



Comparison of 100 WP Monocrystalline Solar Panel Output in Sunny and Cloudy Weather

Didi Indrawan^{1*}, Rismen Sinambela², Ichsan³
Universitas Kristen Indonesia

Corresponding Author: Didi Indrawan didiindrawan.pelatihan@gmail.com

ARTICLE INFO

Keywords: Solar Panels, Energy Efficiency, Light Intensity, Tropical Weather

Received : 25, October

Revised : 27, November

Accepted: 29, December

©2025 Indrawan, Sinambela, Ichsan:

This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRACT

The main objective of this study is to find out the extent to which weather changes affect the efficiency of electrical energy conversion, as well as to provide technical recommendations for the development of solar power systems in tropical climates. The research process was carried out by directly measuring the electrical parameters and the intensity of light received by the solar panels. Data collection was conducted over three consecutive days, with two days representing sunny conditions and one cloudy day. The observation results showed that there was a quite striking difference in performance between sunny and cloudy conditions. In sunny weather, solar panels are able to produce power close to their maximum capacity with a high level of efficiency. In contrast, when the sky is cloudy, the intensity of light decreases significantly, which has a direct impact on the decrease in voltage and electric current. The efficiency of the panels decreased by 44.4% in cloudy conditions compared to during sunny days.

Perbandingan Output Panel Surya Monokristalin 100 WP pada Cuaca Cerah dan Berawan

Didi Indrawan^{1*}, Rismen Sinambela², Ichsan³

Universitas Kristen Indonesia

Corresponding Author: Didi Indrawan didiindrawan.pelatihan@gmail.com

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Panel Surya, Efisiensi Energi, Intensitas Cahaya, Cuaca Tropis

Received : 25, Oktober

Revised : 27, November

Accepted: 29, Desember

©2025 Indrawan, Sinambela, Ichsan:

This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRAK

Tujuan utama studi ini adalah untuk mengetahui sejauh mana perubahan cuaca memengaruhi efisiensi konversi energi listrik, serta memberikan rekomendasi teknis untuk pengembangan sistem tenaga surya di iklim tropis. Proses penelitian dilakukan dengan cara mengukur langsung parameter kelistrikan dan intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya. Pengumpulan data dilakukan selama tiga hari berturut-turut, dengan dua hari mewakili kondisi cerah dan satu hari berawan. Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan performa yang cukup mencolok antara kondisi cerah dan berawan. Pada saat cuaca cerah, panel surya mampu menghasilkan daya mendekati kapasitas maksimalnya dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Sebaliknya, ketika langit mendung, intensitas cahaya menurun secara signifikan, yang berdampak langsung pada penurunan tegangan dan arus listrik. Efisiensi panel tercatat menurun hingga 44,4% pada kondisi berawan dibandingkan dengan saat cerah.

PENDAHULUAN

Permintaan energi dunia terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan ekspansi sektor industri. Ketergantungan terhadap sumber energi konvensional seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam telah menimbulkan berbagai persoalan, mulai dari keterbatasan cadangan, fluktuasi harga, hingga dampak lingkungan berupa emisi karbon yang mempercepat laju perubahan iklim. Dalam menghadapi tantangan tersebut, energi terbarukan menjadi pilihan strategis yang semakin relevan dan mendesak untuk dikembangkan.



Gambar 1. Fotovoltaik

Sumber : Internet

Keterangan : Fotovoltaik adalah teknologi pengubahan energi dari sinar matahari menjadi energi listrik secara langsung. Peralatan fotovoltaik berbentuk kumpulan sel surya yang disusun secara seri atau paralel dan disatukan menjadi modul surya.

Salah satu bentuk energi terbarukan yang paling menjanjikan adalah energi matahari. Energi ini berasal dari radiasi sinar matahari yang dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui teknologi fotovoltaik (PV). Teknologi PV telah mengalami perkembangan pesat dalam beberapa dekade terakhir dan kini menjadi komponen penting dalam sistem energi berkelanjutan. Keunggulan utama dari energi surya adalah ketersediaannya yang melimpah, sifatnya yang bersih karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca saat digunakan, serta fleksibilitas penerapannya dalam berbagai skala, mulai dari penggunaan rumah tangga hingga pembangkit listrik skala besar.



