

Studi Pengaruh Variasi Sudut Elevasi Panel Surya dengan Sistem Pendingin Air terhadap Daya Listrik yang Dihasilkan

Eva Hertnacahyani Herraprastanti^{a*}, Putra Bagus Damarjati Sufajara^a, Dwiki Yudhistira^a

^aJurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu, Jl. Kampus Ronggolawe Blok B No. 1 Mentul Cepu Kab. Blora

*E-mail: ev.hertna@gmail.com

Tentang naskah:

-diterima, 24 Des 2024
-direview, 29 Juli 2025
-diterbitkan, 29 Juli 2025

Kata kunci:

*matahari, panel surya,
sudut elevasi, daya panel
surya dan pendingin air.*

Keyword:

*solar, solar panel, elevation
angle, solar panel power
and water cooler.*

Intisari

Energi matahari adalah sumber energi yang bersih, ramah lingkungan, dan sangat cocok dimanfaatkan di wilayah tropis seperti Indonesia. Posisi geografis Indonesia yang terletak di dekat garis khatulistiwa memberikan keuntungan berupa ketersediaan sinar matahari yang melimpah sepanjang tahun. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan energi terbarukan, salah satunya melalui penggunaan panel surya yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sudut elevasi pada panel surya berpendingin air terhadap daya listrik yang dihasilkan. Metode yang digunakan mencakup studi literatur, persiapan dan perakitan alat, pemasangan panel, serta pengambilan data. Berdasarkan hasil pengukuran pada tabel 4.3, terlihat bahwa daya tertinggi yang dihasilkan panel surya pada sudut elevasi 0° terjadi pukul 10.00 sebesar 274,41 watt, dan daya terendah pada pukul 16.00 sebesar 130,01 watt. Pada sudut 15°, daya tertinggi tercatat pada pukul 11.00 sebesar 274,41 watt, dan terendah pada pukul 16.00 sebesar 125,29 watt. Sementara pada sudut 30°, daya tertinggi terjadi pukul 12.00 sebesar 280,68 watt, dan terendah pada pukul 16.00 sebesar 128,41 watt. Variasi daya ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, kondisi cuaca, dan sudut kemiringan panel yang disesuaikan dengan arah matahari terbit dan terbenam, khususnya pada bulan Agustus, sehingga sudut optimal sangat penting untuk memaksimalkan daya yang dihasilkan.

Abstract

Solar energy is a clean, environmentally friendly, and very suitable energy source for use in tropical regions such as Indonesia. Indonesia's geographical position located near the equator provides the advantage of abundant sunlight availability throughout the year. Therefore, it is important to develop renewable energy, one of which is through the use of solar panels that convert solar energy into electrical energy. This study aims to determine the effect of elevation angle on water-cooled solar panels on the electrical power produced. The methods used include literature study, preparation and assembly of tools, panel installation, and data collection. Based on the measurement results in table 4.3, it can be seen that the highest power produced by solar panels at an elevation angle of 0° occurred at 10.00 a.m. at 274.41 watts, and the lowest power at 4.00 p.m. was 130.01 watts. At an angle of 15°, the highest power was recorded at 11:00 a.m. at 274.41 watts, and the lowest at 4:00 p.m. at 125.29 watts. Meanwhile, at the 30° angle, the highest power occurred at 12.00 of 280.68 watts, and the lowest at 16.00 of 128.41 watts. This variation in power is affected by the intensity of sunlight, weather conditions, and the angle of tilt of the panels adjusted to the direction of sunrise and sunset, especially in August, so the optimal angle is essential to maximize the power produced.

