



Analisis Efisiensi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan

Muhammad Rifaldi¹⁾, Nur Rani Alham¹⁾, Nurul Izzah¹⁾, Muhammad Nur Ihsan¹⁾,
Muhammad Sugianto¹⁾

¹⁾ Program Studi S1 Teknik Elektro, Universitas Mulawarman

E-mail: mr.muhammadrifaldi@gmail.com

ABSTRAK

PLTS atau Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan suatu sistem pembangkit listrik yang menggunakan energi matahari untuk menghasilkan listrik. Komponen PLTS terdiri dari panel surya, solar charger controller, baterai dan inverter. Panel surya digunakan untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik DC. Solar charger controller berfungsi untuk mengatur nilai tegangan yang disalurkan ke baterai. Baterai digunakan untuk menyimpan daya listrik dan inverter digunakan untuk mengubah arus DC menjadi AC. Dalam penggunaannya, komponen yang terpasang pada PLTS perlu diketahui persentase efisiensi agar dapat diketahui besaran nilai pemanfaatan energi listrik yang dapat dibangkitkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi pembangkitan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya berkapasitas 50 WP dan inverter 300 W. Pengujian dilakukan selama 5 kali dalam rentang waktu 5 jam (10.00 WITA – 14.00 WITA) dengan menggunakan beban lampu 9 W. Hasil pengujian menunjukkan bahwa panel surya mampu menghasilkan daya rata-rata sebesar 39,43 W, dengan daya terbesar mencapai 44,84. Nilai efisiensi daya guna panel surya yang diperoleh sebesar 11,58%. Sedangkan untuk besaran daya rata-rata yang dihasilkan oleh inverter sebesar 25,73 W, dengan daya terbesar yang dapat dihasilkan mencapai 28,43 W. Adapun nilai rata-rata efisiensi yang dihasilkan oleh inverter sebesar 77,21%.

Kata Kunci: Daya Listrik, Efisiensi, PLTS, Panel Surya.

ABSTRACT

A PLTS, or Solar Power plant, is a power generation system that uses solar energy to produce electricity. PLTS components consist of solar panels, solar charger controllers, batteries, and inverters. Solar panels are used to convert solar energy into DC electrical energy. The solar charger controller functions to regulate the value of the voltage supplied to the battery. Batteries are used to store electric power, and inverters are used to convert DC current into AC. In its use, it is necessary to know the percentage of efficiency installed on the components installed in the PLTS so that the amount of utilization value of the electrical energy that can be generated can be known. This study aims to analyze the efficiency of generating electrical energy produced by a solar panel with a capacity of 50 WP and a 300 W inverter. The test was carried out five times within five hours (10.00 WITA–14.00 WITA) using a 9 W lamp load. The test results showed that solar panels are capable of producing an average power of 39.43 W, with the greatest power reaching 44.84 W. The efficiency value of the solar panel obtained is 11.58%. Meanwhile, the average power generated by the inverter is 25.73 W, with the greatest power that can be generated reaching 28.43 W. The average value of the efficiency produced by the inverter is 77.21%.

Keywords: Efficiency, Electrical Power, PLTS, Solar Panel,.

1. Pendahuluan

Energi merupakan kebutuhan primer bagi setiap manusia dalam menjalankan aktivitas kesehariannya. Seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan pertumbuhan industri, kebutuhan akan konsumsi energi pun semakin berkembang. Pemenuhan konsumsi energi ini masih didominasi oleh produksi energi konvensional seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara. Salah satu sumber energi terbarukan yang dapat

dijadikan sebagai sumber energi alternatif adalah energi surya. Sumber energi tersebut dapat menghasilkan listrik yang tidak terbatas dan ramah lingkungan

Energi surya telah menjadi salah satu solusi yang menjanjikan untuk memanfaatkan energi matahari yang melimpah sebagai sumber energi bersih dan berkelanjutan. Energi surya tidak dapat terlepas dari kehidupan sehari-hari manusia karena energi ini akan selalu ada dan tidak akan habis walaupun digunakan secara terus menerus. Energi surya dapat dikembangkan di Indonesia khususnya Provinsi Kalimantan Timur yang terletak pada garis khatulistiwa. Menurut data Kementerian ESDM tahun 2019, energi surya merupakan salah satu potensi pemanfaatan energi terbarukan terbesar di Indonesia, dengan potensi mencapai 207,8 gigawatt (GW). Potensi sebesar ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki sumber daya surya yang melimpah, terutama mengingat letak geografisnya yang berada di kawasan tropis.

