

STUDI KINERJA *PHOTOVOLTAIC MONOCRYSTALLINE* DENGAN SISTEM PENDINGIN UDARA

Hanif Choiru Rifai; Ir. Nurmuntaha Agung Nugraha, S.T., M.T
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Permintaan global akan energi telah meningkat karena pertumbuhan populasi dan membaiknya situasi ekonomi di sebagian besar dunia, sehingga diperlukan energi alternatif untuk mengurangi penggunaan energi fosil, salah satunya yaitu energi matahari. PV merupakan salah satu alternatif yang menarik karena ramah lingkungan. Panel surya mengubah secara langsung cahaya matahari menjadi listrik, tetapi suhu panel surya menjadi terlalu panas karena radiasi matahari yang berlebih dan suhu sekitar, sehingga kinerja panel surya kurang optimal. Tujuan penelitian ini adalah menurunkan suhu panel surya dengan menggunakan sistem pendingin agar panel surya bekerja dengan optimal. Penelitian ini menggunakan perbandingan kinerja dua panel surya dengan sudut 20° dan menghadap ke arah utara. Pada salah satu panel surya dirancang dengan sistem pendinginan udara. Penelitian dilakukan selama tiga hari pada bulan oktober 2022 dengan kondisi cuaca yang berbeda. Parameter uji mencakup arus, tegangan, temperatur, daya, dan efisiensi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kinerja panel surya dengan sistem pendingin lebih baik dari panel surya tanpa sistem pendingin. Peningkatan diindikasikan dengan kenaikan arus, tegangan, daya, efisiensi, dan penurunan suhu panel surya. Efisiensi panel surya dengan sistem pendingin meningkat yaitu pada cuaca berawan ($37,14^\circ\text{C}$) sebesar 15,9%, pada cuaca cerah berawan ($38,2^\circ\text{C}$) sebesar 16,25%, dan pada cuaca cerah ($40,3^\circ\text{C}$) sebesar 14,18%.

Kata Kunci : panel surya, sitem pendingin, pendingin air sirkulasi alami, energi matahari

Abstract

Global demand for energy has increased due to population growth and the improving economic situation in most parts of the world, so alternative energy is needed to reduce the use of fossil energy, one of which is solar energy. PV is an attractive alternative because it is environmentally friendly. Solar panels convert sunlight directly into electricity, but the temperature of the solar panels becomes too hot due to excess solar radiation and ambient temperature, so that the performance of the solar panels is less than optimal. The purpose of this research is to reduce the temperature of the solar panels by using a cooling system so that the solar panels work optimally. This study uses a comparison of the performance of two solar panels with an angle of 20° and facing north. On one of the solar panels is designed with an air cooling system. The research was conducted for three days in October 2022 with different weather conditions. The test parameters include current, voltage, temperature, power and efficiency. The test results show that the performance of solar panels with a cooling system is better than solar panels without a cooling system. The increase is indicated by an increase in current, voltage, power, efficiency, and a decrease in solar panel temperature. The efficiency of solar panels with a cooling system increases, namely on cloudy weather (37.14°C) by 15.9%, on cloudy sunny weather (38.2°C) by 16.25%, and on sunny weather (40.3°C) by 14.18%.

Keywords : solar panels, cooling systems, natural circulating water coolers, solar energy

1. PENDAHULUAN

Permintaan global akan energi telah meningkat karena pertumbuhan populasidan membaiknya situasi ekonomi di sebagian besar dunia. Sementara permintaan energi meningkat, sumber utamanya, yaitu

