

ANALISIS EFISIENSI DAN KARAKTERISTIK DAYA *OUTPUT* DC PADA SISTEM PEMBANGKITAN LISTRIK TENAGA SURYA SKALA INDUSTRI

ANALYSIS OF EFFICIENCY AND DC OUTPUT POWER CHARACTERISTICS IN INDUSTRIAL-SCALE SOLAR PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS

Hartono¹, Ruben William Pasaribu^{2*}, Valentino Pahotan Simamora³, Nadia Nazarina Putri⁴

^{1,2,3,4}Rekayasa Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

email: hartono@untirta.ac.id¹

email: rubenwilliam100@gmail.com²

email: smmrvalen@gmail.com³

email: nadianazarina0@gmail.com⁴

Abstrak

Salah satu langkah strategis untuk meningkatkan efisiensi energi skala industri yaitu dengan implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid. Namun sering kali menghadapi tantangan berupa selisih antara kapasitas desain Standar Test Condition (STC) dengan daya keluaran aktual akibat faktor lingkungan dan kerugian teknis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya Output DC (P_{DC}) dan efisiensi sistem PLTS on-grid pada Warehouse 1 PT XYZ. Metode penelitian dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif melalui observasi dan pengukuran langsung parameter elektrikal sistem PLTS berkapasitas 356,4 kWp yang terdiri dari 660 modul CS6W-540MS dan 33 String modul. Pengukuran dilakukan setiap 30 menit dari pukul 10.00 WIB hingga 14.00 WIB pada tanggal 24 Maret 2026. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan DC (VDC), arus DC (IDC), daya Output (PDC), dan efisiensi sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan DC mengalami penurunan dari 809 V menjadi 781,6 V, sedangkan arus DC meningkat dari 237,93 A menjadi 335,28 A akibat pengaruh temperatur dan irradiansi matahari. Daya Output tertinggi yang dihasilkan sistem sebesar 262,05 kW dengan efisiensi maksimum mencapai 73,53% pada pukul 12.30 WIB. Nilai rata-rata efisiensi sistem sebesar 64,33% menunjukkan bahwa performa PLTS masih dipengaruhi oleh rugi-rugi daya akibat faktor suhu, iradiasi matahari, dan kondisi operasional sistem. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar evaluasi dan optimasi performa sistem PLTS industri agar dapat beroperasi lebih optimal dan efisien.

Kata kunci: PLTS On-Grid, Daya Output DC, Efisiensi Sistem, Rugi-rugi Daya, Fotovoltaik.

Abstract

On-grid Solar Power Plants (PLTS) are implemented in the industrial sector to improve energy efficiency. However, PLTS systems often experience differences between the design capacity based on Standard Test Condition (STC) and the actual output power due to environmental factors and technical losses. This study aims to analyze the DC output power (PDC) and efficiency of an on-grid PLTS system at Warehouse 1 PT XYZ. The research used a descriptive quantitative approach through direct observation and electrical measurements on a 356.4 kWp PLTS system consisting of 660 CS6W-540MS modules and 33 strings. Measurements were conducted every 30 minutes from 10:00 AM to 2:00 PM on March 24, 2026. The results showed that the DC voltage decreased from 809 V to 781.6 V, while the DC current increased from 237.93 A to 335.28 A due to temperature and solar irradiance. The highest output power generated was 262.05 kW with a maximum efficiency of 73.53% at 12:30 PM. The average efficiency of 64.33% indicates that the PLTS performance is still affected by power losses and operational conditions.

Keywords: On-Grid Solar Power Plant, DC Output Power, System Efficiency, Power Losses, Photovoltaic.

PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya aktivitas produksi dan penggunaan teknologi berbasis kelistrikan, kebutuhan energi listrik pada sektor industri di Indonesia terus mengalami peningkatan (Milala et al., 2025). Implementasi energi baru terbarukan merupakan langkah strategis untuk meningkatkan efisiensi energi sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil (Khairunnisa et al., 2025). Pembangkit listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu sumber energi baru terbarukan berbasis fotovoltaik dengan karakteristik yang ramah bagi lingkungan, mendukung pengurangan emisi karbon pada sektor industri, dan mudah diimplementasikan (Erawan et al., 2023).