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan suatu sistem pembangkit listrik yang menggunakan energi matahari untuk menghasilkan listrik. Komponen PLTS terdiri dari panel surya, *solar charger controller*, baterai dan *inverter*. Panel surya digunakan untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik DC. *Solar charger controller* berfungsi untuk mengatur nilai tegangan yang disalurkan ke baterai. Baterai digunakan untuk menyimpan daya listrik dan *inverter* digunakan untuk mengubah arus DC menjadi AC. Dalam penggunaannya, komponen yang terpasang pada PLTS perlu diketahui persentase efisiensi agar dapat diketahui besaran nilai pemanfaatan energi listrik yang dapat dibangkitkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai efisiensi pada sistem pembangkit listrik tenaga surya khususnya pada komponen panel surya dan *inverter*. Kapasitas panel surya yang digunakan pada penelitian ini adalah 50 WP, sedangkan *inverter* yang digunakan pada penelitian ini berkapasitas 300 Watt. Pengumpulan data dilakukan menggunakan multimeter untuk mengukur nilai arus dan tegangan. Untuk mengetahui nilai efisiensi panel surya digunakan persamaan perbandingan antara daya yang diterima sistem dengan daya yang dibangkitkan sistem.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini akan menggunakan metode observasi dan pengumpulan data pada panel surya dan *inverter* selama periode waktu tertentu. Data tegangan, arus, dan daya yang diperoleh akan dianalisis menggunakan metode statistik dan teknik analisis lainnya. Hasil analisis akan digunakan untuk mengetahui karakteristik tegangan dan arus, serta efisiensi daya pada panel surya dan *inverter*.

A. Implementasi Sistem PLTS

Sistem PLTS yang digunakan dalam pengumpulan data pada penelitian ini terdiri dari panel surya, *solar charger controller*, baterai, inverter dan beban rumah tangga berupa lampu 9 watt. Panel surya merupakan bagian utama dalam sistem Fotovoltaik (PV) yang berfungsi untuk mengubah energi dari sinar matahari menjadi listrik. Listrik yang dihasilkan adalah arus searah (DC). Kapasitas daya modul surya diukur dalam satuan Watt-peak (Wp), yang menyatakan daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh modul surya pada saat kondisi sinar matahari atau radiasi surya yang diterima sebesar 1000 W/m² dengan suhu lingkungan sekitar 25°C. Daya dan arus listrik yang dihasilkan oleh modul surya akan berfluktuasi tergantung pada intensitas radiasi sinar matahari yang diterima. Selain itu, daya keluaran dari modul surya juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan, seperti adanya bayangan, sudut kemiringan instalasi, dan kebersihan permukaan panel surya (Yuwono dkk., 2021). Spesifikasi panel surya yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya

No	Kriteria	Kapasitas
1.	<i>Maximum Power</i>	50 W
2.	<i>Optimum Operating Voltage</i>	19.16 V
3.	<i>Optimum Operating Current</i>	2.66 A
4.	<i>Short Circuit Voltage</i>	22.76 V
5.	<i>Short Circuit Current</i>	3.01 A
6.	Ukuran Panel Surya	65,5 cm x 52 cm

Inverter berfungsi untuk mengonversi arus listrik DC dari modul surya menjadi arus AC yang siap digunakan oleh perangkat elektronik (Aji dkk., 2022). Spesifikasi *inverter* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi *Inverter*

No	Kriteria	Kapasitas
1.	<i>Power Output</i>	300 Watt
2.	<i>Input Voltage DC</i>	12 V
3.	<i>Output Voltage AC</i>	220 V
4.	<i>Frequency</i>	50 Hz