bahan bakar fosil, mulai habis karena konsumsi yang berlebihan. Aktivitas manusia akibat konsumsi energi dan polusi yang ditimbulkan telah menyebabkan perubahan kondisi cuaca yang sangat cepat, seperti pemanasan global, mencairnya es di kutub utara dan selatan, serta kerusakan lapisan ozon. Masalah pencemaran lingkungan dan pemanasan global dapat dikurangi di masa depan dengan menggunakan energi terbarukan seperti energi matahari, khususnya energi surya berbasis teknologi photovoltaic (PV). PV digunakan untuk mengubah energi matahari (cahaya) menjadi energi listrik DC. PV lebih menarik berkat banyak keuntungan yang menjanjikan, seperti kurangnya perawatan yang serius dan biaya operasi yang rendah, umur panjang, dan pengurangan emisi CO₂, menghasilkan lingkungan yang bersih untuk generasi mendatang. Oleh karena itu, sistem penyimpanan energi PV diperlukan untuk mencegah fluktuasi produksi tenaga listrik (Al-Waeli et al., 2019).

Konversi radiasi matahari menjadi energi listrik adalah cara paling nyaman dalam pemanfaatan energi matahari. Keuntungan dari menggunakan efek fotovoltaiik (Photovoltaic/PV) untuk menghasilkan energi listrik adalah bersih, tidak menimbulkan suara/hening, usia pakai lama dan pemeliharaan yang rendah. PV secara langsung mengubah radiasi matahari menjadi listrik dengan efisiensi puncak antara 9-12%. Lebih dari 80% dari radiasi matahari tidak dikonversikan ke energi listrik, tetapi terpantulkan atau diubah menjadi energi panas. Hal ini menyebabkan kenaikan suhu kerja sel PV dan akibatnya menurunkan efisiensi konversi energi listrik (Dubey et al., 2009). Untuk mengatasi masalah ini, banyak jenis penelitian telah dilakukan pada pendinginan panel PV. Secara khusus, cara sederhana adalah dengan mendinginkan panel dengan fluida perpindahan panas seperti air atau udara. Dalam sistem PV, tujuannya adalah untuk mengekstrak panas ekstra dari permukaan PV dengan menggunakan fluida. Fluida dapat mengalir melalui sistem dengan cara sirkulasi alami atau paksa. Namun, perlu menggunakan pompa (untuk air) atau kipas (untuk udara) untuk menghasilkan konveksi paksa. Sirkulasi udara alami atau paksa adalah cara sederhana dan murah untuk menghilangkan panas dari panel PV (Choubineh et al., 2019). Hipotesis penelitian ini adalah mengurangi panas pada PV menggunakan sistem pendingin udara untuk meningkatkan efisiensi dari PV tersebut.

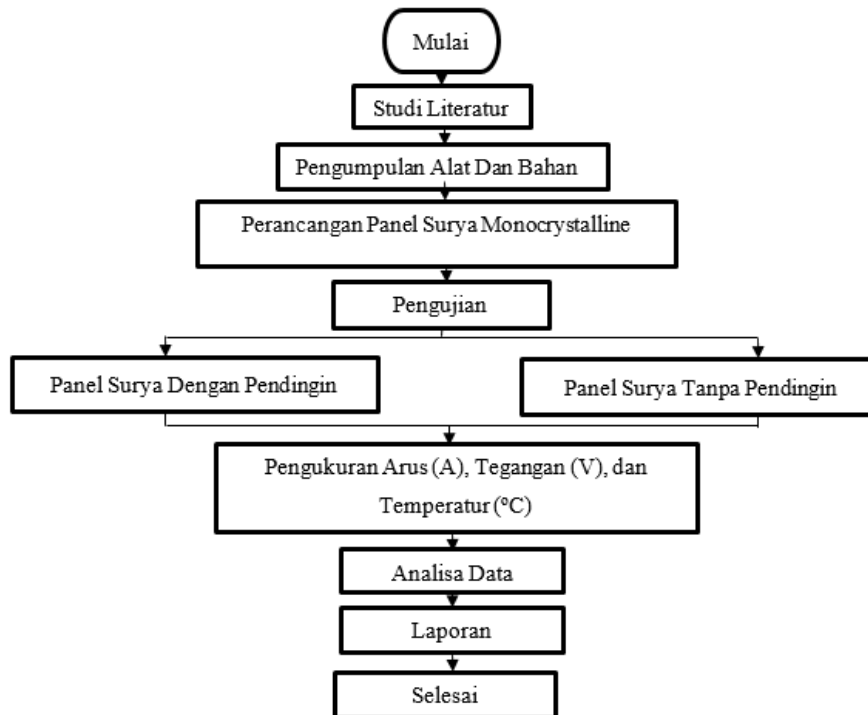
Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui perbedaan temperatur permukaan PVT, tegangan, arus, dan efisiensi yang dihasilkan oleh PVT tanpa dan menggunakan pendingin udara. Berdasarkan masalah dan tujuan penelitian, maka judul yang dipilih adalah “Studi Kinerja *Photovoltaic Monocrystalline* Dengan Sistem Pendingin Udara”.