Pada sektor industri sistem PLTS *on-grid* memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik (Napitupulu et al., 2025). Namun, performa aktual sistem sering terjadinya perbedaan dengan kapasitas desain berdasarkan kondisi *Standard Test Condition* (STC) (Jumpon et al., 2024). Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti temperatur modul, *intensitas irradiance*, rugi-rugi daya pada sisi DC yang menyebabkan daya *Output* aktual menjadi lebih rendah dibandingkan kapasitas terpasang (Syukron et al., 2023).

Parameter penting untuk menentukan performa sistem PLTS karena menunjukkan kemampuan sistem dalam menghasilkan daya listrik pada kondisi operasi sebenarnya yaitu daya keluaran DC (P_{DC}) (Rizki1 et al., 2023). Penurunan performa modul disebabkan oleh temperatur dan *losses* pada sisi DC dapat menyebabkan nilai daya *Output* dan efisiensi sistem mengalami penurunan (Hidayati et al., 2024). Oleh karena itu, analisis daya *Output* dan efisiensi sistem diperlukan untuk mengetahui tingkat performa aktual PLTS yang beroperasi di lapangan (Kurnia et al., 2024).

Efisiensi sistem PLTS menjadi parameter penting untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mengonversi energi matahari menjadi energi listrik. Nilai efisiensi dipengaruhi kondisi spesifikasi modul, lingkungan, konfigurasi sistem, dan kondisi operasional lapangan (Lellis et al., 2025). Semakin besar rugi-rugi daya maka semakin rendah efisiensi sistem yang dihasilkan (Hadi & Syaokani, 2025). Oleh karena itu, analisis efisiensi diperlukan untuk mengetahui tingkat performa aktual PLTS yang digunakan pada sektor industri.

Berdasarkan hasil observasi pada sistem PLTS *on-grid Warehouse* 1 PT XYZ dengan kapasitas terpasang sebesar 356,4 kWp. Daya *Output* DC maksimum yang dihasilkan mencapai 262,05 kW. Kondisi tersebut menunjukkan adanya selisih antara kapasitas terpasang dan daya *Output* aktual sehingga diperlukan analisis lebih lanjut terhadap karakteristik daya *Output* DC dan efisiensi sistem.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya *Output* DC (P_{DC}) dan efisiensi sistem PLTS *on-grid* skala industri berdasarkan data pengukuran lapangan. Analisis dilakukan untuk mengetahui performa aktual sistem serta mengidentifikasi pengaruh kondisi operasional terhadap penurunan daya *Output* dan efisiensi PLTS. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar evaluasi dan optimasi performa sistem PLTS industri agar dapat beroperasi secara lebih optimal dan efisien.

METODE PENELITIAN

Penelitian mengenai proses analisis efisiensi dan karakteristik daya *Output* DC pada PLTS menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan melakukan observasi dan pengukuran langsung pada objek PLTS. Proses pengambilan data dilakukan secara bertahap dimulai dari identifikasi spesifikasi objek PLTS yang akan dianalisis, studi literatur, pemerolehan data lapangan hingga proses analisis efisiensi daya *Output* DC yang dihasilkan. Proses pengambilan data dilakukan pada periode bulan Maret 2026 dan berpusat pada PLTS *Warehouse* 1 yang ada pada perusahaan PT XYZ. Proses pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan dari hasil observasi dan survei lapangan di lokasi penelitian. Adapun jenis data primer yang diperlukan ialah:

- a. Data spesifikasi PLTS yang terpasang seperti kapasitas, jumlah *String*, dan jumlah modul.
- b. Data pengukuran parameter arus dan tegangan yang dihasilkan PLTS per 30 menit dari pukul 10.00 WIB hingga 14.00 WIB.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan dari studi literatur dan dokumen data yang sudah ada, seperti:

- a. *Datasheet* dari modul PLTS yang digunakan seperti V_{MP} dan I_{MP} .
- b. Acuan dari jurnal yang relevan dengan analisis kinerja PLTS.

