

Analisis Intensitas Cahaya terhadap Voc dan Isc Panel Surya

Enggar Hero Istoto^{*1}, Iham Faqih¹, Mura Shaki¹, Sasha Avrilia¹, Juliadi Zalukhu¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail : enggar@polman-babel.ac.id

Received: 24 Juli 2026; Received in revised form: 11 Agustus 2026.; Accepted: 11 Agustus 2026

Abstract

Due to Indonesia's year-round abundance of sunlight, solar energy is one of the renewable energy sources with substantial development potential. Photovoltaic panel output characteristics, particularly open circuit voltage (Voc) and short circuit current (Isc), are impacted by variations in solar irradiation. The purpose of this study is to examine how solar irradiation affects a 50 WP monocrystalline solar panel's Voc and Isc values. Direct measurements were made every five minutes between 10:00 and 11:30 in the morning as part of an experimental approach. Solar irradiance, open circuit voltage, and short circuit current were among the parameters that were measured. The results showed that increasing irradiance significantly affected the Isc value, while Voc tended to remain relatively stable. The highest irradiance value was 982 W/m² with a Voc value of 20.6 V and an Isc value of 3.21 A. The findings indicate that the output current of the photovoltaic panel is more sensitive to irradiance changes than the output voltage.

Keywords: Irradiance, Photovoltaic, Voc, Isc, Renewable Energy

Abstrak

Karena jumlah sinar matahari yang melimpah sepanjang tahun, energi surya adalah salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari bagaimana perubahan intensitas cahaya matahari mempengaruhi karakteristik keluaran panel surya, terutama parameter tegangan open circuit (Voc) dan arus short circuit (Isc). Eksperimen dilakukan setiap 5 menit mulai pukul 10.00 WIB hingga 11.30 WIB. Dibandingkan dengan tegangan keluaran panel surya, arus keluaran panel surya lebih sensitif terhadap perubahan intensitas cahaya daripada perubahan tegangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas cahaya tertinggi sebesar 982 W/m² dengan nilai Voc 20,6 V dan Isc 3,21 A, sedangkan perubahan nilai Voc cenderung lebih stabil.

Kata kunci: Intensitas cahaya, Panel surya, Voc, Isc, Energi terbarukan

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya industrialisasi, digitalisasi, dan pertumbuhan populasi, kebutuhan energi listrik dunia terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Ketergantungan yang masih tinggi terhadap bahan bakar fosil menyebabkan meningkatnya emisi gas rumah kaca, degradasi lingkungan, serta ancaman terhadap ketahanan energi jangka panjang [1]. Oleh karena itu, transisi menuju energi terbarukan menjadi salah satu strategi utama untuk mencapai pembangunan berkelanjutan dan target penurunan emisi karbon. Indonesia memiliki posisi yang sangat strategis dalam

pengembangan energi surya karena berada di wilayah khatulistiwa dengan rata-rata paparan radiasi matahari yang relatif tinggi sepanjang tahun [2].

Teknologi fotovoltaik (photovoltaic/ PV) merupakan teknologi yang mengubah energi cahaya secara langsung menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaik pada material semikonduktor. Ketika foton dari cahaya matahari mengenai permukaan sel surya, energi foton akan membebaskan elektron sehingga menghasilkan aliran arus listrik. Teknologi ini semakin berkembang karena memiliki keunggulan berupa sumber energi yang bersih, dapat diperbarui, tidak menghasilkan polusi saat operasi, serta

memiliki biaya pemeliharaan yang relatif rendah [2],[4].

Kinerja modul fotovoltaik umumnya dievaluasi melalui beberapa parameter utama, antara lain tegangan open circuit (Voc), arus short circuit (Isc), faktor pengisian (fill factor), daya maksimum, dan efisiensi konversi energi. Parameter Voc menggambarkan tegangan maksimum ketika tidak terdapat beban yang terhubung, sedangkan Isc menunjukkan arus maksimum ketika terminal keluaran berada dalam kondisi hubung singkat. Kedua parameter tersebut digunakan secara luas untuk mengevaluasi kondisi operasional dan performa modul surya pada berbagai kondisi lingkungan [5],[9].