2. METODE

Penelitian dan pengujian dilaksanakan pada tanggal 27-29 Oktober 2022 dengan koordinat Gedung Pascasarjana UMS pukul 11.00 – 15.00 WIB.

2.1 Alur Penelitian

Urutan langkah penelitian dijelaskan menggunakan diagram alir penelitian yang terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.2 Variabel Penelitian

Variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini adalah kinerja panel surya jenis *monocrystalline* meliputi tegangan, arus, temperatur permukaan panel surya, dan temperatur lingkungan. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah penambahan pendingin sirkulasi pompa pada panel surya jenis *monocrystalline*. Sedangkan variabel kontrol pada penelitian ini adalah sudut yang di atur pada panel surya yaitu 20° dan waktu pengambilan data yaitu per 15 menit untuk mengetahui tegangan, arus, temperatur, dan temperatur lingkungan.

2.3 Spesifikasi Panel Surya

Spesifikasi panel surya yang digunakan dalam penelitian termasuk dalam jenis *monocrystalline* seperti yang terdapat pada gambar 2 dan tabel 1.



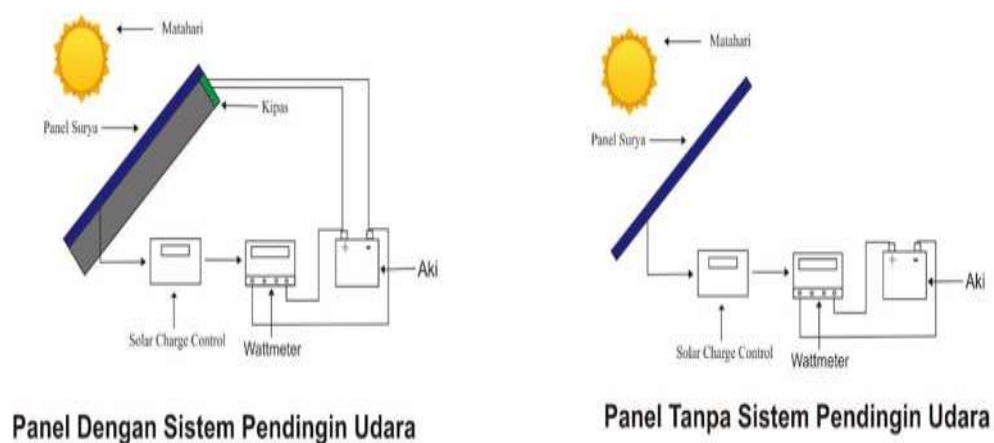
Gambar 2. Panel surya jenis *monocrystalline*