Dari data primer yang sudah dikelola, proses selanjutnya adalah mengolah data tersebut dengan menggunakan metode perhitungan untuk menghasilkan parameter yang akan dianalisis. Adapun parameter dan persamaan yang digunakan dalam proses pengolahan analisis data yang digunakan adalah:

- a. Tegangan DC (V_{DC}), adalah variabel yang diperlukan untuk menganalisis tegangan yang dihasilkan dari PLTS dari jumlah modul yang terpasang. Adapun persamaan untuk mencari tegangan DC (V_{DC}) adalah:

$$V_{DC} = V_{modul} \times \text{Jumlah Modul} \quad (1)$$

- b. Arus DC (I_{DC}), adalah variabel yang diperlukan untuk menganalisis arus yang dihasilkan dari PLTS dari jumlah *String* yang terpasang. Adapun persamaan untuk mencari arus DC (I_{DC}) adalah:

$$I_{DC} = I_{string} \times \text{Jumlah String} \quad (2)$$

- c. Daya DC (P_{DC}), adalah variabel utama yang diperlukan untuk menganalisis daya keluaran yang dihasilkan dari PLTS. Adapun persamaan untuk mencari daya DC (P_{DC}) adalah:

$$P_{DC} = V_{DC} \times I_{DC} \quad (3)$$

- d. Efisiensi (η), adalah variabel yang dihasilkan dari perbandingan daya *Output* yang dihasilkan terhadap daya maksimum yang didapatkan dari spesifikasi modul PLTS untuk menganalisis kinerja dari PLTS tersebut. Adapun persamaan untuk mencari efisiensi (η) adalah:

$$\eta = \frac{P_{DC}}{P_{max}} \times 100\% \quad (4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Spesifikasi Modul PLTS

Dari hasil observasi dan survei lapangan yang sudah dilakukan, modul PV yang terpasang pada *Warehouse 1* di PT XYZ adalah modul dengan jenis monokristalin Canadian Solar CS6W-540MS yang dihubungkan paralel dengan 33 unit *String* dan setiap *String* memiliki 20 modul yang dihubungkan secara seri. Kapasitas DC yang dihasilkan dari PLTS ini ialah sebesar 356,4 kWp. Sistem ini juga menghasilkan tegangan maksimum sebesar 820 V dan arus maksimum sebesar 434,94 A yang digunakan sebagai parameter acuan dalam menganalisis kinerja PLTS. Adapun tabel spesifikasi yang didapatkan dari modul PLTS ini dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 1. Spesifikasi Modul PV

DATA UMUM MODUL PV	
Parameter	Nilai
Merek	Canadian Solar
Tipe Modul	HiKu6 Mono
Teknologi	Mono-crystalline
Nomor <i>String</i>	33
Nomor Modul/ <i>String</i> (EA)	20
Kapasitas DC	356,4 kWp
V _{mp}	820 V
I _{mp}	434,94 A
Tipe yang dipakai	CS6W-540MS
Dimensi	2261 × 1134 × 35 mm
Berat	28.4 kg
<i>Max System Voltage</i>	1500 V (IEC/UL) atau 1000 V

Sumber : Data Pengamatan

B. Hasil Pengukuran Tegangan (V_{DC}) dan Arus (I_{DC})

Pengukuran tegangan dan arus yang dihasilkan modul PV bertujuan untuk mengetahui besaran tegangan DC dan arus DC yang dihasilkan guna mencari daya DC yang dihasilkan. Proses mencari tegangan DC dan arus DC yang dihasilkan dari pengukuran langsung dengan jeda waktu 30 menit dari pukul 10.00 WIB hingga 14.00 WIB dilakukan dengan menghitung tegangan modul dan arus *String* yang dihasilkan dengan rumus persamaan dan data spesifikasi yang sudah diketahui. Dari data-data yang sudah diperoleh, dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut.

