

Analisis Performa Rasio Daya yang Dihasilkan PV Modul pada Array Box 881 Di PLTS 7 MWp

Umar Mukhtar¹, Paniran¹, Rosmaliati¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jln. Majapahit No.62, Mataram 83115.

ARTICLE INFO

Article history :

Received 2024
Revised
Accepted

Keywords :

Indonesia;
Renewable Energy;
Solar;

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the performance of photovoltaic (PV) panels through monitoring of irradiance, voltage, and current. This research was conducted on array box 881 at the 7 MWp Solar Power Plant (PLTS) in Pringgabaya. Data collection was carried out on June 17, 2024. One of Indonesia's renewable energy potentials is solar energy, with average daily solar radiation of around $\pm 4.8 \text{ kW/m}^2$, which is lower than regions such as Central Australia, Central America, parts of Europe (6.0 kW/m^2), and countries like Saudi Arabia and Egypt (5.5 kW/m^2). The PV module used has dimensions of $1.98 \text{ m} \times 0.95 \text{ m}$, resulting in a surface area of 1.881 m^2 per unit. With 40 modules installed, the total surface area reaches 75.24 m^2 . The recorded irradiance was 908.90 W/m^2 , producing input power of $68,167.18 \text{ W}$. At 12:00 local time, output measurements showed 660.31 V and 15.26 A , generating $10,077.88 \text{ W}$. The PV module is rated at 325 Wp . The performance ratio was calculated based on the collected data and falls within the range of 83.1% to 86.7% , which is categorized as good according to IEC 61724 standards. The method used in this study is qualitative with a descriptive-evaluative approach, focusing on actual measurement and performance analysis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa panel surya (photovoltaic/PV) melalui pemantauan data irradiansi, tegangan, dan arus listrik. Pengamatan dilakukan pada array box 881 di Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 7 MWp Pringgabaya. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 17 Juni 2024. Salah satu potensi energi terbarukan di Indonesia adalah energi surya, dengan intensitas radiasi harian rata-rata sekitar $\pm 4,8 \text{ kW/m}^2$. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan beberapa wilayah lain seperti Australia Tengah, Amerika Tengah, sebagian negara Eropa ($6,0 \text{ kW/m}^2$), serta Arab Saudi dan Mesir ($5,5 \text{ kW/m}^2$). Modul PV yang digunakan berukuran $1,98 \text{ m} \times 0,95 \text{ m}$, dengan luas permukaan sebesar $1,881 \text{ m}^2$ per unit. Jumlah total modul yang diamati sebanyak 40 unit, menghasilkan total luas permukaan $75,24 \text{ m}^2$. Nilai irradiansi yang tercatat sebesar $908,90 \text{ W/m}^2$ dengan daya input sebesar $68.167,18 \text{ W}$. Pada pukul 12.00 WITA, tegangan keluaran yang diukur sebesar $660,31 \text{ V}$ dan arus sebesar $15,26 \text{ A}$, menghasilkan daya output sebesar $10.077,88 \text{ W}$. Panel yang digunakan memiliki kapasitas 325 Wp . Rasio performa dihitung berdasarkan data input-output dan berada pada rentang $83,1\%$ hingga $86,7\%$, yang masih tergolong dalam kategori baik menurut standar IEC 61724. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif dengan evaluasi deskriptif berdasarkan pengukuran langsung.

Corresponding Author:

1. PENDAHULUAN

International Renewable Energy Agency (IRENA) mendefinisikan transisi energi sebagai proses perubahan sistem energi global dari yang berbasis bahan bakar fosil menjadi energi bersih yang rendah emisi dan ramah lingkungan [1]. Energi baru dan terbarukan berperan penting dalam memenuhi kebutuhan energi, terutama karena penggunaan bahan bakar fosil secara terus-menerus akan mengurangi cadangan minyak, gas, dan batu bara, serta menimbulkan dampak pencemaran lingkungan [2].