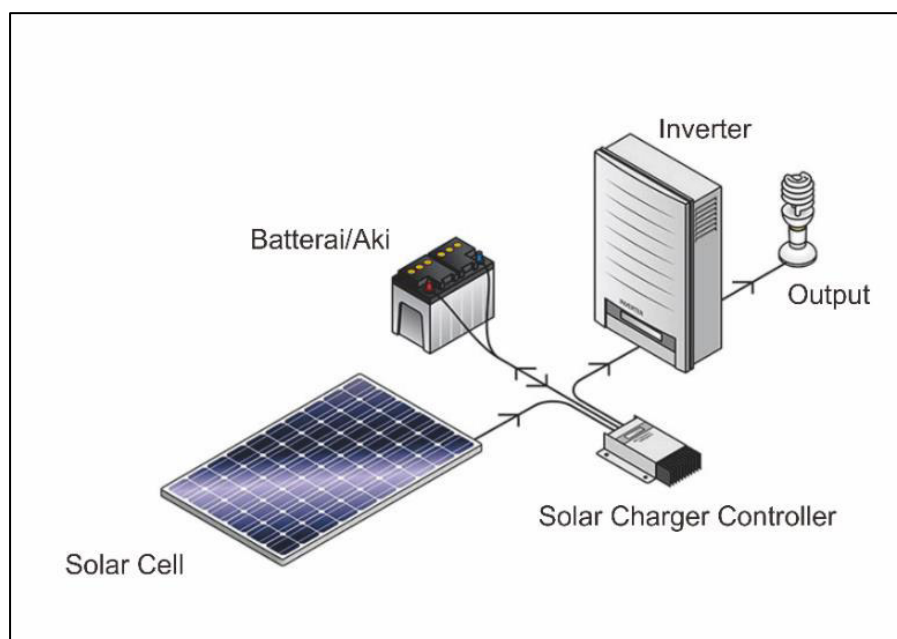
Baterai adalah komponen yang berfungsi sebagai penyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Ketika sinar matahari mencukupi, panel surya akan mengisi baterai dengan energi listrik. Baterai ini akan menyimpan energi untuk digunakan pada saat sinar matahari tidak tersedia, seperti pada malam hari atau hari-hari mendung. (Irawati dkk., 2023). Spesifikasi baterai yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Baterai

No	Kriteria	Kapasitas
1.	<i>Type</i>	Aki Basah
2.	Kapasitas	12 V/45 Ah
3.	Dimensi	238 x 129 x 203

B. Konfigurasi Sistem PLTS

Skema konfigurasi sistem berfungsi sebagai alur implementasi sistem PLTS yang digunakan pada penelitian ini. Daya yang dihasilkan oleh panel surya akan disimpan pada baterai dan dikendalikan oleh *solar charger controller* sesuai dengan tegangan pengisian baterai. Agar daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat digunakan oleh beban rumah tangga seperti lampu, maka digunakan *inverter* yang berfungsi sebagai pengubah arus DC menjadi AC. Konfigurasi sistem PLTS yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi Sistem PLTS

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan terdiri dari hasil pengukuran arus dan tegangan PLTS, analisis data serta pembahasan.

A. Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan PLTS

Berikut adalah hasil pengumpulan data tegangan panel surya, masukan inverter dan keluaran inverter serta nilai arus panel surya, masukan inverter dan keluaran inverter selama 5 jam (10.00 WITA – 14.00 WITA). Hasil pengukuran arus dan tegangan panel surya serta inverter dapat dilihat pada tabel 4-6.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Panel Surya

No	Waktu (WITA)	Tegangan (V)	Arus (V)	Indikator
1.	10.00	14,86	2,03	Menyala
2.	11.00	15,95	2,27	Menyala
3.	12.00	16,83	2,56	Menyala
4.	13.00	16,92	2,65	Menyala
5.	14.00	16,49	2,60	Menyala

Tabel 5. Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Masukan Inverter

No	Waktu (WITA)	Tegangan (V)	Arus (V)	Indikator
1.	10.00	13,64	2,33	Menyala
2.	11.00	13,73	2,50	Menyala
3.	12.00	13,68	2,41	Menyala
4.	13.00	13,67	2,45	Menyala
5.	14.00	13,72	2,48	Menyala

Tabel 6. Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Keluaran Inverter

No	Waktu (WITA)	Tegangan (V)	Arus (V)	Indikator
1.	10.00	233,5	0,11	Menyala
2.	11.00	231	0,10	Menyala
3.	12.00	233,7	0,11	Menyala
4.	13.00	236,9	0,12	Menyala
5.	14.00	233,7	0,11	Menyala

B. Analisis Data dan Pembahasan

Analisis data pada penelitian ini terbagi menjadi 3 yaitu analisis daya panel surya dan inverter, analisis efisiensi daya guna panel surya dan efisiensi inverter yang digunakan.

