

# Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Tegangan Panel Surya

**Zulfadli Pelawi, Armansyah, Jamilah Husna**

Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UISU

[zulfadli.pelawi@ft.uisu.ac.id](mailto:zulfadli.pelawi@ft.uisu.ac.id); [armansyah@ft.uisu.ac.id](mailto:armansyah@ft.uisu.ac.id); [miila\\_jv@yahoo.com](mailto:miila_jv@yahoo.com)

## Abstrak

*Penggunaan energy terbarukan merupakan alternative untuk mengurangi permintaan energy ke PLN dan pengoptimalan potensi alam. Sel surya merupakan teknologi yang mengubah cahaya matahari menjadi energy listrik. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui hubungan intensitas cahaya matahari terhadap tegangan pada sebuah panel sel surya. Metode penelitian ini adalah pengukuran intensitas matahari secara real dan pengukuran daya keluaran panel sel surya tersebut, adapun bahan yang digunakan adalah lumen meter digunakan untuk mengukur intensitas cahaya matahari, multimeter digunakan untuk mengukur tegangan dan arus, battery charge regulator dengan kapasitas 10 A, Panel sel surya dengan kapasitas 100 Wp, dan battery 80 Ah. Pengujian dilakukan selama 6 hari, setiap hari pengujian dimulai dari jam 08.00 – 18.00. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari tertinggi terjadi antara jam 11.00 – 13.00 dengan nilai intensitas cahaya matahari sebesar 98.700 lux – 118.400 lux, sedangkan daya keluaran sel surya tertinggi sebesar 16,86 watt dengan intensitas cahaya matahari terukur 118.400 lux*

**Kata Kunci :** *Sel Surya; Intensitas Cahaya, Daya Keluaran; Energi*

## I. PENDAHULUAN

Di Indonesia, masalah kelistrikan timbul akibat kebutuhan energi listrik yang meningkat lebih pesat dibandingkan kemampuan PLN untuk memenuhi pasokan energi listrik. Akibatnya, terjadi pemadaman bergilir dan masih terdapat beberapa daerah di Indonesia yang belum teraliri listrik. Perbandingan jumlah penduduk suatu Negara yang menikmati listrik dengan jumlah total penduduk di negara tersebut disebut dengan rasio elektrifikasi. Salah satu penyebabnya yaitu letak geografis yang umumnya terpencil dan jauh dari jaringan listrik PLN.

Pemerintah RI telah mengeluarkan kebijakan yang diterbitkan melalui kepmen ESDM No. 1122K/30/MEM/2002 mengenai pedoman pengusaha pembangkit tenaga listrik skala kecil tersebar, sebagai solusi untuk mengatasi masalah kurangnya pasokan listrik di beberapa daerah di Indonesia. Dalam keputusan tersebut pembangkit tenaga listrik skala kecil tersebar yang selanjutnya disebut PSK tersebar menggunakan energy terbarukan yang meliputi energy angin, matahari, mikrohidro, dan lainnya dengan jumlah daya terpasang pada pusat pembangkit 1 MW. Tujuan dari kebijakan tersebut yaitu untuk memberikan kesempatan kepada sektor usaha kecil untuk turun berpartisipasi dalam usaha pembangkit energi listrik skala kecil dengan menggunakan energy terbarukan, guna mengurangi ketergantungan pada sumber energy fosil, serta guna memenuhi sektor atau radiasi harian matahari rata-rata 5 KWh/m<sup>2</sup>.

Energi surya merupakan energi yang berasal dari matahari yang mendukung kehidupan di Bumi sebagaimana yang kita ketahui. Energi surya dapat digunakan sebagai sumber panas dan cahaya dan

dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan energi listrik. Untuk memanfaatkan potensi energi surya tersebut, ada 2 (dua) macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu teknologi Energi Surya Termal dan Energi Surya Fotovoltaik.

Kondisi geografis Indonesia yang terdiri atas pulau-pulau yang kecil dan banyak yang terpencil menyebabkan sulit untuk dijangkau oleh jaringan listrik yang bersifat terpusat. Untuk memenuhi kebutuhan energi di daerah-daerah semacam ini, salah satu jenis energi yang potensial untuk dikembangkan adalah energi surya. Dengan demikian, energi surya dapat dimanfaatkan untuk penyediaan listrik dalam rangka mempercepat rasio elektrifikasi desa.

