



Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off-Grid* Tipe Fotovoltaik: Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap *Output Daya*, Tegangan, dan Arus

Filian Arbiyani^{1*}, William Aristo Kurniawan², Rudy Eduard³, Djoko Setyanto¹

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

²Program Studi Teknik Mesin, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

³PT Nusantara Sejahtera Raya, Tbk, Jl. K.H. Wahid Hasyim No.96-A, Jakarta Pusat 10340

*E-mail: f.arbiyani@atmajaya.ac.id

ABSTRAK

Seiring perkembangan zaman dan bertambahnya populasi penduduk yang membutuhkan sumber energi yang lebih, maka ketergantungan pada energi fosil harus diimbangi dengan suplai energi baru dan terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik keluaran panel surya tipe fotovoltaik pada sistem PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) *off-grid*, yaitu pengaruh intensitas cahaya terhadap output daya, tegangan, dan arus. Eksperimen dilakukan selama 12 jam, yaitu pukul 06:00 -18:00, dengan proses pengambilan data dilakukan setiap satu jam. Spesifikasi dari solar panel yang digunakan berjenis *polycrystalline* dengan luas area sebesar 0,00759 m², dan memiliki spesifikasi daya output maksimal 1,1 watt, arus 0,22 ampere, dan tegangan 5 volt. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan intensitas cahaya berbanding lurus dengan peningkatan daya dan tegangan yang dihasilkan, sedangkan arus cenderung stabil dengan perbedaan arus yang tidak berubah jauh dengan rentang 0,1- 0,2 ampere.

Kata kunci :

PLTS; *Off-grid*; Intensitas Cahaya; Daya; Energi Terbarukan.

ABSTRACT

As technological development advances and global population growth continues to elevate energy demand, the persistent dependence on fossil fuels underscores the urgent need to accelerate the deployment of renewable energy technologies. This study investigates the performance characteristics of a photovoltaic (PV) module operating within an off-grid solar power system (PLTS), with emphasis on quantifying the effects of solar irradiance on output power, voltage, and current. The experiment was conducted over a 12-hour period (06:00–18:00), during which operational parameters were recorded at one-hour intervals. The PV module employed is a polycrystalline unit with an effective surface area of 0.00759 m² and nominal maximum ratings of 1.1 W, 0.22 A, and 5 V. Results indicate that increases in irradiance lead to proportional increases in power output and voltage, whereas the current remains relatively stable, exhibiting only minor variation within the 0.1–0.2 A range. These findings provide insights into the irradiance-dependent behavior of small-scale off-grid PV systems and contribute to improved performance assessment under real-world operating conditions.

Keywords :

Solar Power System; Off-grid; Solar Irradiance; Power; Renewable Energy.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi baru dan terbarukan semakin meningkat dikarenakan cadangan energi fosil semakin menipis dari tahun ke tahun. Penipisan sumber energi fosil yang disertai dengan pertumbuhan populasi yang pesat telah meningkatkan permintaan energi global secara signifikan, termasuk di Indonesia [1].

Adopsi penggunaan energi terbarukan dapat dilihat, salah satunya dengan semakin banyaknya penggunaan mobil bertenaga listrik, dan lampu-lampu pada jalan bebas hambatan menggunakan solar panel untuk memenuhi kebutuhan listrik untuk penerangan di malam hari. Solar Panel menggunakan energi surya sebagai sumber energinya.

Energi surya merupakan energi yang dapat dihasilkan tanpa mengorbankan sumber daya lainnya yang merupakan energi gratis yang disediakan di alam. Energi surya berbasis fotovoltaik (PV) merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang melimpah di Indonesia, seiring dengan letak geografisnya yang berada di wilayah khatulistiwa [2]. Potensi energi surya di Indonesia tergolong sangat besar, dengan tingkat radiasi matahari rata-rata sebesar 4,5–4,8 kWh/m² per hari, dan secara khusus mencapai 4,5–5,5 kWh/m² per hari di wilayah Kota Tangerang Selatan [3].

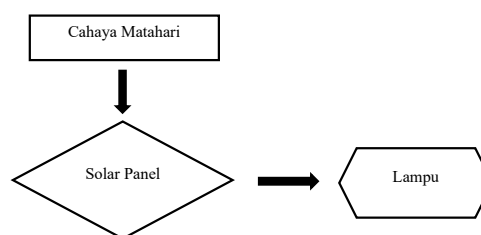
Penggunaan solar panel dapat membantu kebutuhan energi listrik dalam skala lebih besar [4]. Oleh karena itu, penggunaan solar panel dapat memenuhi kebutuhan dari skala kecil hingga besar seperti pada PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya). Tenaga surya dapat dimanfaatkan menjadi tenaga listrik menggunakan *Solar Panel (photovoltaic)*. Konsep cara kerja *solar* panel adalah dengan memanfaatkan foton yang ada dalam cahaya matahari dan memanfaatkannya untuk mendorong elektron sehingga terjadi arus listrik yang menghasilkan arus DC (*Direct Current*). Dalam hal ini foton menyebabkan elektron untuk bergerak sehingga terjadi arus listrik. Besarnya energi surya yang dapat dikonversi menjadi energi listrik sangat bergantung pada efektivitas panel PV dalam

menerima radiasi matahari [5], sehingga intensitas cahaya berperan penting dalam penghasilan daya pada solar panel [6].

