

Analisis Pengaruh Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Tegangan Dan Arus Pada Panel Surya Di Universitas Negeri Manado

Jutisya Putrih Senaen

Program Studi Fisika, FMIPAK, Universitas Negeri Manado, Indonesia

Alfrie Rampengan

Program Studi Fisika, FMIPAK, Universitas Negeri Manado, Indonesia

Farly Tumimomor

Program Studi Fisika, FMIPAK, Universitas Negeri Manado, Indonesia

Korespondensi penulis: senaenjutisya99@gmail.com

Abstract. *The Solar Power Plant (PLTS) represents one of the pioneering electricity producers established at Manado State University. The aforementioned solar cell technology is a mechanism that effectively transforms solar energy into electrical energy. Indonesia, being situated on the equator and endowed with ample sun resources, stands to benefit significantly from the adoption of solar energy, thus enhancing its effectiveness. This study employs a quantitative methodology with a descriptive framework to examine the impact of light intensity on the voltage and current of solar panels. Based on the obtained measurements, it can be observed that the intensity of the sun is directly proportional to its brightness, assuming that there is no cloud cover. In ideal bright conditions, the maximum duration for the absorption of solar energy in a single day can extend up to 9 hours. On the contrary, the duration of optimal absorption during overcast or rainy weather conditions is limited to a maximum of five hours during a single day. The calculations were conducted using the average power generated on the initial day, which amounted to 30,299.76 kilowatt-hours per day, and on the subsequent day, which totaled 40,991.22 kilowatt-hours per day. There exists a positive correlation between the intensity of solar radiation and the performance of solar panels, whereby an increase in intensity leads to a corresponding increase in panel performance.*

Keywords: *Solar panels, PLTS, Solar Radiation Intensity*

Abstrak. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu pionir penghasil listrik yang didirikan di Universitas Negeri Manado. Teknologi sel surya tersebut di atas merupakan mekanisme yang efektif mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Indonesia, yang terletak di garis khatulistiwa dan kaya akan sumber daya matahari, akan memperoleh manfaat yang signifikan dari penggunaan energi surya, sehingga meningkatkan efektivitasnya. Penelitian ini menggunakan metodologi kuantitatif dengan kerangka deskriptif untuk mengkaji pengaruh intensitas cahaya terhadap tegangan dan arus panel surya. Berdasarkan pengukuran yang diperoleh, terlihat bahwa intensitas matahari berbanding lurus dengan kecerahannya, dengan asumsi tidak ada tutupan awan. Pada kondisi terang ideal, durasi maksimal penyerapan energi matahari dalam satu hari bisa mencapai 9 jam. Sebaliknya, durasi penyerapan optimal pada kondisi cuaca mendung atau hujan dibatasi maksimal lima jam dalam satu hari. Perhitungannya dilakukan dengan menggunakan rata-rata daya yang dihasilkan pada hari awal sebesar 30.299,76 kilowatt-jam per hari dan pada hari berikutnya sebesar 40.991,22 kilowatt-jam per hari. Terdapat korelasi positif antara intensitas radiasi matahari dan kinerja panel surya, dimana peningkatan intensitas akan menyebabkan peningkatan kinerja panel surya.

Kata Kunci : Panel surya, PLTS, intensitas radiasi matahari

PENDAHULUAN

Berdasarkan beberapa penelitian (Hasanah et al., 2018; Roza & Mujirudin, 2019; Nugraha, 2020), Indonesia termasuk dalam negara yang memiliki sumber daya energi surya yang melimpah. Energi surya digunakan untuk konversi energi melalui penggunaan sel surya, yang diintegrasikan ke dalam panel surya (Dzulfikar & Broto, 2016; Rosa & Mujirudin, 2019; Gunoto & Sofyan, 2020). Panel surya, yang dibangun menggunakan modul sel surya, memiliki kemampuan untuk menangkap energi matahari dan mengubahnya menjadi sumber listrik atau energi yang layak untuk berbagai aplikasi sehari-hari (Martawati, 2018; Shalih & Suratno, 2019; Harahap, 2020). Priatam dkk (2021) menegaskan bahwa energi matahari berfungsi sebagai sumber energi utama untuk beberapa proses terestrial. Energi matahari memainkan peran penting dalam memfasilitasi banyak proses fisik dan biologis di planet kita.