Selain dapat digunakan untuk program listrik perdesaan, peluang pemanfaatan energi surya lainnya adalah:

- Lampu penerangan jalan dan lingkungan;
- Penyediaan listrik untuk rumah peribadatan.
- Penyediaan listrik untuk sarana umum.
- Penyediaan listrik untuk sarana pelayanan kesehatan, seperti: rumah sakit, Puskesmas, Posyandu, dan Rumah Bersalin;

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Panel Surya

Panel surya adalah perangkat rakitan sel-sel fotovoltaiik yang mengkonversi sinar matahari menjadi listrik. Ketika memproduksi panel surya, produsen harus memastikan bahwa sel-sel surya saling terhubung secara elektrik antara satu dengan yang lain pada sistem tersebut. Sel surya juga perlu dilindungi dari kelembaban dan kerusakan mekanis karena hal ini dapat merusak efisiensi panel surya

secara signifikan, dan menurunkan masa pakai dari yang diharapkan. Panel surya biasanya memiliki umur 20 tahun yang biasanya dalam jangka waktu tersebut pemilik panel surya tidak akan mengalami penurunan efisiensi yang signifikan. Namun, meskipun dengan kemajuan teknologi mutakhir, sebagian besar panel surya komersial saat ini hanya mencapai efisiensi 15% dan hal ini tentunya merupakan salah satu alasan utama mengapa industri energi surya masih tidak dapat bersaing dengan bahan bakar fosil.

Panel surya komersial sangat jarang yang melampaui efisiensi 20%. Karena peralatan rumah saat ini berjalan di *alternating current* (AC), panel surya harus memiliki power inverter yang mengubah arus *direct current* (DC) dari sel surya menjadi *alternating current* (AC). Posisi ideal panel surya adalah menghadap langsung ke sinar matahari (untuk memastikan efisiensi maksimum). Panel surya modern memiliki perlindungan *overheating* yang baik dalam bentuk semen konduktif termal. Perlindungan *overheating* penting dikarenakan panel surya mengkonversi kurang dari 20% dari energi surya yang ada menjadi listrik, sementara sisanya akan terbuang sebagai panas, dan tanpa perlindungan yang memadai kejadian *overheating* dapat menurunkan efisiensi panel surya secara signifikan. Panel surya sangat mudah dalam hal pemeliharaan karena tidak ada bagian yang bergerak. Satu-satunya hal yang harus dikhawatirkan adalah memastikan untuk menyingkirkan segala hal yang dapat menghalangi sinar matahari ke panel surya tersebut.

Mengapa kita perlu menginstal panel surya dan bukannya terus bersahabat dengan bahan bakar fosil, karena panel surya tidak memancarkan emisi gas rumah kaca yang berbahaya seperti dalam pembakaran bahan bakar fosil dan oleh karena itu tidak memberikan kontribusi terhadap dampak perubahan iklim. Dengan panel surya kita mendapatkan energi bersih dari sumber energi yang paling berlimpah di planet kita. Mengapa masih sedikit orang yang memanfaatkan energi surya, panel surya masih merupakan pilihan energi yang lebih mahal dibandingkan bertahan dengan bahan bakar fosil dan masih banyak orang yang tidak bersedia membayar lebih untuk biaya energi, terlepas apakah ini membantu lingkungan atau tidak. Jumlah negara yang memberikan insentif untuk energi surya terus meningkat yang berarti bahwa panel surya menjadi lebih efektif dalam hal biaya dan jumlah pemilik rumah dan bisnis yang tertarik untuk menggunakan panel surya terus tumbuh sepanjang waktu.



Gambar 1. Solar sel (*photovoltaic*)