1. Pendahuluan

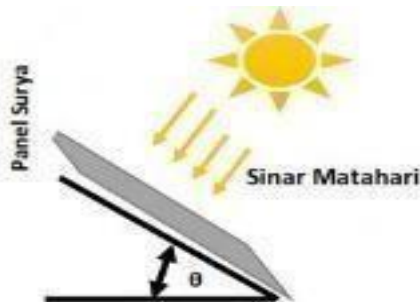
Matahari adalah salah satu jenis energi terbarukan yang bersifat bersih dan ramah lingkungan, serta sangat ideal untuk dimanfaatkan di negara beriklim tropis seperti Indonesia. Lokasi geografis Indonesia yang berada di dekat garis khatulistiwa memberikan keuntungan tersendiri karena memiliki potensi energi surya yang tinggi. Dengan intensitas energi harian mencapai 4,8–6,0 kWh/m² pada permukaan horizontal terbuka (Anoi et al., 2020). Energi matahari ini dapat dimanfaatkan baik secara langsung maupun tidak langsung. Seiring meningkatnya kebutuhan energi global

akibat pesatnya perkembangan teknologi dan ketergantungan manusia terhadap energi, dunia menghadapi krisis energi. Untuk itu, pengembangan sumber energi alternatif, seperti pemanfaatan panel surya yang mengubah energi matahari menjadi listrik, menjadi sangat penting. Di Indonesia, penggunaan energi listrik masih sangat bergantung pada sumber fosil yang terbatas, padahal potensi energi terbarukan sangat melimpah. Salah satu teknologi pemanfaatan energi surya adalah melalui efek fotovoltaiik pada panel surya, di mana semikonduktor digunakan untuk menghasilkan listrik. Namun, efisiensi panel

surya sering kali rendah dan biaya instalasi relatif tinggi, terutama jika sudut pemasangan panel bersifat tetap (Anoi et al., 2020). Menurut Isyanto & Chamdareno (2017), panas berlebih akibat paparan sinar matahari justru dapat menurunkan daya keluaran panel. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan daya keluaran panel surya melalui metode pendinginan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan suhu dari 40°C ke 20°C meningkatkan tegangan dan daya maksimum, membuktikan bahwa pendinginan dapat meningkatkan kinerja panel surya secara signifikan.

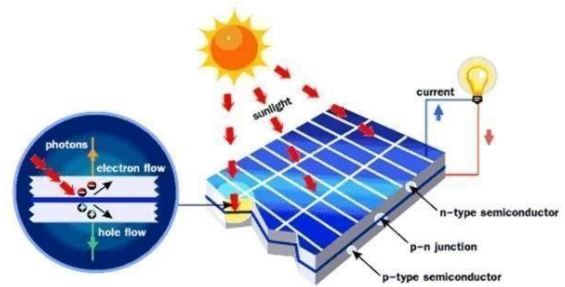
1.1 Sudut Elevasi

Sudut elevasi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, merujuk pada ketinggian posisi matahari di langit relatif terhadap cakrawala (permukaan laut sebagai acuan). Ketika matahari terbit, sudut elevasi bernilai 0°, dan mencapai 90° saat matahari berada tepat di atas kepala. Sudut ini memiliki peran penting dalam mengoptimalkan efisiensi konversi energi surya, karena mempengaruhi jumlah radiasi matahari yang dapat diterima oleh permukaan panel surya. Untuk mendapatkan hasil penyerapan sinar matahari yang maksimal, sudut elevasi panel biasanya diatur sesuai dengan letak geografis serta musim yang sedang berlangsung. Dengan penyesuaian yang tepat, panel surya dapat menerima intensitas cahaya matahari tertinggi sepanjang hari, sehingga meningkatkan daya listrik yang dihasilkan.



Gambar 1. Sudut Elevasi

Menurut Sulanjari et al. (2023), panel surya adalah perangkat yang berfungsi untuk mengkonversi energi dari sinar matahari menjadi energi listrik. Cara kerja panel surya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2, yaitu dengan menyerap radiasi matahari yang kemudian diubah menjadi arus listrik searah (DC) melalui penggunaan lapisan tipis kristal silikon (Si) sebagai bahan semikonduktor.