Salah satu inisiatif yang dapat dilakukan adalah pendirian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Sel fotovoltaik, juga dikenal sebagai tenaga surya atau PLTS, diperkirakan akan mendapatkan popularitas yang luas karena keserbagunaannya dalam melayani banyak aplikasi terkait di berbagai lingkungan, termasuk namun tidak terbatas pada kantor, tempat tinggal, dan domain penting lainnya. Wilayah tropis Indonesia memiliki potensi pembangkitan energi surya yang signifikan, ditandai dengan rata-rata insolasi harian berkisar antara 4,5 hingga 4,8 kilowatt-jam per hari. Intensitas radiasi matahari berperan penting dalam menentukan energi listrik yang dihasilkan sel surya (Yuliananda et al., 2015; Suryaba, 2016; Priatam et al., 2021).

Konstituen utama fotovoltaik adalah sel surya, yang memfasilitasi konversi sinar matahari menjadi energi listrik. Karakteristik fotovoltaik mencakup pembangkitan tegangan dan arus pada lokasi tertentu, yang bergantung pada variabel intensitas radiasi matahari yang terpancar (Asrul dkk., 2016; Nisrina dkk., 2022; Dela, 2017). Kestabilan daya keluaran yang dihasilkan panel surya dapat mengalami fluktuasi akibat intensitas sinar matahari dan suhu lingkungan yang berbeda-beda (Almanda & Bhaskara, 2018; Marausna, 2021; Mustofa, 2022). Dalam kondisi operasi tertentu, sistem fotovoltaik dapat menunjukkan efisiensi sebesar 10%. Artinya ketika intensitas kejadian 1.000 W/m^2 dan suhu dipertahankan pada 25°C , sistem mampu menghasilkan daya keluaran sebesar 100 watt. Intensitas sinar matahari yang diterima oleh panel surya bergantung pada berbagai faktor yang mempengaruhi, termasuk posisi astronomis lokasi pemasangan, pergerakan matahari diurnal dan tahunan, serta kondisi cuaca yang ada (Pangestuningtyas et al., 2014; Bow, 2017; Budiyanto & Setiawan, 2021).

Saat ini, Universitas Negeri Manado memiliki laboratorium yang didedikasikan untuk studi dan eksperimen Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Universitas Negeri Manado merupakan institusi pendidikan tinggi pionir di Indonesia Timur yang berhasil

mengintegrasikan solusi energi terbarukan yang inovatif, dengan penekanan khusus pada pemanfaatan energi surya. Jangka waktu operasional PLTS Universitas Negeri Manado dibatasi hingga September 2022. Namun, hingga saat ini analisis komprehensif mengenai intensitas proyek belum dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis intensitas radiasi matahari terhadap tegangan dan arus pada panel surya dan untuk menghitung daya keluaran listrik rata-rata pada panel surya di Universitas Negeri Manado.

METODE

Penelitian dilakukan di Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Universitas Negeri Manado. Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2023 selama dua hari berturut-turut, dimulai pada pukul 09.10 dan berakhir pada pukul 18.00. Menggunakan periode pengukuran 10 menit.

Penelitian dimulai dengan evaluasi literatur yang komprehensif, meliputi identifikasi dan penentuan pertanyaan penelitian, serta pemeriksaan terhadap penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik penelitian. Selanjutnya subjek penelitian khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang berada di Universitas Negeri Manado harus diteliti melalui proses pengumpulan data. Serangkaian analisis dilakukan untuk mengidentifikasi variabel-variabel dalam penyelidikan ini.