Cara Kerja Solar Cell (*Photovoltaic*) Kepingan sel photovoltaic terdiri atas Kristal silikon yang memiliki dua lapisan silisium doped, yaitu lapisan solar sel yang menghadap kecahaya matahari memiliki doped negatif dengan lapisan fosfor, sementara lapisan di bawahnya terdiri dari doped positif dengan lapisan borium. Antara kedua lapisan dibatasi oleh penghubung p-n. Jika pada permukaan sel photovoltaic terkena cahaya matahari maka pada sel bagian atas akan terbentuk muatan-muatan negatif yang bersatu pada lapisan fosfor. Sedangkan pada bagian bawah lapisan sel photovoltaic akan membentuk muatan positif pada lapisan borium. Kedua permukaan tersebut akan saling mengerucut muatan masing-masingnya jika sel photovoltaic terkena sinar matahari. Sehingga pada kedua sisi sel photovoltaic akan menghasilkan beda potensial berupa tegangan listrik. Suatu kristal silikon tunggal photovoltaic dengan luas permukaan 100 akan menghasilkan sekitar 1,5 watt dengan tegangan sekitar 0,5 volt tegangan searah (0,5 Vdc) dan arus sekitar 2 Amper di bawah cahaya matahari dengan panas penuh (intensitas sekitar 1000W/m<sup>2</sup>).

### 2.3 Sumber Energi Matahari

Dalam perancangan dan pembangunan PLTS pada suatu tempat perlu diketahui terlebih dahulu potensi dari sumber energi surya yang ada. Karena pada lokasi satu berbeda dengan lokasi lainnya terhadap potensi dari energi surya yang dapat diserap oleh PLTS. Ada dua sumber atau cara untuk memperoleh data tentang potensi energi surya pada suatu lokasi meliputi, data yang didapat dari satelit, dan data yang didapat dengan cara pengukuran langsung pada lokasi (*land-based measurement*) dengan menggunakan solarimeter atau dikenal dengan *thermal pyranometer*, dan menggunakan *silikon sensors*. Data pengukuran pada lokasi dapat digunakan sebagai kalibrasi terhadap sumber data lain (*satelit atau stasiun meteorology*) dalam rangka perbaikan akurasi dan kepastian. Jumlah tenaga surya tersedia persatuan luas disebut radiasi. Radiasi matahari adalah integrasi atau penjumlahan penyinaran matahari selama periode waktu (*ABB QT Vol*).

### 2.4. Intensitas Cahaya

Menurut sejarah, sumber cahaya buatan adalah lilin (*candela*). *Candela* dengan singkatan *cd* ini merupakan satuan Intensitas Cahaya (*I*) dari sebuah sumber yang memancarkan energi cahaya ke segala arah.

Definisi dari intensitas cahaya ialah fluks cahaya per satuan sudut ruang yang dipancarkan ke suatu arah tertentu, atau dalam bentuk rumus :

$$I = \frac{\phi}{\omega} \quad (cd)$$

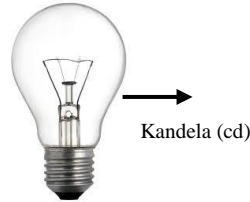
Di mana : *I* = intensitas cahaya (*candela = cd*)

$\phi$  = Fluks cahaya (*lumen = lm*)

$\omega$  = Sudut ruangan (*steradian*)

Kawat tahanan yang dialiri arus listrik akan berpijar dan memancarkan cahaya. Sumber cahaya demikian, misalnya lampu pijar, dinamakan pemancar suhu. Lampu pijar memancarkan energi cahaya ke semua jurusan. Tetapi energi radiasinya tidak merata.

Jumlah energi radiasi yang dipancarkan sebagai cahaya ke suatu jurusan tertentu disebut intensitas cahaya dan dinyatakan dalam satuan kandela (cd) (lihat Gambar 2).



Gambar 2. Intensitas cahaya

2.5. Fluks Cahaya

Suatu sumber cahaya yang memancarkan sama kuat ke setiap jurusan, dinamakan sumber cahaya seragam.

Kalau intensitas cahayanya 1 cd (kandela), melalui sudut ruang 1 sr (steradian) akan mengalir flux cahaya 1 lm (lumen). Jadi intensitas cahaya dapat juga diberi definisi sebagai berikut:

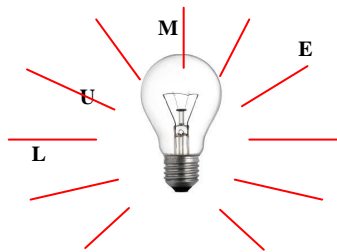
Intensitas cahaya ialah flux cahaya per satuan sudut ruang yang dipancarkan ke suatu arah tertentu, atau dalam bentuk rumus:

$$I = \frac{\phi}{\omega} \text{ (cd)}$$

$\phi$  (phi) adalah lambang untuk flux cahaya.