1. Analisis Data Hasil Pengukuran Arus dan tegangan PLTS

Hasil analisis daya yang diperoleh dari perhitungan sebagai berikut.

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

Keterangan :

P : Daya (Watt)

V : Tegangan (Volt)

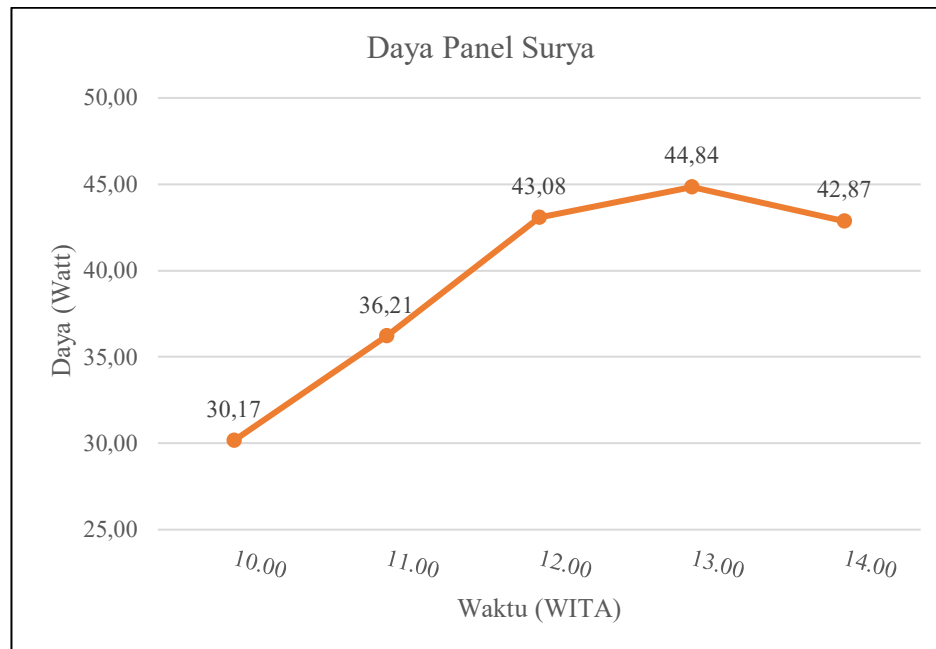
I : Arus (Ampere)

Hasil analisis daya pada keluaran panel surya sebagai berikut.

Tabel 7. Hasil Analisis Daya Keluaran Panel Surya

No	Waktu (WITA)	Tegangan (V)	Arus (V)	Daya (Watt)
1.	10.00	14,86	2,03	30,17
2.	11.00	15,95	2,27	36,21
3.	12.00	16,83	2,56	43,08
4.	13.00	16,92	2,65	44,84
5.	14.00	16,49	2,60	42,87
	Rata-Rata	16,21	2,42	39,43

Berdasarkan hasil perhitungan daya panel surya seperti pada tabel 7 maka dapat dibuat grafik daya terhadap waktu seperti pada Gambar 2.