Indonesia secara geografis berada di garis khatulistiwa, yang memberikan keuntungan dalam pemanfaatan energi surya. Lokasi ini memungkinkan penyinaran matahari sepanjang tahun, dengan rata-rata durasi penyinaran sekitar 7 jam per hari dan puncak penyinaran sekitar 4,5 jam per hari [3]. Secara astronomis, Indonesia terletak di antara 6° LU–11° LS dan 95° BT–141° BT, yang menjadikannya wilayah tropis dengan potensi tinggi untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) [4]. PLTS merupakan salah satu bentuk distributed generation. Sistem ini memanfaatkan PV array, yaitu kumpulan modul surya berbahan dasar semikonduktor (silicon) yang berfungsi mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik [5]. Saat ini, pemanfaatan energi terbarukan terus ditingkatkan untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Energi terbarukan juga dikenal sebagai energi alternatif, yang mencakup tenaga surya, angin, biomassa, air, dan panas bumi. Selain berasal dari sumber daya yang dapat diperbarui, energi ini juga dianggap lebih ramah lingkungan. Energi matahari merupakan salah satu sumber energi bersih yang potensial. Sinar matahari dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan panas, penerangan, dan listrik. Menurut Hamdi, potensi radiasi matahari di Indonesia mencapai $\pm 4,8 \text{ kW/m}^2$ per hari. Meskipun lebih rendah dibandingkan wilayah seperti Australia Tengah, Amerika Tengah, sebagian Eropa ($>6,0 \text{ kW/m}^2$), Arab Saudi, Mesir, dan beberapa negara Afrika ($5,5 \text{ kW/m}^2$), Indonesia menerima sinar matahari sepanjang tahun dengan durasi siang hari yang lebih panjang dibandingkan negara-negara subtropis [6].

Efisiensi merupakan salah satu parameter untuk menilai performa panel surya. Melalui nilai efisiensi, perancang sistem PV dapat memperkirakan potensi energi listrik yang dihasilkan oleh modul dari berbagai produsen. Namun, prediksi energi yang akurat tidak hanya bergantung pada spesifikasi pabrikan, melainkan juga pada kondisi operasional di lapangan. Efisiensi aktual dipengaruhi oleh suhu modul, tingkat dan spektrum radiasi, kecepatan angin, sudut datang cahaya, serta beberapa faktor lainnya. Perbedaan kondisi ini menyebabkan efisiensi aktual sering kali berbeda dari nilai efisiensi standar pada kondisi STC (Standard Test Conditions). Oleh karena itu, diperlukan pengujian langsung di lapangan untuk mengetahui performa aktual panel surya.

Salah satu parameter yang digunakan untuk menilai performa panel di kondisi nyata adalah rasio kinerja atau Performance Ratio (PR). PR merupakan perbandingan antara efisiensi sistem saat beroperasi di lapangan dengan efisiensi modul pada kondisi STC [7]. Nilai PR ini dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

Performance Ratio (PR) atau Rasio Performansi

$$PR = \frac{\eta_p}{\eta_{STC}}$$

Module Conversion Efficiency atau Efisiensi Konversi Panel (η_p)

$$\eta_p = \frac{P_{act}}{G \times A} \times 100$$

Dimana,

PR = Performance Ratio,

η_p = efisiensi konversi panel surya kondisi pengukuran di lapangan (%)

η_{STC} = efisiensi panel dalam kondisi STC (tertera dalam spesifikasi pabrikan) (%)

P_{act} = daya output terukur dari panel (Watt),

G = radiasi matahari (W/m^2),

A = luasan panel surya (m^2) [8].

PT Infrastruktur Terbarukan Adhiguna (Vena Energy) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang energi terbarukan, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Salah satu proyeknya berada di wilayah Pringgabaya, Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat (NTB). PLTS Pringgabaya dibangun di atas lahan seluas 11 hektare dan terdiri dari dua PV Box, yaitu zona 1 (PV Box 1) dan zona 2 (PV Box 2). Sistem

ini dilengkapi dengan 8 inverter, 40 array box, 270 tabel, dan 21.560 modul PV. Modul surya yang digunakan adalah jenis polikristalin (polycrystalline) [9].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif-evaluatif. Data yang dikumpulkan bertujuan untuk menggambarkan kinerja modul surya pada array box 881 di PLTS 7 MWp Pringgabaya. Evaluasi dilakukan dengan mengacu pada standar IEC 61724 [10]. Instrumen yang digunakan berupa data pengukuran irradiansi matahari, arus keluaran modul, dan tegangan yang dihasilkan oleh modul surya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengukuran Modul Surya

Pengukuran dilakukan dengan mengambil sampel data pada array box 881 tanggal 17 Juni 2024.

Table 1. Data iradiasi, arus dan tegangan

No.	Waktu	Irradiansi Matahari (W/m^2)	Arus (A)	Tegangan (V)
1	08:00	448.2864	6.826712	709.1539
2	09:00	649.1022	10.84744	680.1256
3	10:00	802.8905	13.48746	671.1639
4	11:00	896.8856	15.11172	657.1039
5	12:00	908.8957	15.26246	660.3056
6	13:00	846.8977	14.1598	659.4622
7	14:00	748.0958	12.31898	670.6189