Gambar 2. Prinsip Kerja Panel Surya

Sel-sel silikon tersebut disusun secara seri pada sebuah panel yang umumnya terbuat dari aluminium dan dilapisi pelindung berupa kaca atau plastik. Ketika sel surya menerima paparan cahaya matahari, terjadi pergerakan elektron bermuatan positif dan negatif, yang kemudian menghasilkan aliran arus listrik. Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya umumnya berada dalam kisaran 0,5 hingga 1 volt, tergantung pada intensitas cahaya yang diterima serta jenis panel yang digunakan. Dalam penelitian ini, jenis panel surya yang digunakan adalah monocrystalline dengan kapasitas 100 watt peak (wp).

1.2 Panel Surya

Panel surya yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tipe monocrystalline, yang memiliki rasio kinerja (Performance Ratio/PR) sebesar 0,63 sebagaimana dijelaskan oleh Asrori & Yudiyanto (2019), serta efisiensi konversi energi sekitar 15% menurut Hidayat et al. (2022). Meskipun demikian, kelemahan dari jenis panel ini adalah performanya yang kurang optimal pada kondisi pencahayaan rendah, di mana efisiensi akan menurun secara signifikan saat cuaca mendung (Rif'an et al., 2012). Daya output panel akan meningkat seiring dengan bertambahnya daya input, sehingga sangat sesuai digunakan untuk aplikasi seperti pengisian baterai. Dalam kondisi pencahayaan yang memadai, panel surya monocrystalline mampu menghasilkan daya yang lebih tinggi dibanding jenis lainnya. Selain itu, panel ini memiliki usia pakai yang panjang serta ketahanan yang baik terhadap berbagai kondisi cuaca. Panel monocrystalline juga dirancang dengan struktur yang kokoh, menjadikannya mampu bertahan dalam kondisi ekstrem seperti panas terik, hujan, maupun salju, serta tetap beroperasi secara stabil dalam jangka panjang. Untuk menghitung daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya, digunakan rumus tertentu yang dijelaskan dalam bagian selanjutnya.

$$P_{\text{sel}} = V_{\text{sel}} \times I_{\text{sel}} \quad (1)$$

Dimana :

P_{sel} = Daya Panel Surya (W)

V_{sel} = Tegangan sel surya (V)

I_{sel} = Arus sel surya (A)

1.3 Solar Charge Controller (SCC)

Solar Charge Controller (SCC) merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengatur aliran arus searah (DC) dari panel surya ke baterai, serta dari baterai ke beban (Junaldy et al., 2019). Alat ini berperan penting dalam mencegah pengisian berlebih (overcharging) dan melindungi sistem dari kelebihan tegangan yang berasal dari panel surya. Pengisian atau tegangan yang melebihi batas dapat memperpendek umur pakai baterai (Suyanto et al., 2022).

Beberapa fungsi utama dari SCC antara lain:

1. Mengontrol arus pengisian ke baterai untuk menghindari pengisian berlebihan dan mengatasi tegangan berlebih dari panel surya.
2. Mengelola arus yang dikeluarkan dari baterai ke beban agar tidak terjadi kelebihan pengosongan atau pembebanan.
3. Memantau secara terus-menerus arus dan tegangan yang masuk ke baterai untuk memastikan sistem berjalan stabil dan efisien.
4. Tampilan perangkat SCC ditunjukkan pada Gambar 3, yang memperlihatkan antarmuka dan indikator pemantauan arus serta tegangan secara real-time.