Jadi jumlah kandela (candela) sama dengan jumlah lumen per steradian.

Fluks cahaya yang dipancarkan oleh suatu sumber cahaya ialah seluruh sumber cahaya yang dipancarkan dalam 1 detik (Gambar 3). Bila sumber cahayanya seperti lampu pijar, ditempatkan pada reflektor, maka cahayanya akan diarahkan, tetapi jumlah atau fluks cahayanya adalah tetap.



Gambar 3. Fluks cahaya

Seperti sudah diketahui, satuan untuk flux cahaya ialah lumen (lm)

Dari rumus intensitas cahaya yaitu :

$$I = \frac{\phi}{\omega} \text{ (cd)}$$

Atau :  $\phi = I \times \omega$  (lm)

- Di mana :  $\phi$  = Fluks cahaya (lm)
- $I$  = intensitas cahaya (cd)
- $\omega$  = Sudut ruangan (sr)

Misalkan sumber cahaya berbentuk titik yang ditempatkan dalam bola, dilingkupi oleh  $4\pi$  steradian. Jadi sumber cahaya itu memancarkan:

$$\phi = I \times \omega = I \cdot 4\pi \text{ lm}$$

Karena intensitas cahayanya 1 cd, maka:  
 $\phi = 4\pi \text{ lm}$

2.6 Luxmeter

Luxmeter untuk mengukur pencahayaan pada saat membaca atau kegiatan lain sesuai dengan Fungsi ruangan, fungsi ruangan yang dimaksud adalah jenis aktifitas yang dilakukan di dalam ruangan tersebut. Dan sebagai pengatur cahaya pada akuarium untuk menjaga kelembapan dan mengatur pertumbuhan tanaman pada akuarium. Bila tingkat pencahayaan ruangan telah sesuai dengan fungsinya, dan ruangan tidak terlalu terang dan tidak terlalu redup untuk suatu pekerjaan tertentu, berarti efisiensi energi untuk penerangan telah dicapai.

Prinsip kerja dari luxmeter adalah mengubah energi dari foton menjadi elektron. Idealnya satu foton dapat membangkitkan satu elektron. Cahaya akan menyinari sel foto yang kemudian akan ditangkap oleh sensor sebagai energi yang diteruskan oleh sel foto menjadi arus listrik. Makin banyak cahaya yang diserap oleh sel, arus yang dihasilkan pun semakin besar. Di dalam perangkat lux meter ini terdapat suatu penguat yang berfungsi memperkuat arus yang masuk sehingga arus dapat terbaca. Tanpa penguat arus ini arus yang dihasilkan oleh cahaya tidak mungkin terbaca karena arus yang dihasilkan sangat kecil. Untuk lux meter digital hasilnya akan ditampilkan pada layar panel sedangkan untuk lux meter analog arus akan menggerakkan jarum penunjuk skala. Sensor cahaya yang digunakan pada lux meter adalah *Photo dioda*. *Photo diode* digunakan sebagai komponen pendeteksi ada tidaknya cahaya maupun dapat digunakan untuk membentuk sebuah alat ukur akurat yang dapat mendeteksi intensitas cahaya dibawah  $1\text{pW}/\text{cm}^2$  sampai intensitas di atas  $10 \text{ mW}/\text{cm}^2$ . *Photo dioda* mempunyai resistansi yang rendah pada kondisi forward bias, kita dapat memanfaatkan *photo dioda* ini pada kondisi reverse bias dimana resistansi dari photo dioda akan turun seiring dengan intensitas cahaya yang masuk. Berbagai jenis cahaya yang masuk pada luxmeter baik itu cahaya alami ataupun buatan akan mendapatkan respon yang berbeda dari sensor. Berbagai warna yang diukur akan menghasilkan suhu warna yang berbeda, dan panjang gelombang yang berbeda pula. Oleh karena itu pembacaan hasil yang ditampilkan oleh layar panel adalah kombinasi dari efek panjang gelombang yang ditangkap oleh sensor *photo diode*. Bentuk

luxmeter yang dipakai untuk mengukur intensitas cahaya matahari adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Luxmeter