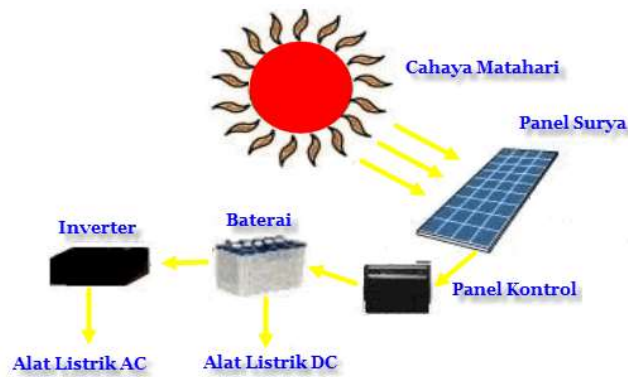
Gambar 2. Perbedaan Panel Surya Mono dan Poly

Sumber : Internet

Keterangan : Sel surya ini terbuat dari silikon yang diiris tipis-tipis dengan menggunakan mesin. Irisan bisa menjadi lebih tipis dan juga karakteristiknya identik karena penggunaan mesin potong ini. Jenis panel surya ini merupakan jenis yang paling banyak digunakan karena mempunyai keunggulan dapat menyerap cahaya matahari dengan lebih efisien dibandingkan dengan bahan sel surya yang lainnya. Efisiensi konversi cahaya matahari menjadi listrik yang dimiliki oleh bahan sel surya ini adalah sekitar 15%. Jumlah ini merupakan salah satu jumlah yang cukup besar jika dibandingkan dengan bahan penyusun sel surya yang lain meski dengan ukuran penampang yang sama. Dan Jenis panel surya ini merupakan teknologi yang terbuat dari batang silikon yang kemudian dicairkan. Teknologi panel ini memiliki kelebihan dari segi susunannya yang lebih rapi dan lebih rapat. Untuk cirinya, biasanya solar cell ini memiliki penampilan yang unik karena terkesan seperti ada retakan-retakan di dalam sel surya yang dimilikinya. Teknologi solar cell yang satu ini juga memiliki kekurangan yang cukup mirip dengan monocrystalline silicon yang telah disebutkan sebelumnya. Panel surya polycrystalline memiliki kekurangan ketika digunakan pada daerah yang rawan dan sering mendung. Ketika diletakkan atau digunakan pada area seperti ini, maka efisiensi yang dimilikinya akan turun. Jika dibandingkan dengan efisiensi monocrystalline, polikristalin silikon ini memiliki efisiensi yang lebih rendah. Oleh karena itu untuk menghasilkan tenaga listrik dengan jumlah yang sama, jenis solar cell yang satu ini akan diperlukan penampang yang lebih besar.

Namun kekurangan jenis panel surya ini yaitu harus mendapatkan penyinaran matahari yang sangat terang. Ia akan mengalami pengurangan efisiensi jika berada pada cuaca yang berawan dan mendung. Untuk ciri-ciri panel surya monocrystalline silicon ini memiliki warna hitam dan juga bentuk yang tipis seperti yang telah disebutkan sebelumnya.

Indonesia, sebagai negara yang berada di sekitar garis khatulistiwa, memiliki potensi energi surya yang sangat besar. Berdasarkan informasi dari Dewan Energi Nasional, rata-rata intensitas penyinaran matahari di Indonesia mencapai sekitar 4,8 kWh/m² per hari. Jika dimanfaatkan secara maksimal, potensi ini dapat menghasilkan kapasitas energi lebih dari 200.000 MW. Namun, pemanfaatan energi surya di Indonesia masih menghadapi sejumlah kendala, salah satunya adalah karakteristik iklim tropis yang tidak stabil. Meskipun intensitas cahaya matahari tinggi, kondisi atmosfer yang sering berubah – dari cerah menjadi mendung atau hujan dalam waktu singkat – menyebabkan fluktuasi dalam output daya panel surya.