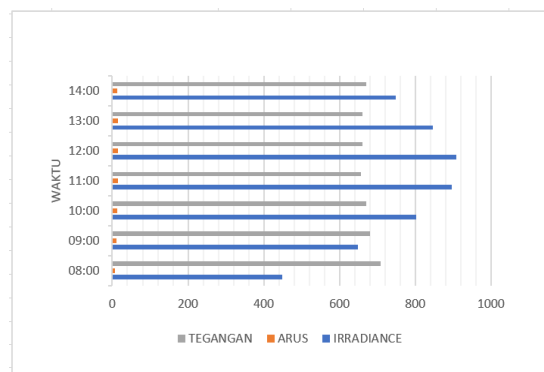


Fig. 1. Grafik iradiasi, arus dan tegangan

3.2. Hasil Perhitungan Daya Input Modul Surya

Perhitungan dilakukan berdasarkan nilai radiasi matahari rata-rata, luas permukaan modul fotovoltaik, dan jumlah modul dalam satu string [11]. Perhitungan daya input menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} P_{in} &= \text{Irradiansi matahari} \times \text{Luas modul surya} \\ P_{in} &= 908.8957 \times [(1.98 \times 0.95) \times 40] \\ P_{in} &= 908.8957 \times 1.881 \times 40 \\ P_{in} &= 68167.177 \text{ watt} \end{aligned} \quad (1)$$

Luas satu modul PV diperoleh dari hasil perkalian panjang 1,98 m dan lebar 0,95 m, sehingga didapatkan luas sebesar 1,881 m². Luas total untuk satu string dengan 40 modul PV adalah 75,24 m². Nilai luas ini kemudian dikalikan dengan nilai irradiansi sebesar 908,8957 W/m², sehingga diperoleh daya input sebesar 68.167,18 watt.

Table 2. Perhitungan daya input

No.	Waktu	Irradiansi Matahari (W/m^2)	Luas Pv modul (m^2)	P_{in} (W)
1	08:00	448.2864	75.24	33729.068
2	09:00	649.1022	75.24	48838.449
3	10:00	802.8905	75.24	60409.481
4	11:00	896.8856	75.24	67481.672
5	12:00	908.8957	75.24	68167.177
6	13:00	846.8977	75.24	63720.582
7	14:00	748.0958	75.24	56286.727

3.3. Hasil Perhitungan Daya Output Modul Surya

Perhitungan daya output menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 P_o &= \text{Tegangan output} \times \text{Arus output} \\
 P_o &= 660.3056 \times 15.26246 \\
 P_o &= 10077.88
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Data pengukuran pada pukul 12.00 menunjukkan tegangan sebesar 660,31 Volt dan arus sebesar 15,26 Ampere. Nilai ini dimasukkan ke dalam rumus perhitungan daya, sehingga diperoleh daya output sebesar 10.077,88 Watt.

Table 3. Perhitungan daya output

No.	Waktu	Arus (A)	Tegangan (V)	P_o (W)
1	08:00	6.826712	709.1539	4841.18
2	09:00	10.84744	680.1256	7377.62
3	10:00	13.48746	671.1639	9052.29
4	11:00	15.11172	657.1039	9929.97
5	12:00	15.26246	660.3056	10077.88
6	13:00	14.1598	659.4622	9337.85
7	14:00	12.31898	670.6189	8261.34

3.4. Hasil Perhitungan Effisiensi Modul Surya

Efisiensi konversi panel surya pada kondisi standar dapat dihitung menggunakan data dari array box. Perhitungan efisiensi modul dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \eta_p &= \frac{P_{act}}{G \times A} \times 100 \\
 \eta_p &= \frac{10077.88}{908.8957 \times 75.24} \times 100 \\
 \eta_p &= 14.7\%
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Table 4. Perhitungan efisiensi modul surya

No.	Waktu	Irradiansi Matahari (W/m^2)	Luas Pv modul (m^2)	P_{act} (W)	η_p (%)
1	08:00	448.2864	75.24	4841.18	14.3
2	09:00	649.1022	75.24	7377.62	15
3	10:00	802.8905	75.24	9052.29	14.9
4	11:00	896.8856	75.24	9929.97	14.7
5	12:00	908.8957	75.24	10077.88	14.7
6	13:00	846.8977	75.24	9337.85	14.6
7	14:00	748.0958	75.24	8261.34	14.6

Efisiensi konversi panel surya pengukuran kondisi standar dapat dihitung menggunakan data pada spesifikasi PV modul.

$$\eta_{STC} = \frac{P}{G \times A} \times 100$$

$$\eta_{STC} = \frac{325 \times 40}{1000 \times 75.24} \times 100$$

$$\eta_{STC} = 17.2\%$$
(4)

3.5. Performansi Panel Surya

Rasio Performance atau rasio unjuk kerja dapat dikatakan baik apabila nilai performa rasio berada pada rentan nilai rasio sekitar 80%-90%, untuk menghitung performa rasio kita dapat menggunakan persamaan:

$$PR = \frac{\eta_p}{\eta_{STC}}$$

$$PR = \frac{15\%}{17.2\%}$$

$$PR = 0.867$$
(5)

Jadi nilai performa yang di dapatkan dari sampel perhitungan adalah 0.867 atau sama dengan 86.7%.