Tabel 1. Spesifikasi panel surya

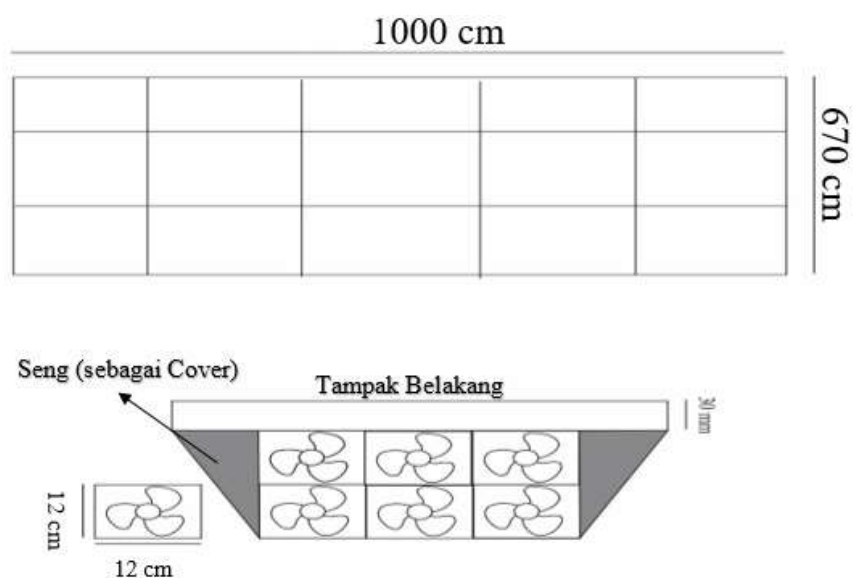
Spesifikasi	Keterangan
Merek	Solana
Jenis	Monocrystalline
Daya Maksimal	100wp
Tegangan Operasi Optimal	18,1 V
Arus Operasi Optimal	5,52 A
Tegangan Terbuka	22,1 V
Arus Hubungan Singkat	5,86 A
Dimensi	1000x670x30 mm
Berat	8 kg

2.4 Skema Pengujian

Skema instalasi pengujian panel surya pada pengujian ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Skema pengujian



Gambar 4. Konstruksi sistem pendingin

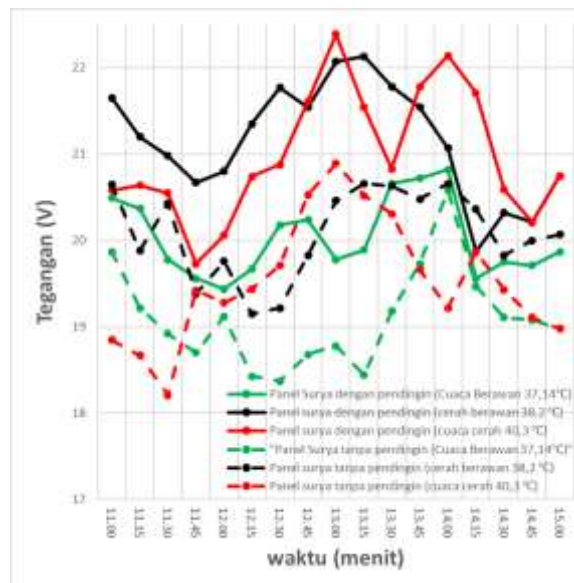
2.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dalam pengambilan data tegangan, arus, temperature permukaan panel surya, dan temperature lingkungan adalah sebagai berikut:

1. Membuat *frame* sebagai penyangga panel surya.
2. Melakukan uji alat ukur yang digunakan guna menghindari kerusakan dan *error*.
3. Memasang pendingin udara di bawah PV menghadap ke arah depan dan memastikan udara tersirkulasi.
4. Meletakkan panel surya diatas *frame* dan mengatur sudutnya sebesar 20°.
5. Menyambungkan PV dengan SCC (*solar charge controller*) dan melanjutkannya ke *Wattmeter* lalu di sambungkan dengan aki.
6. Melakukan pengambilan data berupa tegangan, arus, temperatur permukaan panel surya, dan temperatur lingkungan setiap 15 menit sekali yang dilakukan dari jam 11.00 sampai 15.00.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tegangan