Penelitian dimulai dengan evaluasi literatur yang komprehensif, meliputi identifikasi dan penentuan kesulitan penelitian, serta pemeriksaan terhadap penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik penelitian. Selanjutnya pengumpulan data dilakukan melalui proses observasi terhadap subjek penelitian yaitu pembangkit listrik tenaga surya yang terletak di Universitas Negeri Manado. Serangkaian analisis dilakukan untuk mengidentifikasi variabel-variabel dalam penelitian ini.

Tinjauan literatur mencakup kajian berbagai sumber ilmiah, termasuk jurnal dan buku yang diterbitkan, yang berkaitan dengan intensitas radiasi matahari dan aspek teoritis sistem produksi tenaga surya (PLTS). Secara khusus fokus pada penghitungan daya listrik rata-rata pada panel surya (PLTS).

Penelitian ini melibatkan pengumpulan data yaitu data sekunder. Data sekunder mengacu pada informasi yang berasal dari sumber yang sudah ada sebelumnya. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PLTS Universitas Negeri Manado.

Tabel 1. pengukuran intensitas radiasi matahari

Waktu	Irradiance	
	Waktu pengujian	
	Hari 1	Hari 2

Tabel 2. pengukuran intensitas radiasi matahari terhadap tegangan hari pertama

Waktu	Pengujian hari 1	
	Irradiance (W/m ²)	Tegangan (v)

Tabel 3. pengukuran intensitas radiasi matahari terhadap arus hari pertama

Waktu	Pengujian hari 1	
	Irradiance (W/m ²)	Arus (i)

Tabel 4. pengukuran intensitas radiasi matahari terhadap tegangan hari kedua

Waktu	Pengujian hari 2	
	Irradiance (W/m ²)	Tegangan (v)

Tabel 5. pengukuran intensitas radiasi matahari terhadap arus hari kedua

Waktu	Pengujian hari 2	
	Irradiance (W/m ²)	Arus (i)

Perhitungan daya panel surya daya dinyatakan dalam P, Tegangan dinyatakan dalam V dan Arus dinyatakan dalam I, sehingga besarnya daya dinyatakan :

$$P = V.I$$

$$\text{Prata - rata} = \frac{\text{Jumlah Daya}}{\text{Jumlah Data}}$$

$$P_{\text{TOTAL}} = P \text{ (rata - rata) } \times \text{lama penyinaran}$$

$$P(\text{hemat}) = (P \text{ sebelum sinkron} - P \text{ sinkron})$$

Keterangan :

P : Daya (Watt)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus (Ampere)

- Prata –rata : Nilai rata-rata daya (Watt)
 PTOTAL : Nilai total keseluruhan daya (Watt)
 (hemat) : Selisih daya sebelum sinkron dan setelah sinkron (Watt)

Tabel 6. pengukuran daya hari pertama

Waktu	Pengujian hari 1		
	Tegangan (v)	Arus (i)	Daya (w)

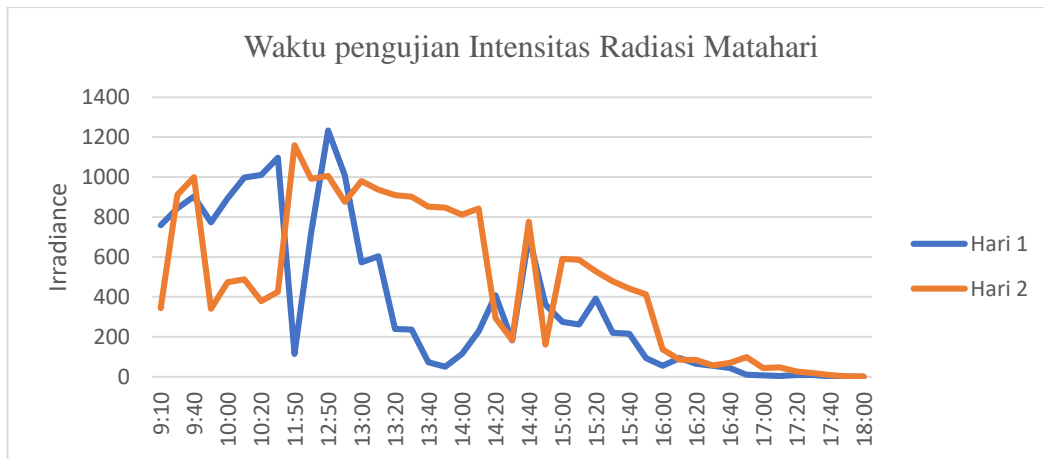
Tabel 7. pengukuran daya hari kedua

Waktu	Pengujian hari 2		
	Tegangan (v)	Arus (i)	Daya (w)