Penelitian ini akan mengkaji pengaruh intensitas cahaya terhadap *ouput* daya, tegangan, dan arus dari solar panel pada waktu matahari terbit hingga terbenam.

2. METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off-Grid* Tipe Fotovoltaik: Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap *Output* Daya, Tegangan, dan Arus

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan melakukan pengukuran langsung guna pengambilan data. Eksperimen dilakukan selama 12 jam, yaitu pukul 06:00-18:00, dan proses pengambilan data dilakukan setiap 1 jam. Data pengukuran meliputi nilai *irradiance* (W/m²), tegangan (V), dan arus (A) yang diukur menggunakan sensor intensitas cahaya pada *handphone* dan multi-tester digital.

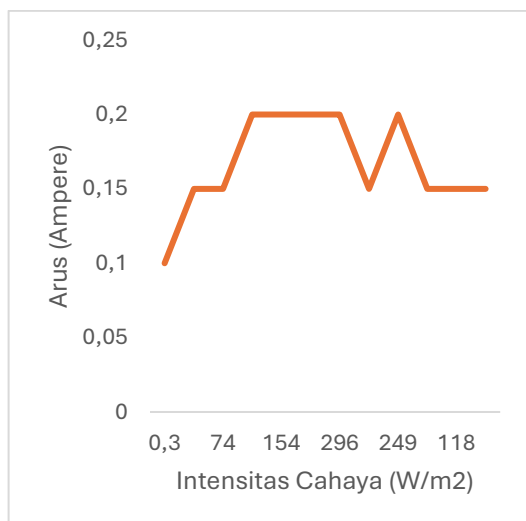
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai intensitas cahaya paling tinggi terjadi pada pukul 12:00 hingga pukul 13:00, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Arus

Waktu	Intensitas Cahaya (W/m ²)	Arus (A)
06:00 – 07:00	0,3	0,1
07:00 – 08:00	26	0,15
08:00 – 09:00	74	0,15
09:00 – 10:00	91	0,2
10:00 – 11:00	154	0,2
11:00 – 12:00	289	0,2
12:00 – 13:00	296	0,2
13:00 – 14:00	48	0,15
14:00 – 15:00	249	0,2
15:00 – 16:00	136	0,15
16:00 – 17:00	118	0,15
17:00 – 18:00	84	0,15

Perubahan nilai besaran arus tidak ada perubahan signifikan terhadap nilai intensitas cahaya (Gambar 2.). Hal ini mengindikasikan bahwa besaran nilai intensitas cahaya tidak signifikan mempengaruhi nilai kuat arus dari *output solar* panel.



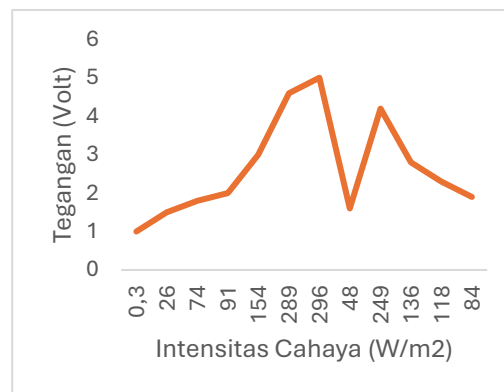
Gambar 2. Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Arus

Nilai arus paling tinggi berada pada 0,2 Ampere yang terjadi pada pukul 09:00-13:00 dan pukul 14:00-15:00, sedangkan paling rendah terukur sebesar 0,1 ampere yang terjadi pada pukul 06:00-07:00.

Perubahan nilai besaran tegangan berbanding lurus dengan nilai intensitas cahaya, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2. dan Gambar 3.

Tabel 2. Data Tegangan

Waktu	Intensitas Cahaya (W/m ²)	Tegangan (V)
06:00 – 07:00	0,3	1
07:00 – 08:00	26	1,5
08:00 – 09:00	74	1,8
09:00 – 10:00	91	2
10:00 – 11:00	154	3
11:00 – 12:00	289	4,6
12:00 – 13:00	296	5
13:00 – 14:00	48	1,6
14:00 – 15:00	249	4,2
15:00 – 16:00	136	2,8
16:00 – 17:00	118	2,3
17:00 – 18:00	84	1,9



Gambar 3. Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Tegangan

Hal ini mengindikasikan bahwa besaran nilai intensitas cahaya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai tegangan dari *ouput solar* panel. Nilai tegangan paling tinggi terjadi pada pukul 12:00 -13:00, yaitu sebesar 5 volt, dan pada pukul 06:00 - 07:00 terukur tegangan paling rendah sebesar 1 volt.