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari atau irradiance merupakan faktor lingkungan yang paling dominan dalam mempengaruhi keluaran panel surya. Peningkatan irradiance akan meningkatkan jumlah foton yang diterima permukaan sel surya sehingga jumlah pasangan elektron-hole yang terbentuk menjadi lebih besar. Fenomena tersebut menyebabkan peningkatan arus keluaran panel surya secara hampir linier terhadap kenaikan irradiance, khususnya pada parameter Isc [1],[5].

Sementara itu, pengaruh irradiance terhadap tegangan open circuit (Voc) cenderung lebih kecil dibandingkan pengaruhnya terhadap Isc. Nilai Voc meningkat secara logaritmik terhadap kenaikan irradiance sehingga perubahan yang terjadi relatif terbatas. Selain irradiance, temperatur sel surya juga sangat berpengaruh terhadap Voc. Kenaikan temperatur biasanya menyebabkan penurunan tegangan keluaran akibat perubahan karakteristik material semikonduktor pada sambungan p-n [2],[6].

Di lingkungan tropis seperti Indonesia, variasi intensitas cahaya matahari dipengaruhi oleh pergerakan matahari, kondisi atmosfer, tutupan awan, kelembapan, dan tingkat polusi udara. Fluktuasi parameter lingkungan tersebut menyebabkan karakteristik keluaran panel surya berubah secara dinamis sepanjang hari. Oleh sebab itu, pengukuran langsung pada kondisi lapangan menjadi penting untuk memahami perilaku aktual modul fotovoltaik yang beroperasi pada lingkungan tropis [6],[8].

Penelitian terdahulu juga melaporkan bahwa akumulasi debu (soiling), orientasi pemasangan panel, sudut kemiringan, serta kondisi termal modul berkontribusi terhadap perubahan performa panel surya. Asbayou et al. menunjukkan bahwa efek soiling dapat

menurunkan kemampuan panel dalam menyerap radiasi matahari secara efektif [3]. Sementara itu, Buerhop et al. menjelaskan bahwa anomali termal seperti hotspot dapat mempercepat degradasi modul dan berdampak pada perubahan parameter listrik panel surya [10].

Analisis hubungan antara irradiance dengan Voc dan Isc sangat penting karena dapat digunakan sebagai dasar optimasi sistem pembangkit listrik tenaga surya, baik pada tahap desain maupun operasi. Informasi mengenai sensitivitas parameter keluaran terhadap perubahan intensitas cahaya dapat membantu dalam prediksi performa sistem, evaluasi kesehatan modul, serta pengembangan model matematis karakteristik panel surya pada kondisi nyata [7],[9].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap tegangan open circuit (Voc) dan arus short circuit (Isc) pada panel surya monocrystalline. Pengambilan data dilakukan secara langsung pada interval waktu tertentu untuk memperoleh hubungan empiris antara perubahan irradiance dengan karakteristik keluaran panel surya. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah yang mendukung pemanfaatan energi surya secara lebih optimal, khususnya pada wilayah tropis Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

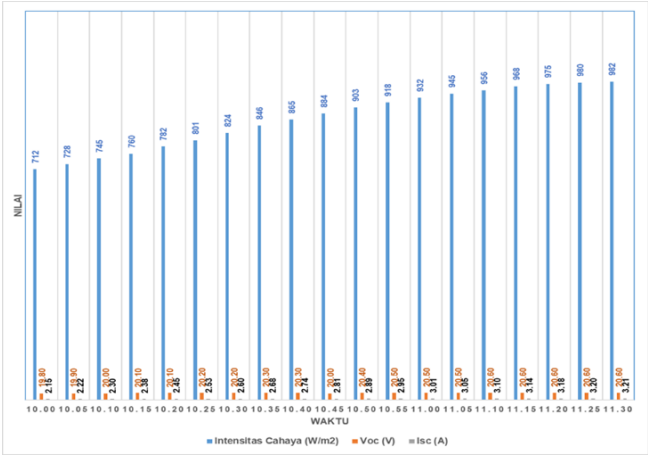
Menjelaskan Untuk memaksimalkan paparan cahaya matahari, penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang mengukur keluaran panel surya secara langsung. Pengambilan data dilakukan di area terbuka. Panel surya yang digunakan adalah panel surya Chungpa seri CP-S22P power maksimal 20W dan tegangan maksimal 18V. Panel surya diposisikan dengan sudut kemiringan sekitar 15° menghadap sinar matahari. Peralatan yang digunakan termasuk panel surya, lux meter, multimeter digital, meter pengikat, kabel penghubung, dan penyangga. Data dikumpulkan dari pukul 10.00 hingga 11.30 WIB dengan interval pengukuran setiap 5 (lima) menit. Parameter yang diukur adalah intensitas cahaya matahari, tegangan open circuit terbuka (Voc), dan arus short circuit (Isc). Hasil pengukuran kemudian dianalisis secara kuantitatif menggunakan PVsyst untuk menentukan hubungan antara perubahan intensitas cahaya dan karakteristik keluaran panel surya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya, Voc, dan Isc