Gambar 3. Solar Charge Controller (SCC)

1.4 Baterai

Baterai merupakan salah satu elemen penting dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya yang berperan sebagai tempat penyimpanan energi listrik yang dihasilkan dari panel surya. Selain sebagai tempat penyimpanan, baterai juga digunakan sebagai sumber energi bagi berbagai perangkat elektronik. Prinsip kerjanya melibatkan perubahan energi kimia menjadi energi listrik melalui proses reaksi elektrokimia dan oksidasi di dalam sel baterai. Tampilan fisik baterai dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Baterai

1.5 Pendingin Air

Sistem pendinginan pada panel surya dalam penelitian ini dirancang dengan metode penyemprotan air selama 15 menit sebelum proses pengambilan data dilakukan. Air dialirkan dari bak penampung menuju permukaan panel surya melalui selang, dengan bantuan pompa bertenaga arus searah (DC). Komponen inti dalam sistem pendinginan ini terdiri dari pompa DC, selang, dan pipa paralon yang berperan dalam menyalurkan air secara merata ke seluruh permukaan panel surya.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui sembilan tahapan sistematis. Tahap pertama adalah studi literatur, yaitu pencarian dan pengumpulan informasi yang relevan dengan topik penelitian. Langkah kedua mencakup persiapan peralatan dan material yang diperlukan untuk penelitian, termasuk panel surya, pompa air DC, selang, bak penampung air, serta pengatur sudut panel. Selanjutnya, pada tahap ketiga dilakukan proses perakitan dan pemasangan seluruh komponen sistem. Tahap keempat adalah pengujian sistem pendingin air, dengan memastikan air dari bak penampung berhasil dipompa ke permukaan panel surya melalui selang, dan kembali lagi ke bak secara sirkulatif selama 15 menit sebelum pengambilan data.

Tahap kelima mencakup pengukuran intensitas cahaya matahari di lokasi penelitian, yakni di kawasan wisata Bukit Kunci. Tahap keenam adalah eksperimen pengambilan data daya keluaran dari panel surya berpendingin dan tanpa pendingin pada sudut elevasi 0°, 15°, dan 30°, serta pengukuran suhu permukaan panel menggunakan Termogun. Kemudian, pada tahap ketujuh dilakukan pengukuran intensitas radiasi matahari untuk mengetahui besarnya energi matahari yang diterima permukaan panel.

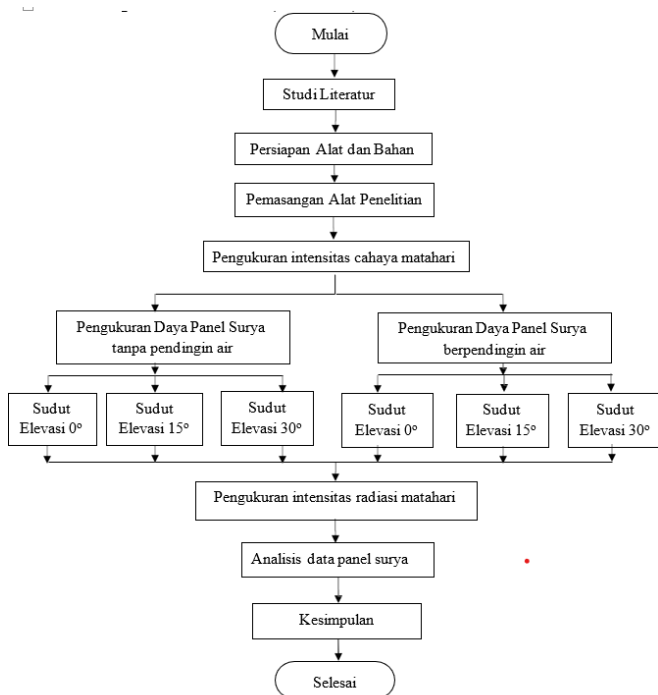
Tahap kedelapan adalah analisis data, yang bertujuan untuk menentukan sudut elevasi yang menghasilkan daya maksimum serta menyajikan hasil dalam bentuk tabel dan grafik. Jika data yang dianalisis sesuai dengan harapan dan mendukung tujuan penelitian, maka tahap ini dianggap selesai. Terakhir,

tahap kesembilan adalah penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan.