HASIL & PEMBAHASAN

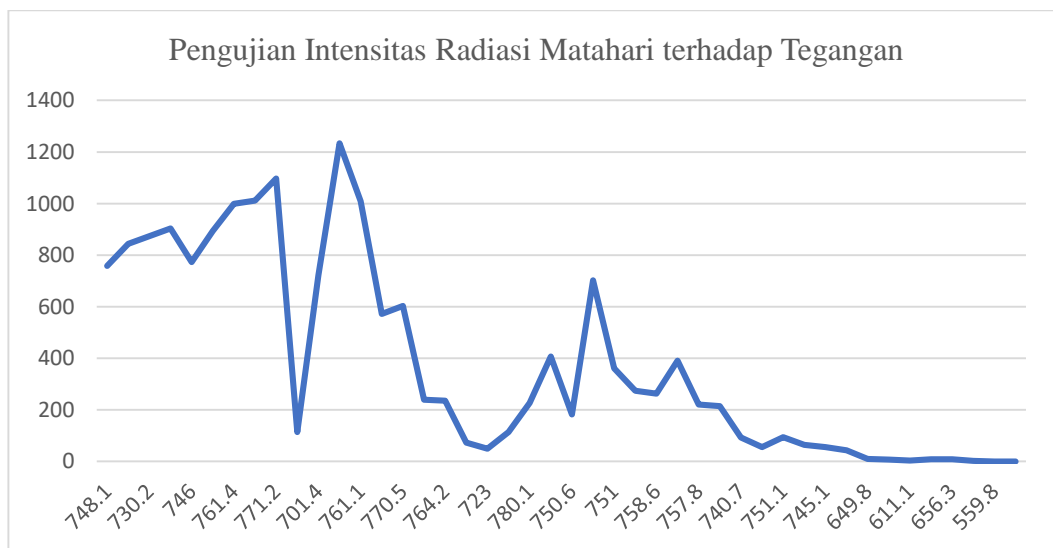
Pengukuran dilakukan di beberapa waktu dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Dalam penelitian ini, pengukuran dilakukan selama 2 hari. Dalam kurun waktu 9 jam. Data yang digunakan dalam penelitian yaitu data sekunder dengan tujuan mengetahui pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap tegangan dan arus pada panel surya serta perhitungan yang dilakukan adalah perhitungan daya listrik pada panel surya dengan berdasarkan tekanan dan arus yang dihasilkan.

Pada saat cuaca yang baik di tengah hari, tingkat intensitas radiasi matahari dapat mencapai 1000 W/m² pada permukaan bumi. Nilai tersebut relatif tergantung pada lokasi. Tingkat intensitas radiasi matahari maksimum terjadi pada saat cuaca berawan sebagian dan hari yang cerah. Dalam gambar grafik 1 memperlihatkan pengukuran intensitas radiasi matahari selama 2 hari. Hasil pengukuran hari pertama intensitas radiasi matahari pada pukul 09:10 Wita sampai 10:30 Wita mengalami peningkatan namun menurun pada pukul 11:50 Wita di kisaran 114,300 W/m². Selanjutnya mengalami peningkatan pada pukul 12:50 Wita pada kisaran 1234,100 W/m². Sedangkan pada hari kedua intensitas radiasi matahari meningkat pada pukul 09:20 Wita namun pada pukul 09:50 Wita langsung mengalami penurunan di kisaran 340,1 W/m². Dan intensitas radiasi matahari terendah pada pukul 18:00 Wita. Terlihat dari ke-2 hari tersebut hasil pengukuran sangat bervariasi selama pengukuran. Dari besarnya intensitas yang diterima oleh sel surya tidak seluruhnya diserap oleh sel surya sebagian ada yang langsung diserap ada juga yang dipantulkan tergantung besar energi dan frekuensi foton yang dibutuhkan untuk pelepasan suatu elektron dari ikatannya.