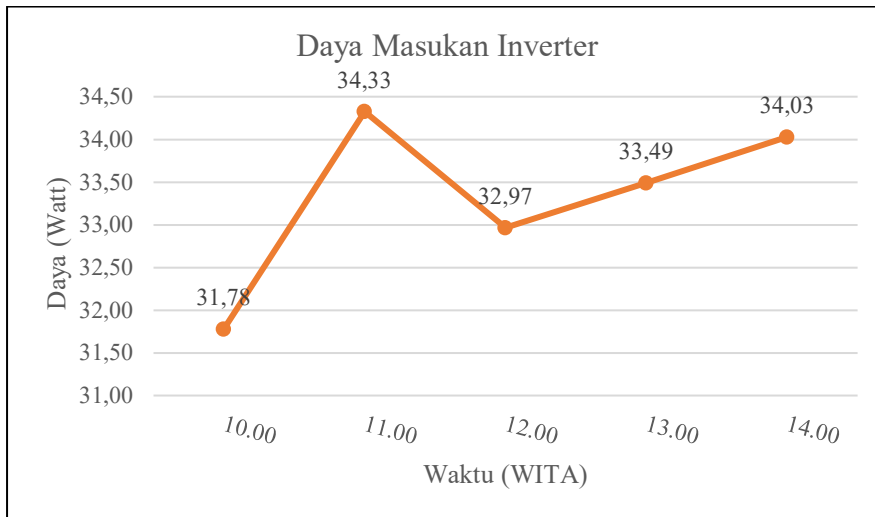
Gambar 2. Daya Panel Surya Perjam

Pada Gambar 2, terdapat 5 kali pengumpulan data Panel Surya. Setiap pengukuran dilakukan dengan mencatat daya yang dihasilkan panel surya. Berdasarkan gambar tersebut, dapat dilihat bahwa daya keluaran panel surya berubah-ubah dengan perubahan tegangan dan arus. Daya terbesar yang dihasilkan adalah 44.84 W pada pengukuran ke-4 dengan tegangan 16.92 V dan arus 2.65 A. Hal ini menunjukkan bahwa daya keluaran panel surya dipengaruhi oleh intensitas radiasi sinar matahari yang diterima, sehingga ketika intensitas sinar matahari lebih tinggi, daya yang dihasilkan juga meningkat.

Tabel 8. Hasil Analisis Daya Masukan *Inverter*

No	Waktu (WITA)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
1.	10.00	13,64	2,33	31,78
2.	11.00	13,73	2,50	34,33
3.	12.00	13,68	2,41	32,97
4.	13.00	13,67	2,45	33,49
5.	14.00	13,72	2,48	34,03
	Rata-Rata	13,69	2,43	33,32

Berdasarkan hasil perhitungan daya masukan inverter seperti pada tabel 8 maka dapat dibuat grafik daya terhadap waktu seperti pada Gambar 3.



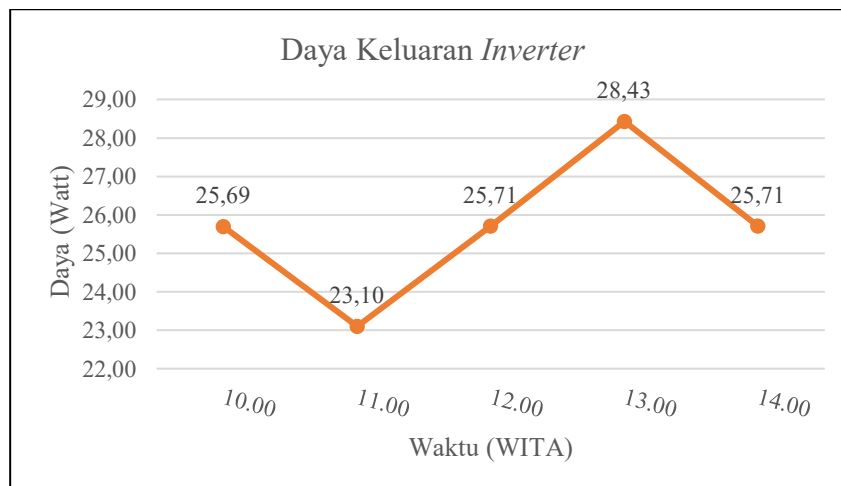
Gambar 3. Daya Masukan Inverter Perjam

Pada Gambar 3, terdapat 5 kali pengumpulan data inverter. Setiap pengukuran dilakukan dengan mencatat daya masukan *inverter*. Berdasarkan gambar tersebut tersebut, dapat dilihat bahwa daya masukan *inverter* berbeda-beda pada setiap pengukuran. Daya terbesar yang dihasilkan adalah 34.33 W pada pengukuran ke-2 dengan tegangan 13.73 V dan arus 2.50 A. Daya masukan pada *inverter* dipengaruhi oleh sumber daya yang digunakan, seperti panel surya atau baterai. Intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya dan kondisi baterai yang terhubung pada inverter dapat mempengaruhi daya masukan tersebut. Daya masukan pada *inverter* menunjukkan besaran daya yang dihasilkan oleh panel surya atau baterai dan akan diubah menjadi arus bolak-balik (AC) yang digunakan untuk mengoperasikan beban listrik.