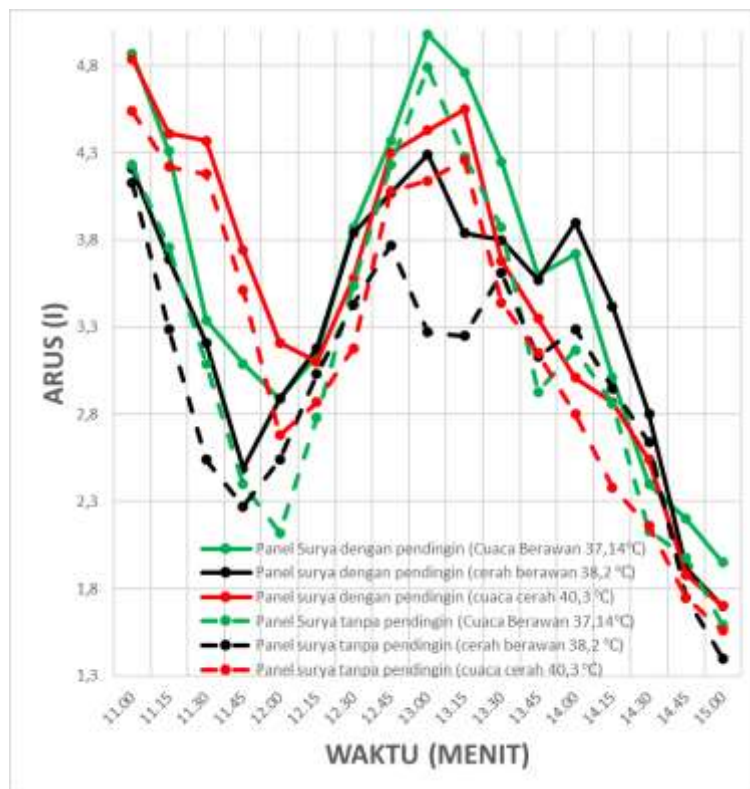
Gambar 4. Karakteristik tegangan

Tabel 2. Rata-rata tegangan harian

Rata-Rata Harian			
Hari	Tegangan (V) PV	Tegangan (V) PV	Selisih (%)
	Dengan Pendingin	Tanpa Pendingin	
Cuaca berawan (37,14 °C)	20,02	19,09	4,64
Cuaca cerah berawan (38,2 °C)	21,15	20,85	5,07
Cuaca cerah (40,3 °C)	20,98	19,53	6,9

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4 dan pada Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian tegangan selama tiga hari dengan kondisi cuaca yang berbeda menunjukkan perubahan temperatur pada panel menyebabkan nilai rata-rata tegangan harian, pada cuaca berawan ($37,14^{\circ}\text{C}$) panel surya dengan pendingin sebesar 20,02 V dan panel surya tanpa pendingin sebesar 19,09 V. Dari hasil penelitian terdapat peningkatan tegangan sebesar 4,64%. Pada cuaca cerah berawan ($38,2^{\circ}\text{C}$) panel surya dengan pendingin memiliki nilai sebesar 21,15 V dan panel surya tanpa pendingin memiliki nilai sebesar 20,85 V. Dari hasil penelitian terdapat peningkatan tegangan sebesar 5,07%. Pada cuaca cerah ($40,3^{\circ}\text{C}$) panel surya dengan pendingin memiliki nilai sebesar 20,98 V dan panel surya tanpa pendingin memiliki nilai sebesar 19,53 V. Dari hasil penelitian terdapat peningkatan tegangan sebesar 6,9%.