Table 5. Perhitungan performa panel surya

No.	Waktu	Irradiansi Matahari (W/m ²)	Luas Pv modul (m ²)	P_{act} (W)	η_p (%)	η_p (%)	P_R (%)
1	08:00	448.2864	75.24	4841.18	14.3	17.2	83.1
2	09:00	649.1022	75.24	7377.62	15	17.2	86.7
3	10:00	802.8905	75.24	9052.29	14.9	17.2	86.6
4	11:00	896.8856	75.24	9929.97	14.7	17.2	85.4
5	12:00	908.8957	75.24	10077.88	14.7	17.2	85.4
6	13:00	846.8977	75.24	9337.85	14.6	17.2	84.8
7	14:00	748.0958	75.24	8261.34	14.6	17.2	84.8

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, performa rasio modul photovoltaic 325 Wp pada PLTS 7 MWp menunjukkan nilai sebesar 83,1%–86,7%. Nilai performa rasio yang tinggi menunjukkan efisiensi sistem dalam mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik tetap terjaga. Temuan ini juga mengindikasikan bahwa instalasi dan konfigurasi sistem PLTS telah berfungsi optimal dalam kondisi aktual lapangan. Namun, untuk pemantauan jangka panjang, disarankan dilakukan evaluasi berkala dengan mempertimbangkan variasi suhu, cuaca, dan degradasi modul.

REFERENSI

- [1] W. Syahrir, 2023. “Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Dengan Sistem On Grid Di Gedung Kantor Pelabuhan PT.Pupuk Kalimantan Timjur”. Program Studi Teknik Elektro. Sekolah Tinggi Teknologi Bontang. Bontang.
- [2] R.M.A. Kinasti, 2019.” Sosialisasi dan Instalasi Panel Surya Sebagai Energi Terbarukan Menuju Kesadaran Lingkungan Indonesia Bebas Emisi. Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Menerangi Negeri. Vol. 2, No. 1, Desember 2019.
- [3] M. A. Ridho, 2019. “Analisis Potensi Dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Menggunakan Software Pvsyst 6.43”. Departemen Teknik Elektro. Universitas Diponegoro. Semarang.
- [4] Y. A. Pralambang, 2022. “Analisis Rasio Performa Panel Surya Dan Daya Yang Dihasilkan Oleh PLTS Sengkol”. Program Studi Teknik Konversi Energi. Jurusan Teknik Mesin. Politeknik Negeri Jakarta. Jakarta.
- [5] N.S. Gunawan, 2019. “Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya(PLTS) 26,4 KWP Pada Sistem Smart Microgrid UNUD”. Program Studi Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Udayana.
- [6] Putriansyah. 2019. “Analisis Kinerja Solar Cell Di Gedung Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia, Ketenagalistrikan, Energi Baru Dan Terbarukan Dan Konversi Energi”. Program Studi Pendidikan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Jakarta. Jakarta.

- [7] Y.E Asrosri, 2019. “Kajian Karakteristik Temperatur Permukaan Panel Terhadap Performansi Instalasi Panel Surya Tipe Mono dan Polikristal”. Teknik Mesin. Politeknik Negeri Malang. Malang.
- [8] Asrosri. 2019. “Pengujian Rasio Kinerja Instalasi Panel Surya Tipe Silikon-Kristal Pada Kondisi Cuaca Kota Malang”. Teknik Mesin. Politeknik Negeri Malang. Malang.
- [9] Energy Vena. 2018. *Pembangkit Listrik Tenaga Surya(PLTS)*, 2018. Diakses tanggal 14 Juni 2024.
- [10] A. R. Martha,. 2022. “Studi Performance PLTS Rooftop 3KWp Frameless With On-grid System Di Lingkungan Perumahan Kori Nuansa Jimbaran”. Program Studi Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Udayana.
- [11] Ramadhani. 2021. “Analisis Unjuk Kerja Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Bendungan Jatibarang Semarang”. Teknik Elektro. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Sultan Agung. Semarang.

BIOGRAPHY OF AUTHORS



Umar Mukhtar, mahasiswa di program studi S1 Teknik elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram.
Email : muchtarumar021@gmail.com



Paniran, Dosen di Universitas Negeri Mataram, menyelesaikan studi S2 di Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta Tahun 1998. Senang meneliti bidang geomagnetik, Programmable Logic Controller, Mikrokontroler dan citra biomedis.
Email : paniran@te.ftunram.ac.id



Rosmaliati, Dosen di Universitas Negeri Mataram, menyelesaikan studi S2 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya Tahun 2000. Penelitian pada Bidang Energi dan Ketenagalistrikan.
Email : rosmaliati@unram.ac.id