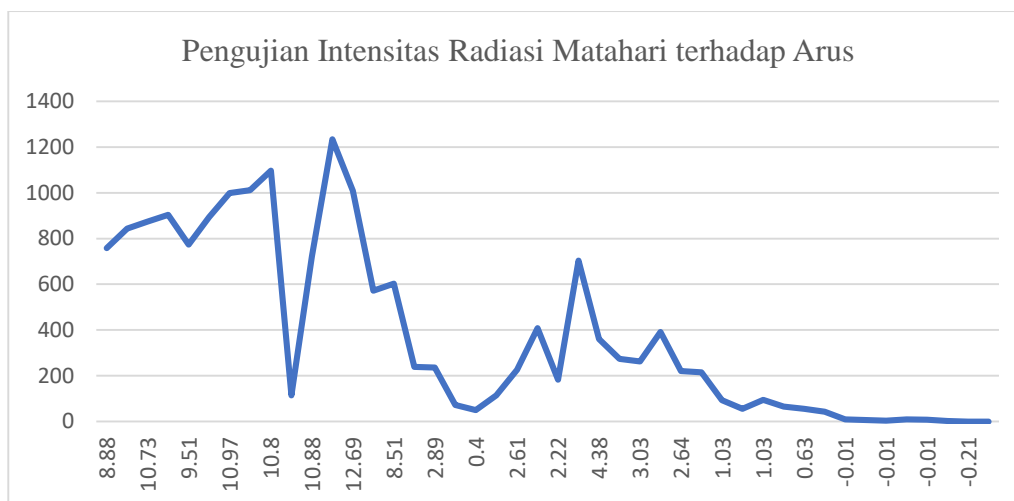
Gambar 1. grafik intensitas radiasi matahari terhadap waktu

Dalam penelitian ini, pengukuran dilakukan selama 2 hari dalam kurun waktu 9 jam, mulai pukul 09:10 Wita sampai 18:00 Wita selama sehari penyinaran. Tegangan dinyatakan dalam satuan volt. Sedangkan arus dinyatakan dalam ampere.



Gambar 2. grafik intensitas radiasi matahari terhadap tegangan hari pertama

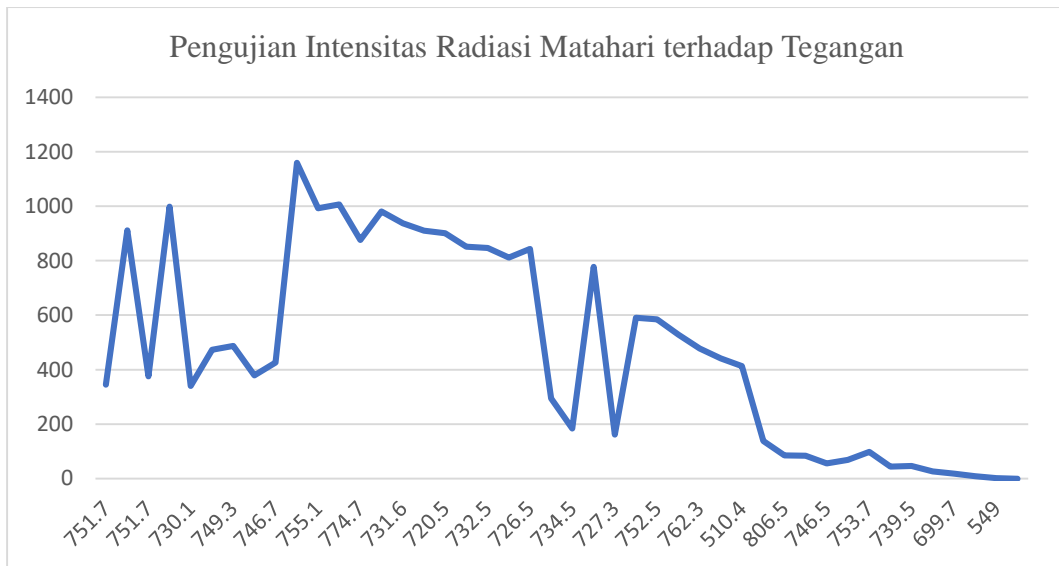
Pada pengujian intensitas radiasi matahari terhadap tegangan hari pertama terlihat grafik 2 menunjukkan bahwa intensitas radiasi matahari pada saat 758,5 W/m² tegangan listrik yang dihasilkan panel surya sebesar 748,1 volt. Intensitas radiasi matahari mengalami penurunan pada 114,3 W/m² dengan tegangan listrik yang dihasilkan yaitu 345,6 volt. Meningkat kembali di intensitas radiasi matahari 1234,100 W/m² serta merupakan intensitas radiasi matahari tertinggi dengan besar tegangan 843,5 volt.