Pada pukul 10.00 sampai 11.30 WIB, adalah waktu dimana proses matahari bergerak menuju titik puncak. Peristiwa

tersebut menyebabkan intensitas cahaya matahari meningkat secara bertahap. Hal tersebut tentu akan mempengaruhi perubahan karakteristik keluaran panel surya, terutama nilai arus *short circuit* (Isc), seperti yang ditunjukkan oleh hasil pengukuran yang ditunjukkan Gambar 1.

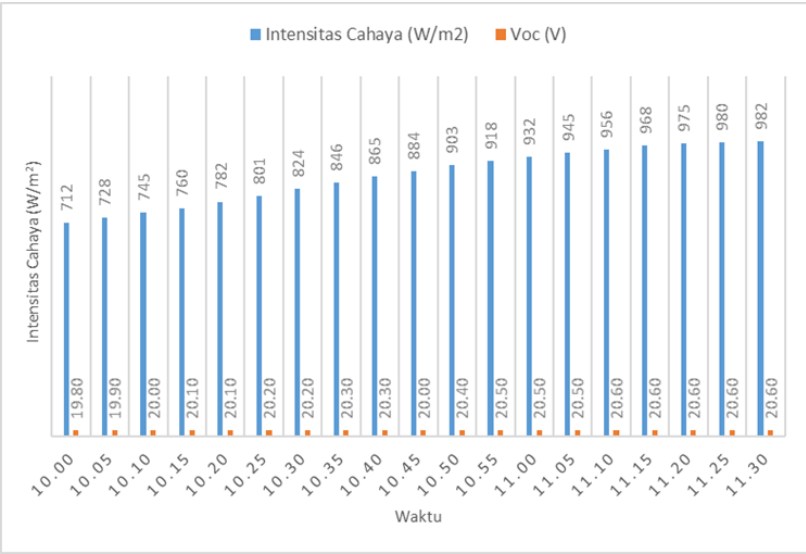


Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Waktu dengan Intensitas Cahaya, Tegangan Circuit (Voc) dan Arus Circuit (Isc)

Pada Gambar 1, dapat diketahui berdasarkan data bahwa perubahan pergerakan sinar matahari mempengaruhi nilai Voc dan Isc. Secara umum gambar 1 menunjukkan semakin besar intensitas

cahaya maka semakin besar tegangan *open circuit* (Voc) dan arus *short circuit* (Isc).

3.2. Analisis Intensitas Cahaya terhadap Tegangan *Open Circuit* (Voc)



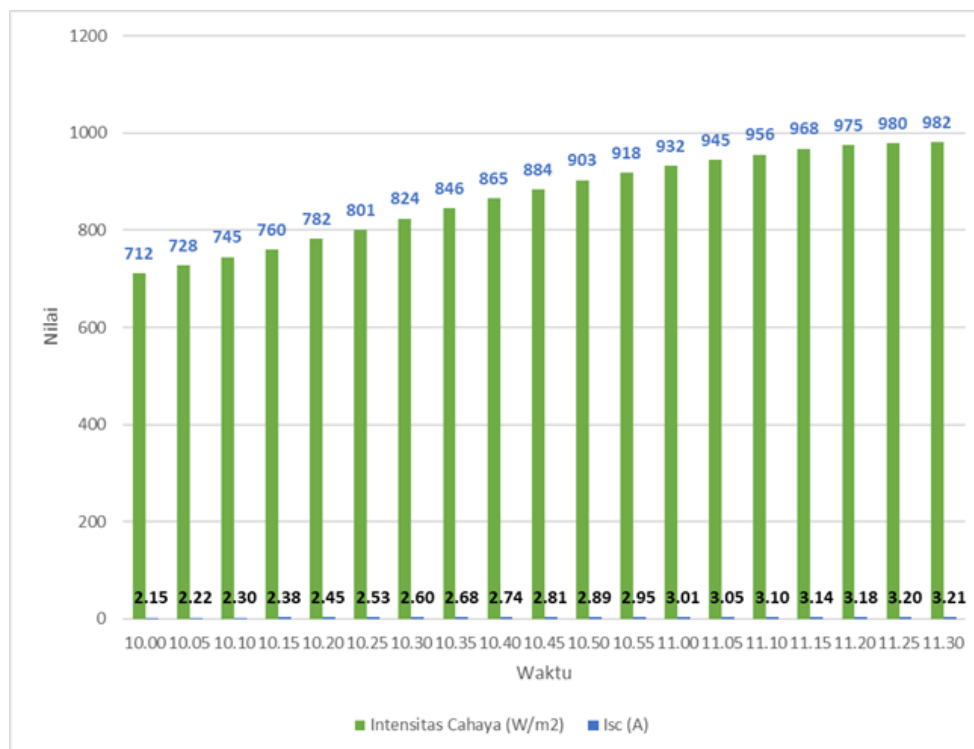
Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Waktu dengan Intensitas Cahaya dan Tegangan *Open Circuit* (Voc)