Gambar 3. Cara Kerja Panel Surya

Sumber : Internet

Keterangan : Gambar ini menunjukkan bahwa Pada siang hari panel surya menerima cahaya (sinar) matahari yang kemudian diubah menjadi energi listrik oleh sel-sel kristal melalui proses photovoltaic. Listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat langsung disalurkan ke beban ataupun disimpan dalam baterai ACCU, sebelum disalurkan ke beban (lampu, radio, TV, dll). panel surya. Pada malam hari, dimana panel surya tidak menghasilkan listrik. Listrik yang sudah terkumpul (tersimpan) dalam baterai ACCU akan dapat digunakan. Untuk menyalakan peralatan listrik terutama lampu penerangan dan lain-lain.

Panel surya sangat bergantung pada intensitas cahaya untuk menghasilkan listrik. Dalam kondisi langit cerah, panel menerima radiasi langsung yang memungkinkan konversi energi berlangsung secara optimal. Sebaliknya, saat cuaca berawan, radiasi yang diterima menjadi tersebar (difus), dan intensitasnya menurun secara signifikan, sehingga efisiensi konversi energi juga ikut menurun. Fenomena ini menjadi tantangan dalam menjaga kontinuitas pasokan energi, terutama jika sistem tidak dilengkapi dengan penyimpanan energi atau pengaturan beban yang adaptif.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara kuantitatif pengaruh kondisi cuaca terhadap performa panel surya monokristalin berkapasitas 100 Wp. Fokus utama adalah membandingkan kinerja panel dalam dua kondisi atmosfer yang berbeda, yaitu cerah dan berawan. Pengukuran dilakukan menggunakan sensor intensitas cahaya BH1750 dan sistem pencatatan berbasis mikrokontroler Arduino Uno. Parameter yang diamati meliputi tegangan, arus, dan intensitas cahaya selama tiga hari berturut-turut. Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung efisiensi panel dalam masing-masing kondisi dan mengevaluasi implikasinya terhadap desain sistem energi surya yang lebih responsif terhadap perubahan cuaca.

TINJAUAN PUSTAKA

Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi terbarukan semakin berkembang seiring meningkatnya kebutuhan energi dan kesadaran akan isu lingkungan. Panel surya monokristalin merupakan salah satu jenis modul fotovoltaik yang banyak digunakan karena memiliki efisiensi tinggi dan performa yang relatif stabil dibandingkan jenis polikristalin dan thin film. Panel surya monokristalin 100 WP umumnya diaplikasikan pada skala kecil hingga menengah, seperti sistem off-grid rumah tangga, penerangan jalan, dan sistem energi mandiri lainnya. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa intensitas radiasi matahari menjadi faktor utama yang memengaruhi output daya panel surya. Pada kondisi cuaca cerah, radiasi matahari yang diterima panel berada pada tingkat maksimum sehingga tegangan, arus, dan daya keluaran yang dihasilkan mendekati nilai nominal panel. Sebaliknya, pada cuaca berawan, awan berfungsi sebagai penghalang radiasi matahari yang menyebabkan penurunan intensitas cahaya, sehingga berdampak langsung pada penurunan arus dan daya keluaran panel surya.

METODOLOGI

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen. Pendekatan ini dipilih karena tujuan utama penelitian adalah memperoleh data numerik yang dapat dianalisis secara statistik untuk mengevaluasi kinerja panel surya dalam dua kondisi atmosfer yang berbeda, yakni saat cuaca cerah dan berawan. Metode eksperimen memungkinkan peneliti melakukan pengamatan langsung terhadap variabel-variabel yang memengaruhi efisiensi konversi energi, serta mengendalikan lingkungan pengukuran agar hasil yang diperoleh dapat dibandingkan secara objektif.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tren Output Daya Panel Surya

Selama periode observasi tiga hari, terlihat perbedaan yang signifikan dalam performa panel surya antara kondisi atmosfer cerah dan berawan. Hari pertama dan kedua berlangsung dalam cuaca cerah, sementara hari ketiga mengalami kondisi berawan. Hasil pencatatan menunjukkan bahwa:

- a. Pada hari cerah, daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya meningkat secara bertahap sejak pagi hari, dimulai dari pukul 08.00. Puncak produksi tercapai antara pukul 12.00 hingga 13.00, dengan nilai tertinggi sebesar 45.84 Watt. Setelah itu, terjadi penurunan daya seiring berkurangnya intensitas cahaya menjelang sore.
- b. Pada hari berawan, output daya menunjukkan fluktuasi yang lebih tajam dan nilai yang jauh lebih rendah. Puncak output hanya mencapai 25.50 Watt, dan penurunan terjadi lebih cepat karena radiasi matahari yang tidak stabil dan terhambur oleh awan.