- a. Perhitungan Tegangan DC (V_{DC}):

$$V_{DC\ 10.00} = 40,45\ V \times 20$$

$$V_{DC\ 10.00} = 809\ V$$

- b. Perhitungan Arus DC (I_{DC}):

$$I_{DC\ 10.00} = 7,21\ A \times 33$$

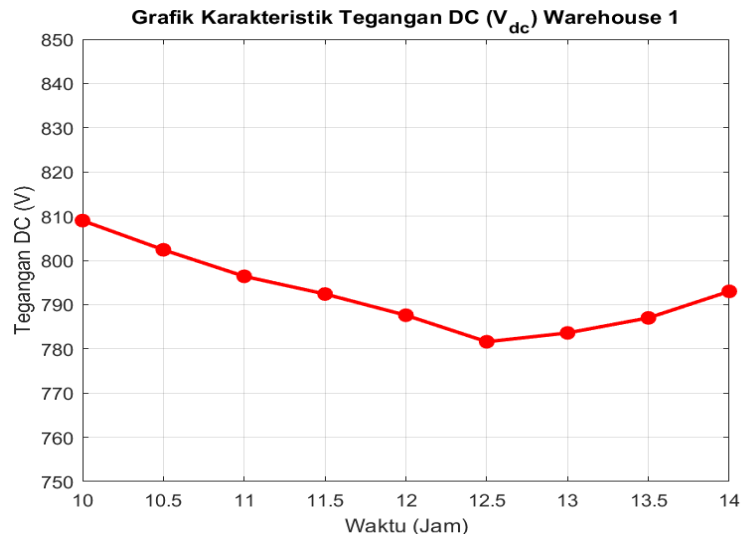
$$I_{DC\ 10.00} = 237,93\ A$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama dengan data yang sudah diperoleh, nilai tegangan DC dan arus DC akan didapat dari tiap waktu pengujian yang dimuat pada tabel 2 berikut ini.

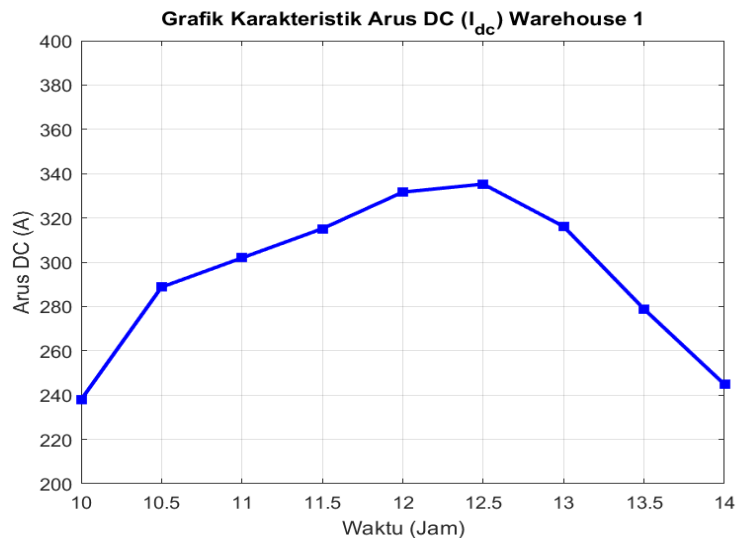
Tabel 2. Data Hasil Perhitungan V_{DC} dan I_{DC}

Jam	V _{modul} (V)	I _{String} (A)	V _{dc} (V)	I _{dc} (A)
10:00	40.45	7.21	809.0	237.93
10:30	40.12	8.75	802.4	288.75
11:00	39.82	9.15	796.4	301.95
11:30	39.62	9.55	792.4	315.15
12:00	39.38	10.05	787.6	331.65
12:30	39.08	10.16	781.6	335.28
13:00	39.18	9.58	783.6	316.14
13:30	39.35	8.45	787.0	278.85
14:00	39.65	7.42	793.0	244.86

Sumber : Data Pengamatan



Gambar 1. Grafik Tegangan DC terhadap Waktu
(Sumber : Hasil Analisis)



Gambar 2. Grafik Arus DC terhadap Waktu
(Sumber : Hasil Analisis)