Tabel 9. Hasil Analisis Daya Keluaran Inverter

No	Waktu (WITA)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
1.	10.00	233,5	0,11	25,69
2.	11.00	231	0,10	23,10
3.	12.00	233,7	0,11	25,71
4.	13.00	236,9	0,12	28,43
5.	14.00	233,7	0,11	25,71
Rata-Rata		233,76	0,11	25,73

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluaran *inverter* seperti pada Tabel 9 maka dapat dibuat grafik daya terhadap waktu seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Daya Keluaran Inverter Perjam

Pada Gambar 4, terdapat 5 kali pengumpulan data *inverter*. Setiap pengukuran dilakukan dengan mencatat daya keluaran *inverter*. Berdasarkan gambar tersebut tersebut, dapat dilihat bahwa daya keluaran inverter berbeda-beda pada setiap pengukuran. Daya terbesar yang dihasilkan adalah 28.43 W pada pengukuran ke-4 dengan tegangan 236.9 V dan arus 0.12 A. Daya keluaran dari *inverter* ini merupakan hasil konversi listrik DC menjadi AC yang digunakan untuk mengoperasikan lampu 9 W.

2. Perhitungan Efisiensi PLTS

Efisiensi Daya Guna Panel Surya dihitung berdasarkan perbandingan antara daya keluaran panel surya dengan daya input yang dinyatakan dalam persentase. Berikut adalah perhitungan efisiensi daya guna panel surya berdasarkan pabrik adalah sebagai berikut.

$$P_{in} = J \cdot A \quad (2)$$

$$FF = \frac{V_{max} \cdot I_{max}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \quad (3)$$

$$P_{out} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF \quad (4)$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

- η : Efisiensi (%)
- P_{out} : Daya output (Watt)
- P_{in} : Daya Input (Watt)

Diketahui:

$J = 1000 \text{ W/m}^2$ (standar intensitas radiasi matahari)

$A = \text{Luas Area Panel Surya} = 65,5 \text{ cm} \times 52 \text{ cm} = 3406 \text{ cm}^2 = 0,3406 \text{ m}^2$

$V_{max} = 19,16 \text{ V}$

$I_{max} = 2,66 \text{ A}$

$V_{oc} = 22,76 \text{ V}$

$I_{sc} = 3,01 \text{ A}$

Jadi diperoleh nilai perhitungan sebagai berikut:

Perhitungan daya input (P_{in}):

$$P_{in} = 1000 \text{ W/m}^2 \times 0,3406 \text{ m}^2 = 340,6 \text{ W}$$

Perhitungan *Fill Factor* (FF):

$$FF = \frac{V_{max} \cdot I_{max}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} = \frac{19,16 \text{ V} \cdot 2,66 \text{ A}}{22,76 \text{ V} \cdot 3,01 \text{ A}} = 0,74$$

Perhitungan daya output (P_{out}):

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$= 22,76 \text{ V} \times 3,01 \text{ A} \times 0,744 = 50,96 \text{ W}$$

Perhitungan Efisiensi Panel Surya Berdasarkan Pabrik

$$\text{Efisiensi } (\mu) = \frac{50,966}{340,6} \times 100\% = 14,96\%$$

Tabel 10. Efisiensi Daya Guna Panel Surya

No	Waktu (WITA)	Daya Input (Watt)	Daya Output (Watt)	Efisiensi (%)
1.	10.00	340,6	30,17	8,86
2.	11.00	340,6	36,21	10,63
3.	12.00	340,6	43,08	12,65
4.	13.00	340,6	44,84	13,17
5.	14.00	340,6	42,87	12,59
	Rata-Rata	340,6	39,43	11,58

Pada Tabel 10. dapat dilihat hasil efisiensi daya guna panel surya yang diperoleh berdasarkan pabrik dan pengukuran. Berdasarkan tabel tersebut diperoleh efisiensi daya rata-rata sebesar 11,58%. Adapun berdasarkan pabrikan efisiensi daya yang dihasilkan sebesar 14,96%. Efisiensi daya yang rendah pada saat-saat tertentu dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti intensitas cahaya matahari yang rendah, kondisi cuaca, dan juga kondisi panel surya itu sendiri.