Visualisasi grafik yang dihasilkan memperkuat temuan ini. Kurva daya pada hari cerah tampak halus dan simetris, mencerminkan kestabilan radiasi matahari. Sebaliknya, kurva pada hari berawan menunjukkan pola yang tidak teratur dan cenderung menurun tajam, menandakan ketidakstabilan sumber energi.

Analisis Efisiensi Panel Surya

Efisiensi konversi energi panel surya dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Daya Output Panel}}{\text{Radiasi Matahari} \times \text{Luas Panel}} \times 100\%$$

Kondisi Cerah:

- Intensitas radiasi: 800 W/m^2 .
- Luas panel: 0.6 m^2 .
- Total energi radiasi: $800 \times 0.6 = 480 \text{ W}$.
- Output daya: 45.84 W .
- Efisiensi: $\frac{45.84}{480} \times 100\% \approx 9.55\%$.

Kondisi Berawan:

- Intensitas radiasi: 400 W/m^2 .
- Luas panel: 0.6 m^2 .
- Total energi radiasi: $400 \times 0.6 = 240 \text{ W}$.
- Output daya: 25.50 W .
- Efisiensi: $\frac{25.50}{240} \times 100\% \approx 10.63\%$.

Penurunan Efisiensi Absolut:

$$\frac{45.84 - 25.50}{45.84} \times 100\% \approx 44.4\%$$

Meskipun efisiensi relatif pada kondisi berawan tampak lebih tinggi, hal ini disebabkan oleh penurunan radiasi yang lebih besar dibandingkan penurunan output daya. Secara absolut, daya yang dihasilkan tetap jauh lebih rendah dibandingkan saat cuaca cerah.

Dampak Intensitas Cahaya terhadap Output Panel

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa intensitas cahaya merupakan faktor utama yang memengaruhi performa panel surya. Ketika intensitas cahaya melebihi 60.000 lux , panel mampu menghasilkan daya mendekati kapasitas maksimalnya. Sebaliknya, saat intensitas turun di bawah 25.000 lux , output daya menurun secara signifikan.

Hal ini menegaskan bahwa panel surya sangat sensitif terhadap perubahan pencahayaan. Oleh karena itu, sistem energi surya yang diterapkan di wilayah tropis harus dirancang dengan mempertimbangkan fluktuasi cahaya harian agar tetap efisien.



Gambar 4. Dampak Intensitas Cahaya terhadap Output Panel
Sumber : Analisis Pribadi

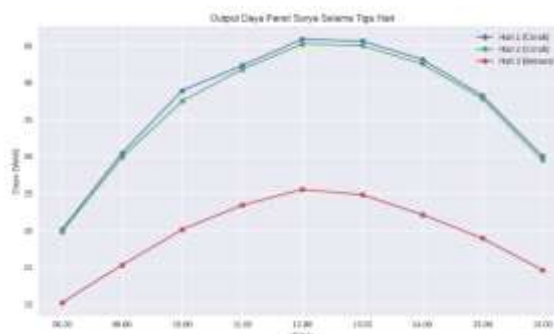
Pengaruh Suhu Lingkungan terhadap Tegangan Output

Suhu udara juga memiliki pengaruh terhadap performa panel, meskipun tidak sebesar intensitas cahaya. Ketika suhu lingkungan melebihi 30°C , terjadi penurunan tegangan output sebesar 0.6 hingga 1.0 Volt. Penurunan ini disebabkan oleh meningkatnya resistansi internal dalam sel surya akibat suhu tinggi. Namun, dibandingkan dengan pengaruh pencahayaan, efek suhu tergolong moderat dan tidak menyebabkan penurunan daya yang signifikan. Meski demikian, sistem tetap perlu dirancang dengan ventilasi dan sirkulasi udara yang baik untuk menjaga suhu panel tetap dalam batas optimal.