Dari data hasil perhitungan dan grafik yang didapatkan, nilai tegangan dan arus yang dihasilkan mengalami fluktuasi terhadap periode waktu. Grafik V_{DC} yang dihasilkan mengalami penurunan dari 809 V menjadi 781,6 V pada pukul 12.30 WIB dan kembali meningkat menjadi 793 V pada pukul 14:00 WIB. Hal tersebut dipengaruhi oleh perubahan suhu yang dapat mengubah karakteristik tegangan, di mana kenaikan suhu akibat matahari hingga pukul 12:00 WIB menyebabkan penurunan tegangan yang dihasilkan PLTS. Sementara pada grafik I_{DC} , kurva yang dihasilkan justru berbanding terbalik dengan kurva V_{DC} . Arus yang dihasilkan mengalami kenaikan dari 237,93 A menjadi 335,28 A pada pukul 12:30 WIB dan turun menjadi 244,86 A pada pukul 14:00 WIB. Kenaikan arus tersebut dipengaruhi oleh iradiasi yang terkena lapisan permukaan panel surya. Non-linear kurva tegangan dan arus yang dihasilkan menandakan adanya *thermal loss* yang mempengaruhi kinerja dari PLTS yang terpasang pada PT XYZ.

C. Analisis Daya Output (P_{DC}) dan Efisiensi (η)

Daya Output DC yang dihasilkan dari modul PLTS merupakan hasil dari proses menangkap sel foton matahari dan dikonversi menjadi daya listrik yang dapat digunakan sesuai kebutuhan. Daya Output ini dapat dihitung dengan menggunakan data hasil pengukuran tegangan DC (V_{DC}) dan Arus DC (I_{DC}). Berikut ini merupakan contoh perhitungan daya Output DC pada pukul 10.00 WIB:

Perhitungan Daya Output (P_{DC}):

$$P_{DC\ 10.00} = 809\ V \times 237,93\ A$$

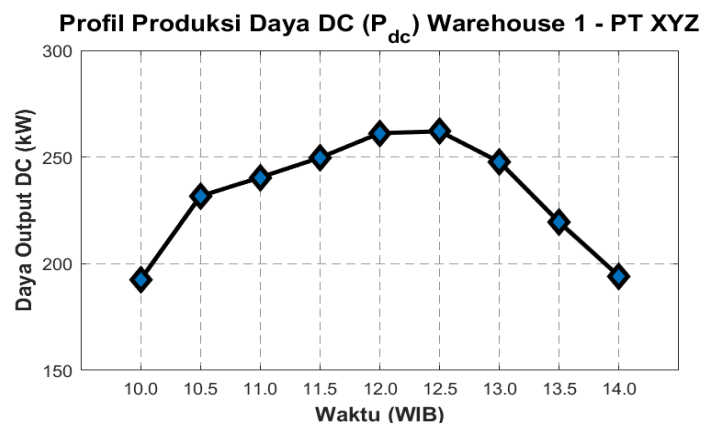
$$P_{DC\ 10.00} = 192,49\ kW$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama dengan data yang sudah diperoleh, nilai daya Output DC akan didapatkan dari tiap waktu pengujian yang dimuat pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Daya Output

Jam	Vdc (V)	Idc (A)	Pdc (kW)
10:00	809.0	237.93	192.49
10:30	802.4	288.75	231.69
11:00	796.4	301.95	240.47
11:30	792.4	315.15	249.72
12:00	787.6	331.65	261.21
12:30	781.6	335.28	262.05
13:00	783.6	316.14	247.73
13:30	787.0	278.85	219.45
14:00	793.0	244.86	194.17

Sumber : Analisis Data



Gambar 3. Grafik Daya Output terhadap Waktu
(Sumber : Hasil Analisis)

Berdasarkan grafik daya Output yang dihasilkan, kurva menunjukkan bahwa modul PLTS menghasilkan grafik parabola yang menunjukkan daya Output tertinggi yang dihasilkan sebesar 262,05 kW ada pada rentang waktu pukul 12:30 WIB. Daya Output yang dihasilkan dipengaruhi oleh parameter tegangan dan arus, di mana kedua parameter ini memiliki karakteristik sensitif yang dapat berubah terhadap kondisi suhu dan iradiasi yang dihasilkan oleh lingkungan sekitar.