3. Perhitungan Efisiensi PLTS

Efisiensi *inverter* dihitung berdasarkan perbandingan antara daya keluaran *inverter* dengan daya masukan dinyatakan dalam persentase (Persamaan 5). Berikut adalah hasil perhitungan efisiensi *inverter* berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan.

Tabel 11. Efisiensi Inverter

No	Waktu (WITA)	Daya Input (Watt)	Daya Output (Watt)	Efisiensi (%)
1.	10.00	31,78	25,69	80,82
2.	11.00	34,33	23,10	67,30
3.	12.00	32,97	25,71	77,97
4.	13.00	33,49	28,43	84,88
5.	14.00	34,03	25,71	75,55
	Rata-Rata	33,32	25,73	77,21

Pada Tabel 11. dapat dilihat hasil efisiensi daya yang diperoleh dari *inverter*. Efisiensi tertinggi terjadi pada pukul 13.00 WITA dengan 84,88%, sedangkan efisiensi terendah terjadi pada pukul 11.00 WITA dengan 67,30%. Rata-rata efisiensi *inverter* selama waktu pengamatan adalah 77,21%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengamatan pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya khususnya pada komponen panel surya dan *inverter* diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengukuran tegangan dan arus panel surya, didapatkan daya keluaran panel surya dengan rata-rata daya keluaran sebesar 39,43 Watt dan daya keluaran terbesar mencapai 44,84 Watt. Efisiensi pabrik panel surya yang telah dihitung sebesar 14,96% sedangkan efisiensi daya guna yang dapat dihasilkan oleh panel surya sebesar 11,58%. Efisiensi daya yang rendah pada saat-saat tertentu dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti intensitas cahaya matahari yang rendah dan kondisi cuaca.
2. Hasil pengukuran daya masukan yang dihasilkan *inverter* bervariasi dengan rata-rata sebesar 33,32 Watt dengan daya keluaran tertinggi mencapai 34,33 Watt. Adapun hasil pengukuran pada keluaran *inverter* menunjukkan variasi daya keluaran dengan rata-rata daya yang dihasilkan oleh *inverter* sebesar 25,73 Watt dengan daya keluaran tertinggi mencapai 28,43 Watt dengan rata-rata efisiensi *inverter* adalah 77,21%.

5. Daftar Pustaka

- Aji, E. P., Wibowo, P., & Windarta, J. (2022). Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Dengan Sistem On Grid Di Bpr Bkk Mandiraja Cabang Wanayasa Kabupaten Banjarnegara. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 3(1), 15-27.
- Irawati, I., Sunardi, S., & Nurwanto, A. (2023). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Dengan Sistem Kontrol Automatic Transfer Switch (Ats) Dan Optimalisasi Kapasitas Baterai. *Jeis: Jurnal Elektro Dan Informatika Swadharma*, 3(1), 22-30.
- Isdawimah, I. (2009). *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Portable Untuk Daerah Terpencil*. Penelitian Yang Didanai Politeknik Negeri Jakarta.
- Ningsih, P. S. (2020). Pengukuran Tegangan, Arus, Daya Pada Prototype Plts Berbasis Mikrokontroler Arduin Uno. *Sainetin: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, Dan Industri*, 5(1), 8-16
- Nurjaman, H. B., & Purnama, T. (2022). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga. *Jurnal Edukasi Elektro*, 6(2).

Samsurizal, S., Azzahra, S., Fikri, M., Azis, H., & Yogiarto, A. (2021). Prototype Pembelajaran Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Berbasis Energi Surya. *Terang*, 4(1), 125-135.

Saputra, K. R., Arsa, I. P. S., & Ratnaya, I. G. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Mata Kuliah Pembangkit Listrik Di Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro Undiksha*, 9(3), 193-202.

Wahyuni, E. S., Mubarak, H., Budiman, F. N., & Pratomo, S. W. (2020). Pemanfaatan Energi Terbarukan Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Komunitas: Menuju Desa Mandiri Energi. *Engagement: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 493-508.

Yuwono, T. (2021). Desain Dan Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Suplai Daya Penerangan Dan Fotosintesis. *JES (Jurnal Teknik Elektro Smart)*, 1(1), 26-33.