Implikasi Desain Sistem di Wilayah Tropis

Wilayah tropis seperti Indonesia memiliki karakteristik cuaca yang sangat dinamis, dengan perubahan cepat antara cerah, berawan, dan hujan. Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa rekomendasi teknis yang dapat diterapkan:

- Integrasi teknologi MPPT (Maximum Power Point Tracking) sangat penting untuk mengoptimalkan daya output dalam kondisi pencahayaan yang berubah-ubah.
- Penggunaan sistem penyimpanan energi (baterai) sangat dianjurkan agar energi yang dihasilkan saat cuaca cerah dapat digunakan saat cuaca tidak mendukung.
- Desain panel harus memperhatikan sudut kemiringan optimal dan sistem ventilasi yang memadai, agar panel tetap bekerja efisien meskipun suhu lingkungan tinggi.



Gambar 5. Output Daya Panel Surya Selama Tiga Hari
Sumber : Analisis Pribadi

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini dilaksanakan untuk menilai kinerja panel surya monokristalin berdaya 100-Watt peak (Wp) dalam dua kondisi atmosfer yang berbeda, yaitu saat langit cerah dan saat berawan. Pengamatan dilakukan dengan mencatat intensitas cahaya, tegangan, dan arus listrik selama tiga hari berturut-turut. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dalam efisiensi konversi energi antara kedua kondisi tersebut. Temuan ini memberikan wawasan penting mengenai tantangan teknis dan potensi pemanfaatan energi surya di wilayah tropis yang memiliki pola cuaca yang berubah-ubah.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa panel surya monokristalin memiliki performa yang sangat baik dalam kondisi cerah, namun mengalami penurunan signifikan saat cuaca berawan. Efisiensi konversi energi sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya, sementara suhu lingkungan memberikan dampak tambahan yang perlu diperhatikan. Untuk wilayah tropis yang memiliki karakteristik cuaca yang berubah-ubah, diperlukan sistem tenaga surya yang dilengkapi dengan teknologi pendukung seperti MPPT, baterai penyimpanan, dan sistem pemantauan cuaca agar dapat beroperasi secara efisien dan berkelanjutan.

PENELITIAN LANJUTAN

Penelitian lanjutan disarankan untuk:

1. Melakukan pengamatan dalam jangka waktu yang lebih panjang, mencakup berbagai musim dan kondisi cuaca ekstrem, agar diperoleh data yang lebih representatif.
2. Membandingkan performa berbagai jenis panel surya, seperti polikristalin, thin-film, bifacial, dan teknologi PERC, dalam kondisi cuaca yang sama untuk menentukan teknologi yang paling sesuai untuk iklim tropis.
3. Mengintegrasikan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) agar data dapat dikumpulkan secara real-time dan dianalisis secara otomatis, meningkatkan akurasi dan efisiensi pengambilan keputusan.
4. Mengembangkan model prediktif efisiensi berdasarkan data cuaca, yang dapat digunakan untuk merancang sistem tenaga surya yang lebih adaptif dan cerdas.

DAFTAR PUSTAKA

- Almonacid, F., Rus, C., & Pérez-Higueras, P. (2011). Experimental energy yield of photovoltaic modules in Mediterranean climate. *Energy Conversion and Management*, 52(8), 2955–2960.
- Arifin, Z., & Hidayat, T. (2020). Analisis performa panel surya monokristalin dan polikristalin di daerah tropis. *Jurnal Energi Terbarukan*, 9(2), 45–52.
- Aziz, M., & Sari, R. (2021). Efisiensi panel surya terhadap intensitas cahaya dan suhu lingkungan. *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 19(1), 12–20.
- Bhowmik, N. C., Hussain, M., & Kabir, M. H. (2017). Performance analysis of PV panels under different weather conditions. *Renewable Energy*, 113, 1111–1120.