Gambar 3. grafik intensitas radiasi matahari terhadap arus pertama

Pengujian intensitas radiasi matahari terhadap arus pada hari pertama terlihat grafik 3 dengan nilai intensitas radiasi matahari di 758,5 W/m² memiliki arus 8,88 ampere. Serta intensitas radiasi matahari mulai mengalami peningkatan sampai di 1011,300 W/m² dengan nilai arus 10,93 ampere. Dan langsung mengalami penurunan pada intensitas radiasi matahari 114,300 W/m² dengan memiliki nilai arus 2,83 ampere. Mengalami peningkatan kembali 1008,800 W/m² dengan nilai arus 12,69 ampere.

Pada pengujian hari pertama dapat dilihat pada grafik 2 dan 3 dari pengujian ini memajukan bahwa intensitas cahaya matahari mempengaruhi dari tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya, terlihat pada grafik yang menunjukkan nilai intensitas cahaya selama 9 jam penyinaran sangat bervariasi. Hubungan intensitas cahaya matahari terhadap energi listrik yang dihasilkan seperti arus dan tegangan semakin besar intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya maka semakin besar pula tegangan dan arus yang dihasilkan.



Gambar 4. grafik intensitas radiasi matahari terhadap tegangan hari kedua

Dari hasil pengujian intensitas radiasi matahari terhadap tegangan yang dihasilkan panel surya tidak serta merta mengalami kenaikan berdasarkan intensitas radiasi matahari hal ini terlihat pada grafik 4 hari kedua ketika intensitas radiasi matahari 911,7 W/m² dengan nilai tegangan 741,5 volt langsung mengalami penurunan sampai pada intensitas radiasi matahari di 375,8 W/m². Tegangan yang paling tinggi 796,7 volt dengan intensitas radiasi matahari mencapai 1159 W/m².



Gambar 5. grafik intensitas radiasi matahari terhadap arus hari kedua

Berdasarkan grafik 5 didapatkan bahwa dengan intensitas radiasi matahari 344,5 W/m² arus yang dihasilkan oleh panel surya yaitu sebesar 7,52 ampere, meningkat di intensitas 911,7 langsung menurun di intensitas 375,8 W/m² dengan nilai arus 5,52 ampere sedangkan nilai yang tertinggi pada pengujian ini yaitu pada intensitas radiasi matahari sebesar 1159 W/m² arus yang dihasilkan yaitu sebesar 11,35 ampere.

Intensitas matahari pada jam 09.10 Wita rata-rata cuaca cerah. Semakin cerah matahari dan selama tidak tertutup awan nilai intensitas matahari semakin besar nilai intensitasnya dan peningkatan intensitas matahari pada puncaknya, dimana pada hari kedua Jam 10.50 Wita dan hari kedua di jam 12:50 Wita. Perubahan penurunan nilai intensitas matahari semakin kecil dimana pada jam 18.00 Wita

Perhitungan dilakukan untuk mengetahui daya rata-rata yang dihasilkan panel surya. Perhitungan dilakukan sesuai dengan hasil pengukuran daya keluaran panel surya yang ditunjukkan dalam tabel 6 dan tabel 7. Perhitungan daya panel surya, dengan mencari rata-rata daya yang dihasilkan panel surya selama waktu penyinaran matahari dengan mengambil data sampel perhitungan maksimum.