### 2.7 Volt Meter

Volt meter merupakan suatu alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur besarnya tegangan listrik dalam suatu rangkaian listrik. Cara menggunakan voltmeter sebagai alat ukur listrik adalah dengan merangkainya secara paralel dan jarum penunjuk pada voltmeter akan segera bergerak yang menunjukkan hasil pengukuran yang ditunjukkan. Selain voltmeter kita juga sering menjumpai alat ukur tegangan yakni multimeter berbeda dengan multimeter selain dapat digunakan untuk mengukur tegangan listrik juga dapat digunakan untuk mengukur besaran listrik yang lain, yakni arus dan hambatan. Multimeter adalah alat yang mungkin dapat menggantikan voltmeter karena lebih lengkap. multimeter seakan gabungan dari ampere meter, volt meter dan juga ohm meter yang semuanya diringkas dengan rapi dan simpel. Untuk menjadikan voltmeter dapat mengukur tegangan listrik yang berkali lipat maka perlu ditambahkan multiplier.



Gambar 5. Multi meter (Volt meter)

## III. METODE PENELITIAN

### 3.1 Lokasi dan waktu pembuatan

Tempat penelitian dilaksanakan di Ruang Laboratorium program studi Teknik Elektro fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara

### 3.2 Alat dan Bahan yang digunakan

Berikut adalah alat-alat yang digunakan untuk penelitian:

1. Luxmeter (model: TASI-8720/TASI-8730)
2. Tang ampere (model: KRISBOW, kw 06-286)
3. Multitester (model: KRISBOW, kw 06-286)
4. Inverter 500 W
5. Busur

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat rangkaian panel surya:

1. Panel surya
2. Baterai 80 AH 12 V

### 3.3 Metode Pengumpulan Data

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini menggambarkan suatu proses pemanfaatan energy yang terbarukan secara maksimum. Metode pengumpulan data dilakukan sebagai berikut :

1. Metode Observasi yaitu pengumpulan data dengan mengadakan pengujian secara langsung di lokasi.
2. Studi Literatur yaitu pengumpulan data dari buku-buku referensi, jurnal-jurnal yang relevan dengan topic penelitian.

### 3.4 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisa PLTS adalah sebagai berikut:

1. Pastikan PLTS dalam kondisi semaksimal mungkin
2. Mengukur tegangan dan arus yang diterima oleh modul surya
3. Mengukur intensitas cahaya

## IV. HASIL PENELITIAN

### 4.1 Data Umum

Modul surya 100 WP

1. Maximum power (Pmax) 100 W
2. Type cell photovoltaic
3. Voltage at Pmax (Vmp) 17.8 V
4. Current at Pmax (Imp) 5.80 A
5. Short circuit voltage (Isc) 6.45 A
6. Open circuit voltage (Voc) 20.8 V
7. Maximum system voltage 1000 V
8. Number of cells 36 cells
9. Dimensions +-(mm) 1200x540x30

- Beban
  - Lampu LED : 5 watt
  - Lampu LED : 7 watt
  - Lampu LED : 9 watt

### 4.2 Analisa

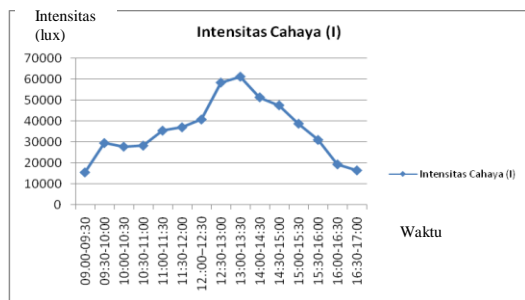
Pada hari pertama pengujian panel surya di lantai 2 Ruang laboratorium prodi teknik Elektro FT. UISU, dengan intensitas cahaya kurang efisien dengan keadaan cuaca cerah sedang

(berawan) dan posisi panel  $30^0$  untuk mengukur intensitas cahaya yang terang. Hasil pengukuran dan pengujian bisa kita lihat pada Tabel 1, Sabtu, 21 Desember 2024

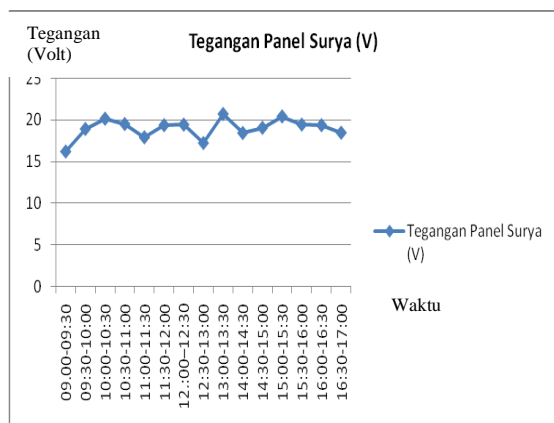
**Tabel 1. Hasil pengukuran Intensitas cahaya dan Tegangan Panel Surya (Sabtu, 21 Desember 2024)**

