu Panel Surya Terhadap Output Panel Performance," *Journal of Mechanical Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 42–51, 2024.
- [7] R. Mardiansah, Z. Ikhsanudin, A. Imam, A. DwiYanto, dan A. Robi, "Analisis Efisiensi Solar Cell Tipe GH 100 WP-72 Terhadap Intensitas Cahaya," *TESME*, vol. 1, no. 1, pp. 116–121, 2024.
- [8] M. Y. Maulana, "Analisa Efisiensi Pemakaian Panel Surya Monocrystalline 50 WP Dan Polycrystalline 50 WP Menggunakan Pembebanan 25 W," Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 2023.
- [9] M. Mungkin dan H. Satria, "Desain Sistem Panel Surya Fleksibel dengan Penambahan Reflektor Cermin untuk Peningkatan Output Konversi Energi Listrik," 2023.
- [10] A. Prayitna dan R. C. Buwono, "Energy Harvesting Berbasis Panel Surya untuk Keberlanjutan Daya Sensor IoT," *Jurnal Algoritme*, vol. 5, no. 2, pp. 231–242, 2025.
- [11] R. Rauf, *Optimalisasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Daerah Kepulauan*. Penerbit Kita Menulis, 2023.
- [12] F. Rubbi, K. Habib, R. Saidur, N. Aslfattahi, S. M. Yahya, dan L. Das, "Performance optimization of a hybrid PV/T solar system using Soybean oil/MXene nanofluids as A new class of heat transfer fluids," *Solar Energy*, vol. 208, pp. 124–138, 2020.
- [13] K. Sopian, A. H. A. Alwaeli, H. A. Hasan, dan A. N. Al-Shamani, "Advances in high efficiency photovoltaic thermal solar collectors," *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, vol. 47, no. 1, pp. 1–7, 2018.
- [14] M. V. Supit, "Peningkatan Kinerja Modul Fotovoltaik dengan Pendinginan Pasif Menggunakan Fluida Air," n.d.
- [15] A. Valero, A. Valero, G. Calvo, dan A. Ortego, "Material bottlenecks in the future development of green technologies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 93, pp. 178–200, 2018. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.041>
- [16] E. Widiarto, A. Adiwismono, T. Triyono, S. Setiyoko, dan E. Triyani, "Pengaruh Fluktuasi Tegangan Terhadap Intensitas Cahaya Pada Lampu LED (Light Emitting Diode) Dari Berbagai Merek," *Orbit: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa Dan Sosial*, vol. 18, no. 1, pp. 46–52, 2022.