2.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5. Proses dimulai dengan studi literatur sebagai langkah awal untuk memahami teori-teori dasar, konsep yang relevan, serta hasil-hasil penelitian sebelumnya terkait panel surya. Setelah itu, dilakukan tahap persiapan alat dan bahan, yang mencakup perangkat utama seperti panel surya, alat pengukur, dan komponen pendukung lainnya. Tahap selanjutnya adalah pemasangan alat-alat penelitian di lokasi yang telah ditentukan, diikuti dengan pengukuran intensitas cahaya matahari sebagai salah satu variabel penting dalam percobaan.

Kemudian dilakukan pengambilan data daya listrik dari panel surya dengan variasi sudut elevasi, yakni pada sudut 0° (datar), 15° , dan 30° . Selain mengukur daya, intensitas radiasi matahari pada masing-masing sudut juga dicatat guna melengkapi data yang dibutuhkan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh perbedaan sudut terhadap daya keluaran panel surya. Berdasarkan hasil analisis tersebut, ditentukan sudut optimal yang mampu menangkap radiasi matahari secara maksimal. Penelitian ini disusun secara sistematis untuk mengevaluasi efisiensi kerja panel surya dengan pendekatan variasi sudut elevasi sebagai parameter utama.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

2.2 Skema Rangkaian Panel Surya

Skema rangkaian panel surya terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu panel surya, solar charge controller (SCC), dan baterai. Ketika sinar matahari mengenai permukaan panel surya, energi panas dari matahari dikonversi menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan berupa arus searah (DC). Selanjutnya, arus listrik ini dialirkan ke solar charge controller yang berfungsi untuk mengatur proses pengisian daya ke baterai secara aman dan efisien.



Gambar 6. Skema Rangkaian Panel Surya

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran meliputi pengukuran intensitas cahaya matahari, pengukuran daya panel surya, dan intensitas radiasi matahari. Hasil pengukuran intensitas cahaya matahari menggunakan alat ukur lux meter dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran intensitas cahaya matahari

Waktu Pengukuran	Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari (Lumen)			Rerata
Jam 09.00	970	950	970	963,33
Jam 10.00	1071	1033	1080	1061,33
Jam 11.00	1077	1046	1087	1070,00
Jam 12.00	1080	1040	1083	1067,67
Jam 13.00	1058	1036	1056	1050,00
Jam 14.00	802	920	1014	912,00
Jam 15.00	733	730	881	781,33
Jam 16.00	470	420	731	540,33

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari tertinggi umumnya terjadi sekitar pukul 11.00 hingga 12.00, sedangkan yang terendah terjadi pada pukul 16.00. Pada pengukuran pertama, nilai tertinggi tercatat pukul 12.00 sebesar 1080 lux dan terendah pukul 16.00 sebesar 470 lux. Pengukuran kedua menunjukkan puncak intensitas pada pukul 11.00 sebesar 1046 lux, dan terendah 420 lux pada pukul 16.00.

Sementara itu, pengukuran ketiga juga menunjukkan nilai tertinggi pada pukul 11.00 sebesar 1087 lux dan terendah 731 lux pada pukul 16.00. Berdasarkan Tabel 1, rata-rata intensitas cahaya matahari tertinggi terjadi pukul 11.00 sebesar 1070 lux, sedangkan rata-

rata terendah pada pukul 16.00 sebesar 540,33 lux.

Pengukuran berikutnya adalah daya panel surya yang dirumuskan pada persamaan (2). Berikut merupakan pengukuran Daya Panel Surya yang disampaikan pada Tabel 2.