Pada Gambar 2, hasil pengukuran menunjukkan bahwa peningkatan intensitas

cahaya matahari menyebabkan peningkatan nilai tegangan open circuit (Voc). Namun, perubahan yang terjadi tidak terlalu besar. Nilai Voc adalah 19,8 V ketika intensitas cahaya sebesar 712 W/m^2 pada jam 10.00. Selanjutnya seiring waktu intensitas cahaya meningkat menjadi 982 W/m^2 pada jam 11.30 dengan nilai Voc hanya meningkat menjadi 20,6 V. Nilai rata-rata Voc 20,31 V dengan rata-rata nilai intensitas cahaya matahari sebesar 869 W/m^2 . Tidak seperti perubahan intensitas cahaya secara langsung, sifat material semikonduktor dan temperatur permukaan panel memengaruhi tegangan

keluaran panel surya lebih banyak daripada perubahan tegangan [2]. Pada kajian yang dilakukan oleh Petrana et.al., perubahan nilai Voc panel surya memiliki kecenderungan lebih stabil daripada perubahan nilai arus keluaran [6]. Pernyataan Petrana tersebut dapat terkonfirmasi pada penelitian ini yang mana nampak peningkatan perubahan tegangan open circuit (Voc) tidak terjadi secara signifikan.

3.3. Analisis Intensitas Cahaya terhadap Isc



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Waktu dengan Intensitas Cahaya dan Arus *Short Circuit* (Isc)

Pada Gambar 3, nilai arus *short circuit* (Isc) meningkat secara signifikan seiring bertambahnya intensitas cahaya matahari. Pada pukul 10.00 WIB, nilai Isc sebesar 2,15 A, tetapi pada pukul 11.30 WIB meningkat menjadi 3,21 A. Peningkatan Isc mengalami perubahan cukup signifikan. Hal tersebut berbeda dengan perubahan pada nilai Voc. Nilai Isc meningkat karena intensitas cahaya yang diterima panel surya meningkat seiring dengan jumlah foton yang mengenai permukaannya [3]. Akibatnya, terjadi pergerakan jumlah elektron bebas yang dihasilkan cenderung meningkat, yang

menghasilkan peningkatan arus keluaran panel surya.

Nilai Isc meningkat sekitar 49% yaitu dari intensitas cahaya meningkat dari 712 W/m^2 menjadi 982 W/m^2 dengan nilai rata-rata Isc sebesar 2,77 A. Hasil ini menunjukkan bahwa arus keluaran panel surya sangat peka terhadap perubahan intensitas cahaya [7]. Menurut temuan penelitian yang dilakukan oleh Y. Wen et al., intensitas cahaya matahari adalah faktor yang paling dominan dalam meningkatkan arus keluaran panel surya [8]. Pada saat dilakukan penelitian, kecenderungan cuaca juga sangat baik, dengan tutupan awan cukup minim. Hal

tersebut juga turut mendukung pancaran dari intensitas cahaya matahari dan suhu lingkungan saat penelitian adalah 33°C. Hal ini diperkuat dengan pernyataan dari J. N. Velasco et al. menjelaskan bahwa performa modul fotovoltaik sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter lingkungan, antara lain:

- a) Intensitas radiasi matahari (*solar irradiance*)
- b) Suhu sel surya (*cell temperature*)
- c) Suhu lingkungan (*ambient temperature*)
- d) Kelembapan relatif (*relative humidity*)

Hubungan antara parameter-parameter tersebut dengan Voc dan Isc bersifat non linier, sehingga sulit dimodelkan secara akurat menggunakan persamaan matematis konvensional [9]. Suhu lingkungan dan intensitas cahaya matahari secara tidak langsung akan meningkatkan suhu pada panel surya. Suhu pada panel surya yang berlebihan lama-kelamaan akan menyebabkan kerusakan pada sel surya. Kerusakan pada sel surya akan mempengaruhi dari luaran tegangan open circuit (Voc) dan arus short circuit (Isc). Hal tersebut diperkuat dengan pernyataan Buerhop et al., modul PV yang mengalami kerusakan sering menunjukkan anomali suhu (hotspot). Anomali suhu (hotspot) tersebut sangat dipengaruhi oleh besarnya intensitas cahaya matahari dan suhu lingkungan [10].

4. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari memengaruhi karakteristik keluaran panel surya. Nilai arus *short circuit* (Isc) meningkat secara signifikan ketika intensitas cahaya matahari meningkat, sedangkan perubahan nilai tegangan *open circuit* (Voc) lebih stabil. Dengan nilai Voc 20,6 V dan Isc 3,21 A, intensitas cahaya tertinggi sebesar 982 W/m² diperoleh dari panel surya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa arus keluaran panel surya lebih sensitif terhadap perubahan intensitas cahaya daripada tegangan keluaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung karena telah menyediakan fasilitas dan peralatan yang diperlukan selama penelitian ini. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua orang yang telah membantu dalam proses pengambilan data dan penyusunan penelitian ini, yang

semuanya memastikan bahwa penelitian ini selesai dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. K. S. Al-Ghezi, R. T. Ahmed, and M. T. Chaichan, "The Influence of Temperature and Irradiance on Performance of the Photovoltaic Panel in the Middle of Iraq," *International Journal of Renewable Energy Development*, vol. 11, no. 2, pp. 501–512, 2022, doi:10.14710/ijred.2022.43713.
- [2] M. Nadia, H. Lassad, Z. Abderrahmen, and A. Chaari, "Influence of Temperature and Irradiance on the Different Solar PV Panel Technologies," *International Journal of Energy Sector Management*, vol. 15, no. 6, pp. 1085–1105, 2021, doi:10.1108/IJESM-06-2020-0002.
- [3] A. Asbayou et al., "Electro-Optical Model of Soiling Effects on Photovoltaic Panels," *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 2024.
- [4] "An Experimental Assessment of the Performance of Solar Photovoltaic Modules," *Global NEST Journal*, 2024.
- [5] H. El Achouby et al., "Effects of Module Temperature and Incident Solar Irradiance on PV Module Performance," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2021.
- [6] S. Petrana et al., "Solar Panel Performance Analysis under Indonesian Tropic Climate," *Universitas Indonesia*, 2023.
- [7] K. K. Agrawal et al., "Predictive Modeling of Solar PV Panel Operating Temperature," *Energies*, vol. 17, no. 14, 2024, doi:10.3390/en17143489.
- [8] Y. Wen et al., "Experimental Research on the Temperature Distribution Characteristics of Photovoltaic Array," *Applied Thermal Engineering*, 2025.
- [9] J. N. Velasco et al., "Prediction of Voc and Isc of Monocrystalline PV Modules," *International Journal of Engineering Technology and Applied Science*, 2025.
- [10] C. Buerhop et al., "Infrared Imaging of Photovoltaic Modules," *Journal of Physics Energy*, 2022, doi:10.1088/2516-1083/ac890b.

-
- | | |
|--|--|
| <p>[11] International Energy Agency (IEA), Renewables 2024: Analysis and Forecast to 2030, Paris, 2024.</p> <p>[12] A. Luque and S. Hegedus, Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, 3rd ed., Wiley, 2023.</p> | <p>[13] M. A. Green, Solar Cells: Operating Principles, Technology and System Applications, UNSW Press.</p> <p>[14] NREL, Best Research-Cell Efficiency Chart, National Renewable Energy Laboratory, 2024.</p> <p>[15] IRENA, Renewable Power Generation Costs Report 2024, Abu Dhabi, 2025.</p> |
|--|--|