Ouput daya solar panel dapat dihitung menggunakan persamaan (1).

$$P = V \times I \quad (1)$$

$P = \text{Daya (watt)}$

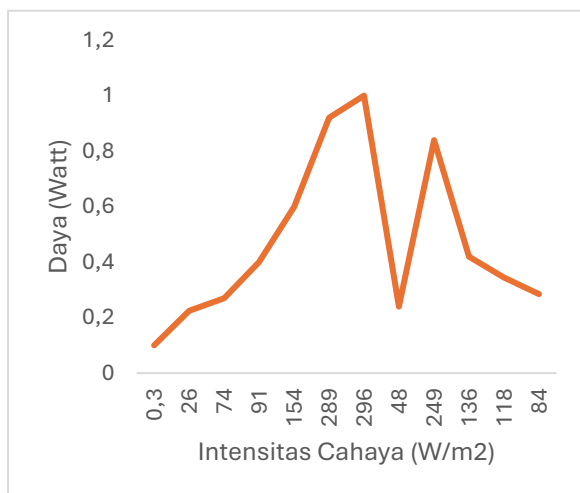
$V = \text{Tegangan (volt)}$

$A = \text{Arus (ampere)}$

Hasil perhitungan *ouput* daya solar panel didapatkan bahwa perubahan nilai besaran daya juga berbanding lurus dengan nilai intensitas cahaya (Tabel 3. dan Gambar 4.).

Tabel 3. Ouput Daya Solar Panel

Waktu	Intensitas Cahaya (W/m ²)	Daya (W)
06:00 – 07:00	0,3	0,1
07:00 – 08:00	26	0,225
08:00 – 09:00	74	0,27
09:00 – 10:00	91	0,4
10:00 – 11:00	154	0,6
11:00 – 12:00	289	0,92
12:00 – 13:00	296	1
13:00 – 14:00	48	0,24
14:00 – 15:00	249	0,84
15:00 – 16:00	136	0,42
16:00 – 17:00	118	0,345
17:00 – 18:00	84	0,285



Gambar 4. Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Daya

Hasil *output* daya solar panel ini mengindikasikan bahwa besaran nilai intensitas cahaya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai daya dari *output* solar panel. Nilai daya paling tinggi terjadi pada pukul 12:00 -13:00, dan paling rendah terjadi pada pukul 06:00 - 07:00.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh dari peningkatan intensitas cahaya matahari berbanding lurus dengan peningkatan daya dan tegangan yang dihasilkan. Hal ini dapat terlihat bahwa semakin tinggi intensitas cahaya matahari, terutama pada siang dan sore hari, terjadi peningkatan tegangan (voltage). Sedangkan, arus cenderung stabil, dengan perbedaan arus yang tidak mengalami perubahan yang signifikan terhadap nilai perubahan intensitas cahaya, yaitu dengan rentang 0,1- 0,2 ampere. Walaupun nilai kuat arus ini cenderung stabil, namun dengan terjadinya peningkatan tegangan, maka terjadi pula peningkatan output daya seiring terjadinya peningkatan intensitas cahaya matahari. Hal ini dapat disimpulkan bahwa peningkatan intensitas cahaya matahari akan menghasilkan output daya yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. Ihm, S. Chun, and H. Park, "Optimal Scenarios of Renewables and Chargers for an Electric Vehicle Charging Station

using Public Data," in 2022 IEEE 5th Student Conference on Electric Machines and Systems (SCEMS), 2022, pp. 1–7, doi: <https://doi.org/10.1109/SCEMS56272.2022.9990819>.

- [2] Efriansyah, D. A., Herawati, A., & Anggraini, I. N., 2024. Analisis potensi energi matahari dan pembangkitan daya pada PLTS sebagai sumber rumah energi terbarukan sederhana di Kota Bengkulu. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(1), pp: 8258–8267. <https://jse.serambimekkah.id/index.php/jse/article/download/56/42/81>.
- [3] Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), 2023. Klimatologi. <https://www.bmkg.go.id/?lang=EN>.
- [4] Zikra, L., Sara, I.D. and Syahrizal, 2019. Analisis Rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid Terpusat Dusun Ketubong Tunong Kecamatan Seunagan Timur Kabupaten Nagan Raya. *KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro*, 4(2). Available at: <https://jurnal.usk.ac.id/kitektro/article/view/12951> (Accessed 30 Apr. 2025).
- [5] Priatam, P. P. T. D., Zambak, M. F., Suwarno, S., & Harahap, P., 2021. Analisa radiasi sinar matahari terhadap panel surya 50 WP. RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): *Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), pp: 48–54. <https://doi.org/10.30596/rele.v4i1.7825>.
- [6] S. W. Putri, G. Marausna, dan E. E. Prasetyo, 2022. "Analisis Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari terhadap Daya Keluaran pada Panel Surya," *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, vol. 8, no. 1, 2022. [Online]. Tersedia: <https://jurnal.sttkd.ac.id/index.php/ts/article/view/442Jurnal> Online STTKD+1Jurnal Online STTKD+1.