Waktu (T)	Sudut (W)	Intensitas Cahaya (lux)	Tegangan Panel Surya (V)
09.00-09:30	$30,0^0$	15600	16,25
09:30-10:00	$30,0^0$	29500	18,95
10:00-10:30	$30,0^0$	27800	20,18
10:30-11:00	$30,0^0$	28300	19,54
11:00-11:30	$30,0^0$	35400	17,95
11:30-12:00	$30,0^0$	37000	19,40
12:00-12:30	$30,0^0$	40700	19,47
12:30-13:00	$30,0^0$	58200	17,27
13:00-13:30	$30,0^0$	61000	20,74
14:00-14:30	$30,0^0$	51200	18,47
14:30-15:00	$30,0^0$	47400	19,09
15:00-15:30	$30,0^0$	38700	20,45
15:30-16:00	$30,0^0$	31000	19,47
16:00-16:30	$30,0^0$	19400	19,40
16:30-17:00	$30,0^0$	16550	18,50

Hasil grafik intensitas cahaya dan tegangan panel surya pada hari pertama, tanggal 21 Desember 2024 adalah sebagai berikut;



**Gambar 6. Grafik Intensitas Cahaya (hari pertama)**



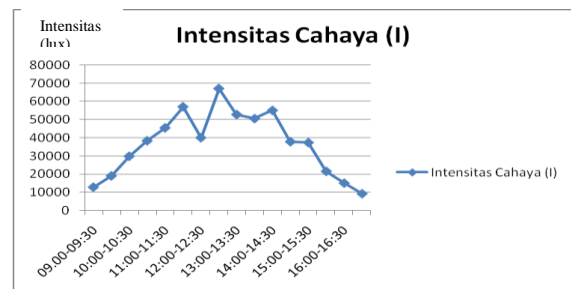
**Gambar 7. Grafik Tegangan Panel Surya (hari pertama)**

Pada pengujian hari kedua pengujian panel surya di Lantai II Laboratorium Program Studi Teknik Elektro UISU. Pada pengujian panel surya dengan intensitas cahaya yang kurang efisien dengan cuaca keadaan mendung (berawan) posisi panel pada  $30^0$ , Hasil pengukuran dan pengujian bisa kita lihat pada Tabel 2. Minggu, 22 Desember 2024

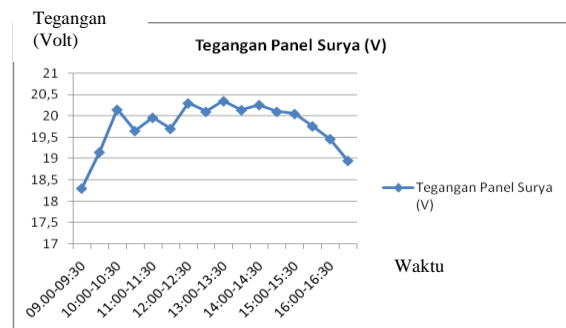
**Tabel 2. Hasil pengukuran Intensitas cahaya dan tegangan Panel Surya (Minggu, 22 Desember 2024)**

Waktu (T)	Sudut (W)	Intensitas Cahaya (lux)	Tegangan Panel Surya (V)
09.00-09:30	$30,0^0$	12800	18,30
09:30-10:00	$30,0^0$	19000	19,15
10:00-10:30	$30,0^0$	29800	20,15
10:30-11:00	$30,0^0$	38300	19,65
11:00-11:30	$30,0^0$	45400	19,96
11:30-12:00	$30,0^0$	57000	19,70
12:00-12:30	$30,0^0$	40000	20,30
12:30-13:00	$30,0^0$	67000	20,10
13:00-13:30	$30,0^0$	52700	20,35
13:30-14:00	$30,0^0$	50500	20,14
14:00-14:30	$30,0^0$	55000	20,26
14:30-15:00	$30,0^0$	37800	20,10
15:00-15:30	$30,0^0$	37300	20,05
15:30-16:00	$30,0^0$	21500	19,76
16:00-16:30	$30,0^0$	15030	19,46
16:30-17:00	$30,0^0$	9200	18,95