3.2 Arus (I)



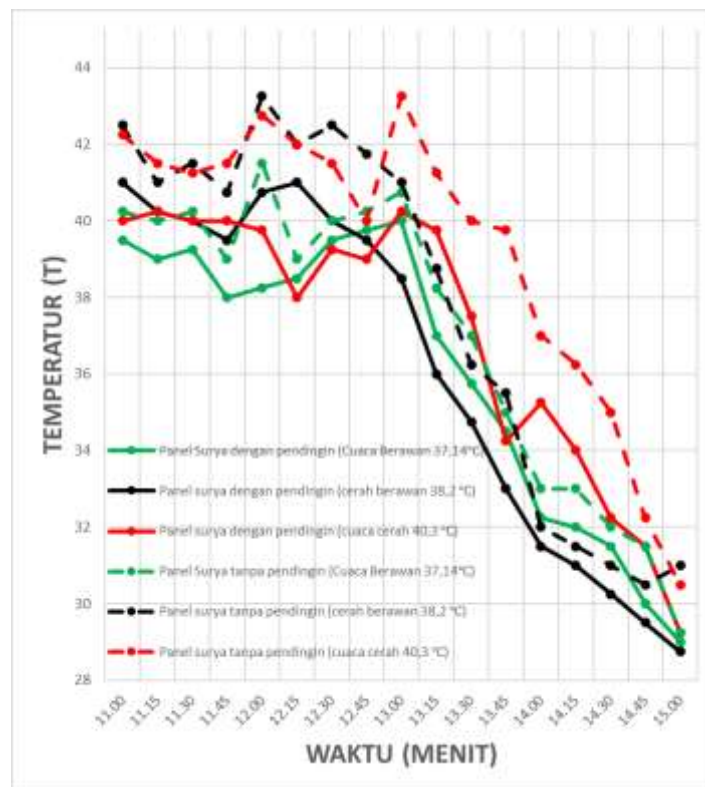
Gambar 5. Karakteristik arus

Tabel 3. Rata-rata arus harian

Rata-Rata Harian			
Hari	Arus (I) PV		Selisih (%)
	Dengan Pendingin	Tanpa Pendingin	
Cuaca berawan ($37,14^{\circ}\text{C}$)	3,57	3,1	11,5
Cuaca cerah berawan ($38,2^{\circ}\text{C}$)	3,3	2,9	11,4
Cuaca cerah ($40,3^{\circ}\text{C}$)	3,5	3,2	7,8

Berdasarkan Gambar 5 dan Tabel 3 diketahui terjadi peningkatan besar arus pada panel dengan system pendingin dan tanpa pendingin. Penyebab terjadinya peningkatan arus dikarenakan penambahan sistem pendingin yang mengakibatkan penurunan temperatur. Hal ini ditunjukkan pada nilai rata rata arus harian, pada cuaca berawan ($37,14^{\circ}\text{C}$) panel surya dengan pendingin memiliki nilai sebesar 3,57 A dan panel surya tanpa pendingin memiliki nilai sebesar 3,1 A. Dari hasil penelitian terdapat peningkatan arus sebesar 11,5%. Pada cuaca cerah berawan ($38,2^{\circ}\text{C}$) panel surya dengan pendingin memiliki nilai sebesar 3,3A dan panel surya tanpa pendingin memiliki nilai sebesar 2,9 A. Dari hasil penelitian terdapat peningkatan arus sebesar 11,4%. Pada cuaca cerah ($40,3^{\circ}\text{C}$) panel surya dengan pendingin memiliki nilai sebesar 3,5A dan panel surya tanpa pendingin memiliki nilai sebesar 3,2A. Dari hasil penelitian terdapat peningkatan arus sebesar 7,8%.