Dari daya *Output* yang dihasilkan, dapat diketahui tingkat efisiensi yang dihasilkan PLTS dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan 4. Perhitungan ini dilakukan guna mengetahui seberapa baik performa PLTS dalam menghasilkan energi listrik. Perhitungan dilakukan dengan membandingkan daya *Output* yang dihasilkan dengan spesifikasi daya maksimum yang dapat dihasilkan modul PV. Adapun contoh perhitungan efisiensi yang dihasilkan pada pukul 10:00 WIB sebagai berikut.

Perhitungan Efisiensi (η):

$$\eta = \frac{192,49}{356,4} \times 100\%$$

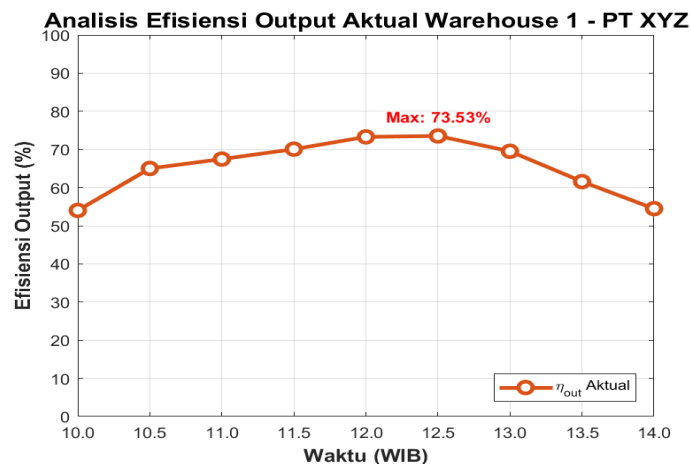
$$\eta = 54,01 \%$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama dengan data yang sudah diperoleh, nilai efisiensi akan didapatkan dari tiap waktu pengujian yang dimuat pada tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Data Hasil Perhitungan Efisiensi PLTS

Jam	Pdc (kW)	Efisiensi (η)
10:00	192.49	54.01%
10:30	231.69	65.01%
11:00	240.47	67.47%
11:30	249.72	70.07%
12:00	261.21	73.29%
12:30	262.05	73.53%
13:00	247.73	69.51%
13:30	219.45	61.57%
14:00	194.17	54.48%

Sumber : Analisis Data



Gambar 4. Grafik Daya *Output* terhadap Waktu
(Sumber : Hasil Analisis)

Melihat hasil grafik efisiensi yang dihasilkan dari modul PLTS pada *Warehouse 1* di PT XYZ, kurva efisiensi memperlihatkan tren yang terus mengalami peningkatan dari pukul 10:00 WIB hingga mencapai titik tertinggi pada waktu 12:30 WIB dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 73,53% dan kembali mengalami penurunan menjadi 54,48% pada waktu 14:00 WIB. Untuk rata-rata nilai efisiensi yang dihasilkan berkisar 64,33% yang menandakan bahwa performa PLTS dalam menghasilkan daya listrik tidak bagus.

Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kerugian daya yang diakibatkan oleh faktor suhu, iradiasi matahari, rugi-rugi pada penghantar, kondisi fisik panel, dan sebagainya pada modul PLTS di PT XYZ.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data pada sistem PLTS *Warehouse 1* di PT XYZ, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