Hasil grafik intensitas cahaya dan tegangan panel surya pada hari pertama, tanggal 22 Desember 2024 adalah sebagai berikut:



**Gambar 8. Grafik Intensitas Cahaya (hari kedua)**



**Gambar 9. Grafik Tegangan Panel Surya (hari kedua)**

Dari Gambar 6, 7, 8 dan 9 menunjukkan bahwa nilai intensitas cahaya yang diserap oleh

panel surya dipengaruhi oleh cuaca panas matahari. Dari hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa besarnya intensitas cahaya akan mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh panel surya.

#### V. KESIMPULAN

Intensitas cahaya yang masuk dan terserap oleh panel surya setiap waktu selalu berubah-ubah, umumnya intensitas cahaya matahari pada pagi dan sore hari rendah, intensitas cahaya matahari pada siang hari jam 13.00 dalam kondisi cerah adalah 61000 lux sedangkan disore hari jam 17:00 sebesar 16550 lux, pada hari pertama. Untuk hari kedua pada siang hari jam 13.00 sebesar 6700 lux sedangkan sore hari pada kondisi cuaca mendung sebesar 9200 lux. Penyerapan energi matahari yang optimal dalam satu hari penuh saat kondisi cerah dapat mencapai 7 jam sedangkan pada kondisi cuaca yang mendung atau hujan penyerapan yang optimalnya kurang dari 5 jam untuk satu harinya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Atluri, K., Hananya, S. M., & Navothna, B. 2018. *Performance of Rooftop Solar PV System with Crystalline Solar Cells*. 2018 National Power Engineering Conference, NPEC 2018, March, 1–4. <https://doi.org/10.1109/NPEC.2018.84767>
- [2]. Biodisel, D. A. N., & Isi, D. (2020). PLTS & Biodiesel. 61. <https://energiterbarukan.org/assets/2020/10/BUKU-PLTSDAN-BIODISEL.pdf>.
- [3]. Evalina, N., Azis H, A., Rimbawati, & Cholish. 2019, *Efficiency analysis on the inverter using the energy-saving lamp*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 674(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/674/1/012034>.
- [4]. Harahap, P. 2019. *Implementasi Karakteristik Arus Dan Tegangan PLTS Terhadap Peralatan Trainer Energi Baru Terbarukan*. Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU, 2(1), 152–157.
- [5]. Harahap, P. 2020. *Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya*. RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro, 2(2), 73–80. <https://doi.org/10.30596/rele.v2i2.4420>.
- [6]. Ii, B. A. B., & Teori, D., 1970, Menggunakan Sel Surya.
- [7]. Mesin, J. T., Industri, F. T., & Trisakti, U. (2016). *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti*. 1–11.
- [8]. Rimbawati, R., Harahap, P., & Putra, K. U. 2019. *Analisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Karakteristik Generator (Aplikasi Laboratorium Mesin-Mesin Listrik Fakultas Teknik-Umsu)*. RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro, 2(1), 37–44. <https://doi.org/10.30596/rele.v2i1.3647>.
- [9]. Science, M., & Journal, T. 2021. *Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya 100 WP Terhadap Daya Listrik Abstrak Perhitungan daya Analisa dan Kesimpulan Selesai*. 1(2), 67–76.
- [10]. Tjok Gd, V. S. P. 2000. *Analisa Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 15 KW di Dusun Asah Teben Desa Datar*
- [11]. Fishbane, P.M., Gasiorowicz, S., and Thornton, S.T., 1996: *Physics for scientists and engineers*, 2nd edition, Prentice-hall, New Jersey
- [12]. Takun, Pongsakor, Somyot Kaitwanidvilai, Chaiyan Jettanasen, *Maximum power point tracking using fuzzy logic control for photovoltaic*. Hongkong
- [13]. International Energi Agency, 2016, Indonesia 2015, IEA, Prancis.
- [14]. E. O. Hair and M. G. Giesselmann, *Comparative Analysis of Regression and Karangasem. Analisa Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 15 KW Di Dusun Asah Teben Desa Datar*