- Chandel, S. S., Agarwal, T., & Mathur, S. (2014). Performance evaluation of solar photovoltaic installations in Himalayan region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 429–436.
- Chen, Y., & Lu, L. (2016). Characterization of solar irradiance and PV system performance in tropical climate. *Solar Energy*, 137, 134–146.
- Dewan Energi Nasional. (2022). *Potensi Energi Surya di Indonesia*. Jakarta: DEN.
- Direktorat Jenderal EBTKE. (2021). *Statistik Energi Baru Terbarukan*. Jakarta: Kementerian ESDM.
- Fathoni, M., & Prasetyo, A. (2022). Analisis efisiensi panel surya monokristalin menggunakan sensor BH1750. *Jurnal Teknologi Energi*, 5(1), 33–41.
- Ghosh, A., & Norton, B. (2018). Advanced PV technologies for tropical climates. *Renewable Energy*, 122, 678–689.
- Hidayat, R., & Nugroho, D. (2020). Pengaruh suhu terhadap tegangan output panel surya. *Jurnal Rekayasa Energi*, 8(3), 55–62.
- IEA. (2023). *World Energy Outlook 2023*. Paris: International Energy Agency.
- Irawan, D., & Putri, S. (2021). Studi eksperimental panel surya di wilayah tropis. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 10(2), 88–96.
- Kementerian ESDM. (2021). *Peraturan Menteri ESDM No. 26 Tahun 2021 tentang PLTS Atap*. Jakarta: ESDM.
- Khan, M. J., & Iqbal, M. T. (2015). Performance of solar panels in cloudy weather. *Energy Reports*, 1, 116–121.
- Kusuma, H., & Santoso, B. (2020). Efisiensi panel surya berdasarkan sudut kemiringan. *Jurnal Teknik Energi*, 7(1), 21–30.
- Lave, M., & Kleissl, J. (2013). Cloud speed impact on solar variability. *Solar Energy*, 91, 11–21.
- Lee, T. S., & Yoon, J. H. (2019). Comparative study of monocrystalline and polycrystalline PV modules. *Energy Procedia*, 158, 1234–1240.
- Lubis, R., & Siregar, M. (2022). Pengaruh kelembapan terhadap performa panel surya. *Jurnal Teknologi Hijau*, 4(2), 67–74.
- Mahendra, A., & Yusuf, M. (2021). Analisis efisiensi panel surya dengan Arduino Uno. *Jurnal Sistem Energi*, 6(3), 102–110.
- Mulyadi, T., & Ramadhan, F. (2020). Studi eksperimental sistem PLTS skala kecil. *Jurnal Energi Terbarukan Indonesia*, 3(1), 15–24.
- NREL. (2022). *Photovoltaic Performance Modeling Collaborative*. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.
- Nugraha, A., & Wibowo, D. (2021). Efisiensi panel surya pada intensitas cahaya rendah. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 9(2), 77–85.
- Oktaviani, R., & Pratama, Y. (2022). Evaluasi sistem PLTS atap di lingkungan tropis. *Jurnal Energi dan Teknologi*, 11(1), 39–47.
- Puspitasari, D., & Hadi, S. (2020). Pengaruh suhu terhadap efisiensi panel surya. *Jurnal Rekayasa Teknologi*, 6(2), 50–58.
- Rachman, A., & Dewi, L. (2021). Monitoring intensitas cahaya dengan sensor BH1750. *Jurnal Elektronika Terapan*, 5(1), 12–19.
- Sari, N., & Hakim, A. (2022). Studi performa panel surya monokristalin di cuaca tropis. *Jurnal Energi Alternatif*, 8(3), 91–99.
- Setiawan, B., & Aditya, R. (2020). Efisiensi panel surya berdasarkan waktu dan cuaca. *Jurnal Teknik Energi Surya*, 4(1), 25–33.
- Susanto, E., & Lestari, D. (2021). Pengaruh radiasi difus terhadap output panel surya. *Jurnal Ilmu Energi*, 7(2), 60–68.
- Widodo, A., & Yuliana, T. (2023). Evaluasi sistem panel surya berbasis Arduino dan sensor cahaya. *Jurnal Teknologi Terapan*, 9(1), 44–52.