1. Parameter tegangan DC (V_{DC}) dan arus DC (I_{DC}) yang dihasilkan menampilkan kurva yang non-linear akibat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Tegangan DC (V_{DC}) mengalami penurunan seiring dengan peningkatan intensitas cahaya matahari. Sementara grafik arus DC (I_{DC}) mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan iradiasi matahari hingga mencapai puncak pada pukul 12:30 WIB sebesar 335,28 A.
2. Daya *Output* yang dihasilkan dari PLTS mengalami peningkatan sesuai dengan ketersediaan sumber energi matahari hingga mencapai puncaknya sebesar pada pukul 12:30 WIB.
3. Efisiensi yang dihasilkan sistem PLTS memiliki rata-rata sebesar 64,33% dan puncaknya sebesar 73,53% pada pukul 12:30 WIB. Efisiensi yang buruk disebabkan oleh kerugian daya akibat faktor suhu, iradiasi, rugi-rugi pada penghantar, kondisi fisik panel, dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Erawan, I. N. C., Setiawan, I. N., & Sukerayasa, I. W. (2023). ANALISA MITIGASI EMISI KARBON SERTA KEEKONOMIAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP ON GRID 463,25 kW_p DI PERUSAHAAN FARMASI PADA KAWASAN PT JAKARTA INDUSTRIAL ESTATE PULOGADUNG, JAKARTA TIMUR. *Jurnal SPEKTRUM*, 10(3), 29–37. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/spektrum/article/view/108177/51969>
- Hadi, M., & Syauckani, I. (2025). Literature Review : Metode Evaluasi Performa Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indoensia. *R E L E RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 8(1), 280–289. <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/view/22193/12539>
- Hidayati, N., Sitorus, A. H., Widiyatmoko, & Ekayuliana1, A. (2024). Analisis Performa PLTS Off -Grid 1 kW_p Di Selasar Gedung Laboratorium Politeknik Negeri Jakarta. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 7(1), 82–91. <https://doi.org/10.30596/rmme.v7i1.17275>
- Jumpon, E. G., Pravitasari, D., & Kurniawan, A. A. (2024). PERFORMANCE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP BERKAPASITAS 1,1 MWP DI INDUSTRI DALAM KONTEKS PENINGKATAN KEMANDIRIAN ENERGI DAN PENGURANGAN BIAYA OPERASIONAL. *R E L E (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 7(1). <https://doi.org/10.30596/rele.v7i1.20594>
- Khairunnisa, N., Supriyadi, I., & Santoso, B. (2025). ENERGI BARU TERBARUKAN (EBT) DAN PERTUMBUHAN EKONOMI: ANALISIS KAUSAL TERHADAP SUBSTITUSI ENERGI , LAPANGAN KERJA HIJAU, DAN KONTRIBUSI TERHADAP PDB. *CITIZEN: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 5(6), 1581–1586. <https://doi.org/10.53866/jimi.v5i6.1045>
- Kurnia, R., Putri, D., Nufus, T. H., & Ridwan, M. (2024). ANALISIS KINERJA PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA TERHADAP EFEK PARTIAL SHADING DI PT BLUEBIRD GROUP. *Prosiding A Seminar Nasional Teknik Mesin*

Politeknik Negeri Jakarta, 1025–1034.

- Lellis, R. A. De, Likadja, F. J., & Galla, W. F. (2025). Analisis Efisiensi dan Daya Output Operasional PLTS Atap Pada SMK Negeri 3 Kupang. *ELECTRICES - Jurnal Otomasi Kelistrikan Dan Energi Terbarukan*, 7(1), 37–45. <https://sinta.kemdiktisaintek.go.id/journals/profile/9641#!>
- Milala, D. B., Angreany, N. P., Zakiyah, S. I., & Hukom, A. (2025). Dampak Konsumsi Energi Terbarukan Terhadap Pdb Sektor Industri Di Kalimantan. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 11(12.D), 102–120. <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/12116>
- Napitupulu, C., Rangga, M. A., Rizky, M., & Putra, N. T. (2025). Optimalisasi PLTS Atap On-Grid di Indonesia : Standarisasi Inverter , Kinerja Ekonomi , dan Monitoring Berbasis IoT. *JURITEK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro Dan Komputer*, 5(2), 100–112. <https://doi.org/10.51903/juritek.v5i2.4374>
- Rizki1, A., Jaya, A., Aryanto, N., & Hidayatullah, M. (2023). ANALISIS RUGI-RUGI DAYA AKIBAT SHADOW PADA PHOTOVOLTAIC DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) SENGKOL, LOMBOK TENGAH. *Jurnal Elektronika, Sains Dan Sistem Energi*, 02(02), 165–172. <https://jurnal.uts.ac.id/index.php/Altron>
- Syukron, M., Prasetyaningtyas, A., Pambudi, K. T., Zuhair, A., & Bagas, J. N. W. (2023). ANALISIS RUGI DAYA KABEL DC DAN AC PADA PLTS ROOFTOP 1,4 MWP BERDASARKAN STANDAR IEC. *JITET (Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan)*, 14(2), 307–321. <http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v14i2.9268>