Table 2. Hasil Pengukuran Panel Surya

Waktu	Cuaca	Pengujian Sudut 0°			Pengujian Sudut 15°			Pengujian Sudut 30°		
		Vsel (V)	Isel (A)	Daya Watt	Vsel (V)	Isel (A)	Daya Watt	Vsel (V)	Isel (A)	Daya Watt
09.00	cerah	15,36	14,2	218,11	17,02	14,2	241,68	17,05	14,6	248,93
10.00	cerah	15,68	14,5	227,36	17,90	14,4	257,76	17,12	14,9	255,09
11.00	cerah	16,66	14,8	246,57	18,02	14,8	266,70	18,58	15,7	291,71
12.00	cerah	17,63	14,8	260,92	17,63	14,6	257,40	17,71	14,8	262,11
13.00	cerah	13,37	13,6	181,83	14,04	11,5	161,46	16,84	14,2	239,13
14.00	cerah	13,31	10,8	143,75	13,57	11,0	149,27	13,82	11,3	156,17
15.00	cerah	13,04	10,6	138,22	12,95	10,5	135,98	12,87	10,5	135,14
16.00	cerah	12,86	10,4	133,74	12,54	10,2	127,91	12,56	10,3	129,37

Berdasarkan Tabel 2, daya tertinggi yang dihasilkan panel surya pada sudut 0° terjadi pada pukul 10.00 dengan nilai 274,41 watt, sedangkan nilai terendah tercatat pada pukul 16.00 sebesar 130,01 watt. Pada sudut 15°, daya maksimum diperoleh pukul 11.00 sebesar 274,41 watt, dan minimum pada pukul 16.00

sebesar 125,29 watt. Sementara itu, pada sudut 30°, daya tertinggi tercapai pukul 12.00 sebesar 280,68 watt, dan terendah pada pukul 16.00 sebesar 128,41 watt.

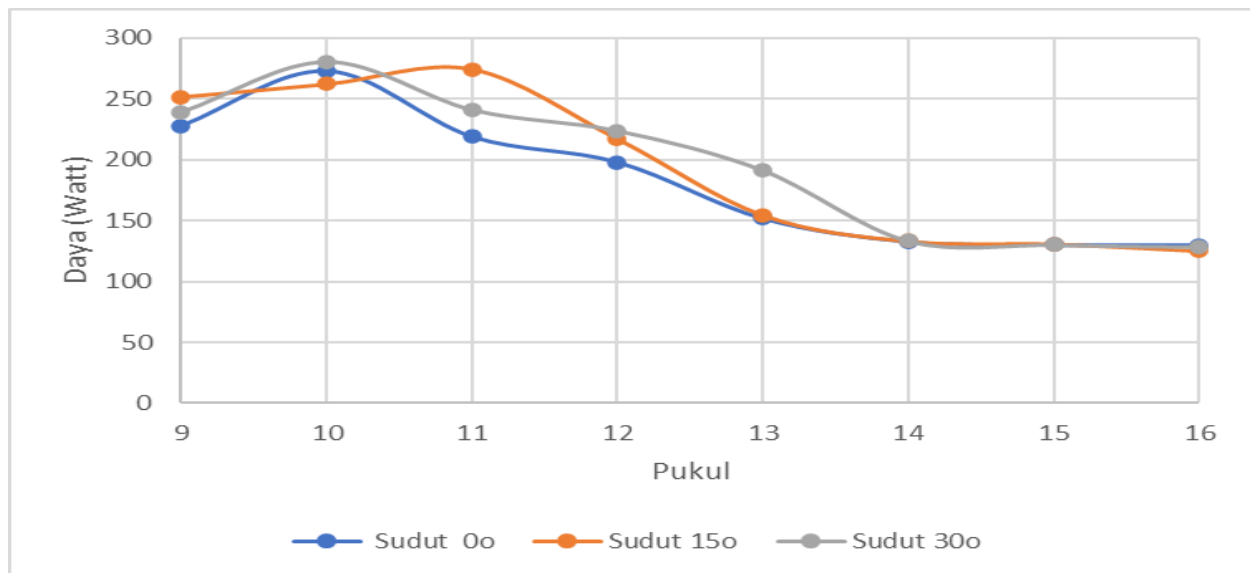
Tabel 3. Hasil Pengukuran Panel Surya Berdasarkan Suhu