Perhitungan hari pertama:

$$P \text{ (rata - rata)} = \frac{\text{Jumlah Total (dari jam 09.05 - jam 17:55)}}{\text{Jumlah Data (Dari jam 09.05 - jam 17:55)}}$$

$$P \text{ (rata - rata)} = \frac{148.132,313}{44}$$

$$P \text{ (rata - rata)} = 3366,64 \text{ kW}$$

$$P \text{ Total} = P \text{ (rata - rata) lama penyinaran}$$

$$P \text{ Total} = 3366,64 \times 9 \text{ jam}$$

$$P \text{ Total} = 30.299,76 \text{ kWh / hari}$$

Perhitungan hari kedua :

$$P \text{ (rata - rata)} = \frac{\text{Jumlah Total (dari jam 09.05 - jam 17:55)}}{\text{Jumlah Data (Dari jam 09.05 - jam 17:55)}}$$

$$P \text{ (rata - rata)} = \frac{200.401,623}{44}$$

$$P \text{ (rata - rata)} = 4554,58 \text{ kW}$$

$$P \text{ Total} = P \text{ (rata - rata) lama penyinaran}$$

$$P \text{ Total} = 4554,58 \times 9 \text{ jam}$$

$$P \text{ Total} = 40.991,22 \text{ kWh / hari}$$

Dalam sistem tenaga listrik daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Terlihat bahwasanya antara daya keluaran panel surya mempengaruhi besar kecilnya daya keluaran. Pada perhitungan nilai rata-rata daya dapat dilihat memiliki nilai yang berbeda dari kedua hari tersebut. Dimana pada hari pertama daya yang dihasilkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Universitas Negeri Manado yaitu 30.299,76 kWh / hari dan hari kedua daya yang dihasilkan sebesar 40.991,22 kWh / hari. Ketidakstabilan daya yang dihasilkan pada panel surya bergantung pada intensitas radiasi matahari yang diterima. Serta maksimalnya intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya dengan cara memasang panel surya dengan sudut kemiringan yang tepat agar diperoleh daya keluaran yang maksimal. Serta suhu dilingkungan sekitar pada panel surya juga sangat mempengaruhi hasil dari daya keluaran panel surya tersebut.

KESIMPULAN

Pengukuran intensitas matahari selama 2 hari di dapatkan intensitas matahari tertinggi pada hari pertama pada jam 12:50 Wita 1234,1 W/m. Semakin cerah matahari dan selama tidak tertutup awan nilai intensitas matahari semakin besar nilainya. Penyerapan energi matahari yang optimal dalam satu hari penuh saat kondisi cerah dapat mencapai 9 jam sedangkan pada kondisi cuaca yang mendung atau hujan penyerapan optimalnya kurang dari 5 jam untuk satu hari. Rata-rata daya listrik yang dihasilkan pada hari pertama sebesar 30.299,76 kWh / hari dan hari kedua sebesar 40.991,22 kWh / hari. Semakin besar intensitas maka kinerja panel surya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Almanda, D., & Bhaskara, D. (2018). Studi pemilihan sistem pendingin pada panel surya menggunakan water cooler, air mineral dan air laut. *RESISTOR (elektRONika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOmputeR)*, 1(2), 43-52.
- Asrul, A., Demak, R. K., & Hatib, R. (2016). Komparasi Energi Surya Dengan Lampu Halogen Terhadap Efisiensi Modul Photovoltaic Tipe Multicrystalline. *Jurnal Mekanikal*, 7(1).
- Bow, Y. (2017). PROTOTYPE PANEL SURYA BERBAHAN BAKU LIMBAH TRANSISTOR 2N3055. *Kinetika*, 8(2), 41-47.
- Budiyanto, B., & Setiawan, H. (2021). Analisa Perbandingan Kinerja Panel Surya Vertikal Dengan Panel Surya Fleksibel Pada Jenis Monocrystalline. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 4(1), 77-86.
- Dela, R. Y. (2017). *Investigasi Titik Daya Maksimum Photovoltaic dengan Peningkatan Daya Guna Cahaya Matahari Secara Bertahap menggunakan Reflektor* (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).