3.3 Tempetatur



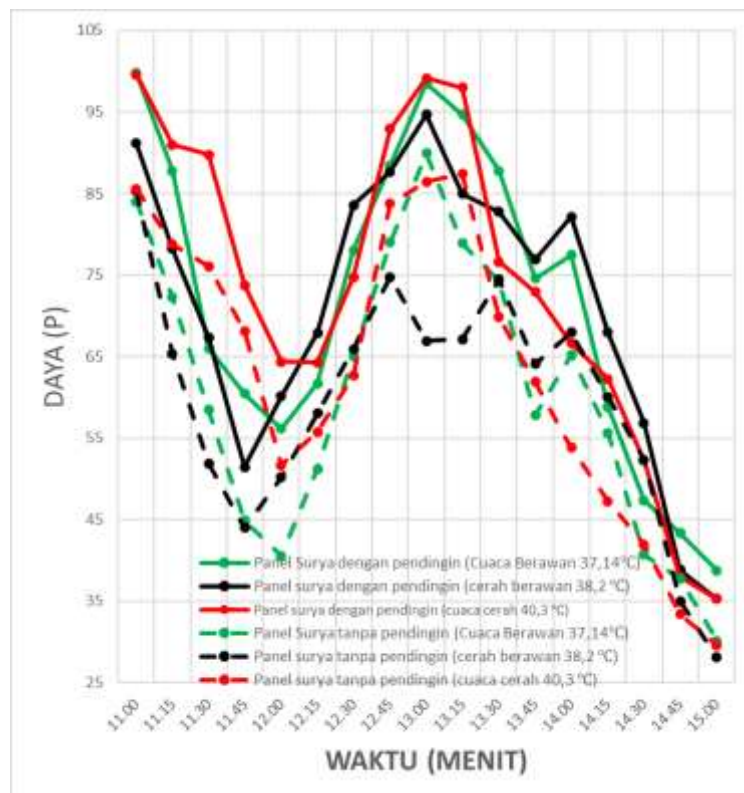
Gambar 6. Karakteristik suhu panel surya

Tabel 4. Rata-rata suhu harian

Rata-Rata Harian			
Hari	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) PV	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) PV	Selisih (%)
	Dengan Pendingin	Tanpa Pendingin	
Cuaca berawan ($37,14^{\circ}\text{C}$)	36,1	37,06	2,65
Cuaca cerah berawan ($38,2^{\circ}\text{C}$)	36,19	37,81	4,47
Cuaca cerah ($40,3^{\circ}\text{C}$)	37,07	39,29	5,99

Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian temperatur panel surya selama tiga hari dengan kondisi cuaca yang berbeda. Tabel 4.3 menunjukkan nilai rata rata temperatur panel surya harian, pada cuaca berawan ($37,14^{\circ}\text{C}$) panel surya dengan pendingin memiliki nilai sebesar $36,1^{\circ}\text{C}$ dan panel surya tanpa pendingin memiliki nilai sebesar $37,06^{\circ}\text{C}$. Dari hasil penelitian terdapat penurunan temperatur panel surya sebesar 2,65%. Pada cuaca cerah berawan ($38,2^{\circ}\text{C}$) panel surya dengan pendingin memiliki nilai sebesar $36,19^{\circ}\text{C}$ dan panel surya tanpa pendingin memiliki nilai sebesar $37,81^{\circ}\text{C}$. Dari hasil penelitian terdapat penurunan temperatur panel surya sebesar 4,47%. Pada cuaca cerah ($40,3^{\circ}\text{C}$) panel surya dengan pendingin memiliki nilai sebesar $37,07^{\circ}\text{C}$ dan panel surya tanpa pendingin memiliki nilai sebesar $39,29^{\circ}\text{C}$. Dari hasil penelitian terdapat penurunan temperatur panel surya sebesar 5,99%.