Waktu	cuaca	Pengujian Sudut 0°				Pengujian Sudut 15°				Pengujian Sudut 30°			
		Vsel (V)	Isel (A)	Daya Watt	Suhu (°C)	Vsel (V)	Isel (A)	Daya Watt	Suhu (°C)	Vsel (V)	Isel (A)	Daya Watt	Suhu (°C)
09.00	cerah	17.44	13.09	228.23	38	17.46	14.42	251.77	39	17.05	14.04	239.38	38
10.00	cerah	18.17	15.04	273.28	40	17.46	15.02	262.25	43	18.70	15.01	280.68	42
11.00	cerah	16.76	13.07	219.05	39	18.27	15.02	274.42	41	17.18	14.04	241.20	40
12.00	cerah	15.16	13.06	197.99	32	16.67	13.03	217.21	38	17.20	13.02	223.93	39
13.00	cerah	13.78	11.02	151.86	30	14	11.04	154.56	31	13.89	11.04	191.31	33
14.00	cerah	13.18	10.07	132.72	29	13.22	10.08	133.26	31	13.22	10.08	133.25	30
15.00	cerah	12.95	10.05	130.15	26	13.02	10.06	130.98	30	12.95	10.05	130.14	28
16.00	cerah	12.95	10.04	130.02	25	12.48	10.04	125.30	30	12.79	10.04	128.41	26
Rata-rata				182.92				193.72				196.04	

Pada Tabel 3 terlihat bahwa daya tertinggi panel surya pada sudut 0° tercatat pukul 10.00 sebesar 274,41 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 16.00 dengan nilai 130,01 watt. Pada sudut 15°, nilai tertinggi tercapai pukul 11.00 sebesar 274,41 watt, dan nilai terendah pada pukul 16.00 sebesar 125,29 watt. Sementara itu, pada sudut 30°, daya

maksimum dicapai pukul 12.00 sebesar 280,68 watt, dan minimum pada pukul 16.00 sebesar 128,41 watt.

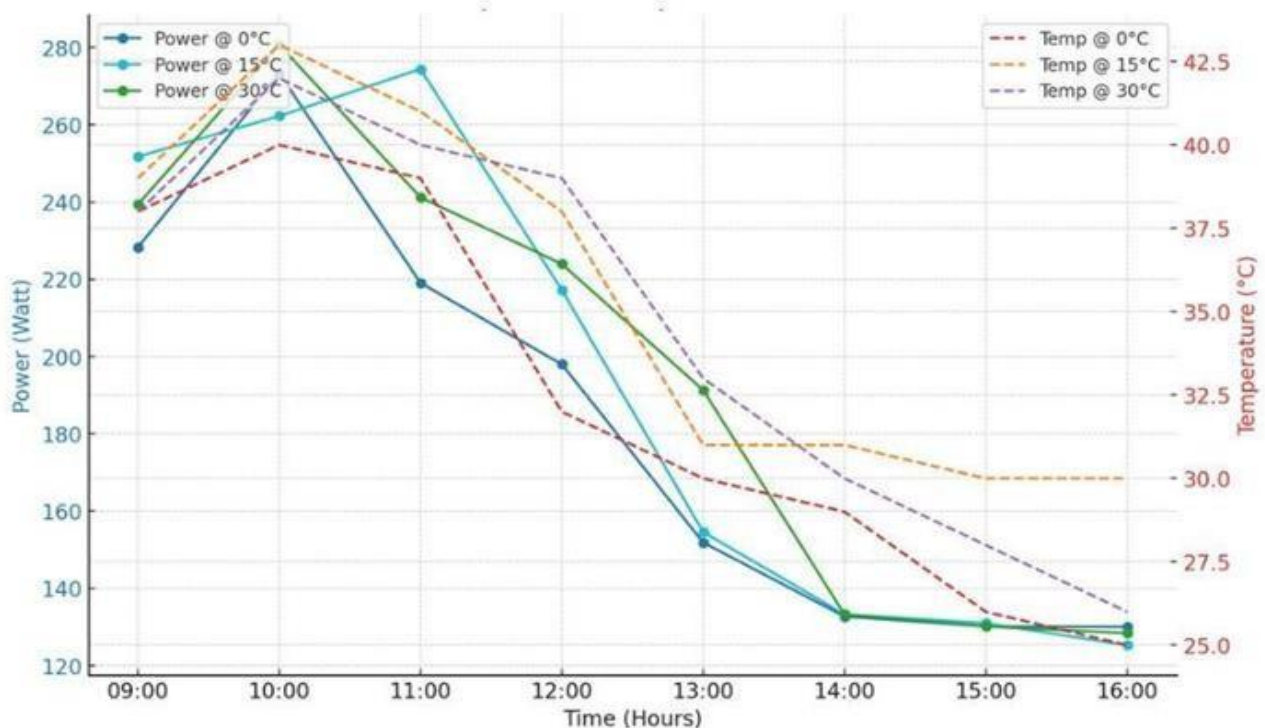
Untuk melihat pengaruh sudut elevasi terhadap daya yang dihasilkan, visualisasi data disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Pengaruh Sudut Elevasi Berpendingin Air terhadap Daya yang dihasilkan

Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa peningkatan sudut elevasi panel surya berbanding lurus dengan peningkatan daya yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena semakin besar sudut panel surya berpendingin air, semakin optimal permukaan panel menerima cahaya matahari.

Akibatnya, arus dan tegangan yang dikonversi menjadi energi listrik pun meningkat. Hubungan antara sudut elevasi dan intensitas radiasi matahari dapat dilihat lebih lanjut pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hubungan Daya terhadap Suhu

Pada Gambar 8 terlihat bahwa kenaikan suhu panel surya cenderung diikuti oleh peningkatan daya yang dihasilkan. Kinerja panel surya

mencapai titik optimal saat berada pada sudut elevasi 30° dengan suhu 42°C, di mana daya

maksimum yang dihasilkan mencapai 280,68 watt

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa sudut elevasi 30° dengan sistem pendingin air menghasilkan daya tertinggi, yaitu sebesar 196,04 watt. Penyesuaian sudut elevasi serta arah pemasangan panel disesuaikan dengan posisi matahari terbit dan terbenam pada bulan Agustus untuk memaksimalkan penyerapan sinar matahari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa hormat, kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam mendukung penelitian ini. Secara khusus, kami berterima kasih kepada STT Ronggolawe atas bantuan pendanaan yang telah diberikan, sehingga seluruh proses penelitian dapat terlaksana dengan baik dan tanpa hambatan. Selain bantuan dana, dukungan berupa motivasi serta penyediaan fasilitas juga sangat berperan dalam kelancaran dan penyelesaian seluruh tahapan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Albahar, A. K., & Haqi, M. F. (2020). Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya (Pv) Terhadap Keluaran Daya. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, 8(2), 115–122.
- Anoi, Y. H., Yani, A., & W, Y. (2020). Analisis sudut panel solar cell terhadap daya output dan efisiensi yang dihasilkan. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(2), 0–5. <https://doi.org/10.24127/trb.v8i2.1051>
- Fallo, A. M., Jafri, M., & H Adoe, D. G. (2023). Analisis Efisiensi Panel Surya Menggunakan Reflektor Dan Sistem Pendingin Berbasis Mikrokontroler. 25(2), 61–69.
- Isyanto, H., & Chamdareno, P. G. (2017). Pendingin untuk peningkatan daya keluaran panel surya. November, 1–2.
- Rosalina, R. (2020). Desain Sudut Elevasi Panel Surya Untuk Penerangan Jalan. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 5(2502), 173–182. <https://doi.org/10.22236/teknoka.v5i.363>
- Syatauw, N. S. F., Simanjuntak, A., & Titahelu, N. (2023). Analisis kinerja panel surya akibat pendinginan aktif. *Isometri*, 2(1).