- Dzulfikar, D., & Broto, W. (2016, October). Optimalisasi pemanfaatan energi listrik tenaga surya skala rumah tangga. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)* (Vol. 5, pp. SNF2016-ERE).
- Gunoto, P., & Sofyan, S. (2020). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 Wp Untuk Penerangan Lampu Di Ruang Selasar Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan. *Sigma Teknika*, 3(2), 96-106.
- Harahap, P (2020). Pengaruh temperature permukaan panel surya terhadap daya yang dihasilkan dari berbagai jenis sel surya. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Enerrgi): Jurnal Teknologi Elektro*, 2(2), 73-80.
- Hasanah, A. W., Koerniawan, T., & Yuliansyah, Y. (2018). Kajian Kualitas Daya Listrik PLTS Sistem Off-Grid Di STT-PLN. *Energi & Kelistrikan*, 10(2), 93-101.
- Lombantobing, R F. (2019). *Pengecas Handphone Berbasis Energi Surya Dengan Sistem Pengujian Pada Baterai Lithium Ion dan Baterai Polymer*. Repository. UHN
- Marausna, G. (2021). PENGUJIAN SISTEM PENDINGIN PANEL SURYA BERBENTUK TUBULAR COOLER DENGAN SOLAR SIMULATOR UNTUK MENGUJI DAYA KELUARAN PANEL SURYA. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 7(1), 10-16.
- Martawati, M. (2018). Analisis simulasi pengaruh variasi intensitas cahaya terhadap daya dari panel surya. *Jurnal Eltek*, 16(1), 125-136.
- Mustofa, M. (2022). Pengaruh air mass matahari terhadap kinerja sel surya (photovoltaic) tipe polycrystalline. *Sultra Journal of Mechanical Engineering*, 1(1), 57-64.
- Nisrina, S., Nainggolan, B., & Silanegara, I. (2022). Analisa Output Thermolectric Generator dengan Fresnel Lens dan Solar Tracker. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin* (No. 2, pp. 1826-1833).
- Nugraha, I. M. A. (2020). Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber Energi Pada Kapal Nelayan: Suatu Kajian Literatur. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 4(2), 101-110.
- Priatam, P. P. T. D., Zambak, M. F., Suwarno, S., & Harahap, P. (2021). Analisis Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 48-54
- Pangestuningtyas, D. L., Hermawan, H., & Karnoto, K (2014). Analisis pengaruh kemiringan panel surya terhadap matahari yang diterima oleh panel surya tipe larik tetap. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 2 (4), 930-937.
- Roza, E., & Mujirudin, M. (2019). Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas Teknik UHAMKA. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 4(1), 16-30.
- Shalih, Y., & Suratno, S. (2019). Pengaruh Arah Posisi Pemasangan Panel Surya Terhadap Output Daya Keluaran. *Just TI (Jurnal Sains Terapan Teknologi Informasi)*, 11(2), 12-17.

- Shite, J. (2021). *Studi Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Intensitas Cahaya Panel Surya*. Repository. UHN.
- Suryana, D. (2016). Pengaruh temperatur/suhu terhadap tegangan yang dihasilkan panel surya jenis monokristalin (studi kasus: Baristand Industri Surabaya). *Jurnal teknologi proses dan inovasi industri*, 1(2).
- Yuliananda, S., Sarya, G., & Hastijanti, R. R. (2015). Pengaruh perubahan intensitas matahari terhadap daya keluaran panel surya. *JPM17: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(02).