3.4 Hasil Perhitungan Daya (P)



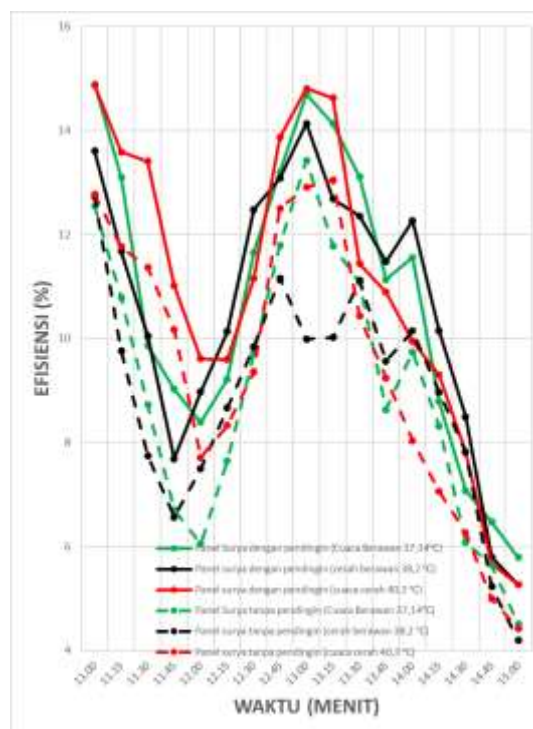
Gambar 7. Karakteristik daya

Tabel 5. Rata-rata daya harian

Rata-Rata Harian			
Hari	Daya (P) PV Dengan	Daya (P) PV Tanpa	Selisih (%)
	Pendingin	Pendingin	
Cuaca berawan ($37,14^{\circ}\text{C}$)	71,76	60,35	15,9
Cuaca cerah berawan ($38,2^{\circ}\text{C}$)	71,05	59,5	16,25
Cuaca cerah ($40,3^{\circ}\text{C}$)	73,64	63,2	14,18

Gambar 7 dan tabel 5 membandingkan daya pada panel terhadap panel dengan sistem pendingin dengan panel tanpa system pendingin. Pada cuaca berawan ($37,14^{\circ}\text{C}$) panel surya dengan pendingin memiliki nilai sebesar $71,76\text{ W}$ dan panel surya tanpa pendingin memiliki nilai sebesar $60,35\text{ W}$. Dari hasil penelitian terdapat peningkatan daya sebesar $15,9\%$. Lalu pada cuaca cerah ($38,2^{\circ}\text{C}$) panel surya dengan pendingin memiliki nilai sebesar $71,05\text{ W}$ dan panel surya tanpa pendingin memiliki nilai sebesar $59,5\text{ W}$. Dari hasil penelitian terdapat peningkatan daya sebesar $16,25\%$. Selanjutnya pada cuaca cerah ($40,3^{\circ}\text{C}$) panel surya dengan pendingin memiliki nilai sebesar $73,64\text{ W}$ dan panel surya tanpa pendingin memiliki nilai sebesar $63,2\text{ W}$. Dari hasil penelitian terdapat peningkatan daya sebesar $14,18\%$. Penyebab terjadinya peningkatan daya pada panel surya dengan system pendingin dikarenakan perbedaan suhu yang semakin turun mengakibatkan nilai arus dan tegangan lebih besar dibandingkan panel tanpa pendingin.

3.5 Efisiensi (%)



Gambar 8. Karakteristik efisiensi

Tabel 6. Rata-rata efisiensi harian

Rata-Rata Harian			
Hari	Efisiensi (%) PV		Selisih (%)
	Dengan Pendingin	Tanpa Pendingin	
Cuaca berawan ($37,14^{\circ}\text{C}$)	10,71	9	15,9
Cuaca cerah berawan ($38,2^{\circ}\text{C}$)	10,6	8,88	16,25
Cuaca cerah ($40,3^{\circ}\text{C}$)	10,9	9,43	14,18

Gambar 8 dan Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan efisiensi dari panel surya dengan pendingin lebih besar daripada tanpa system pendingin hal ini terjadi akibat penurunan suhu pada panel. Hal ini ditunjukkan pada nilai rata rata efisiensi harian, pada cuaca berawan ($37,14^{\circ}\text{C}$) panel surya dengan pendingin memiliki nilai sebesar 10,71% dan panel surya tanpa pendingin memiliki nilai sebesar 9%. Dari hasil penelitian terdapat peningkatan daya sebesar 15,9%. Lalu cuaca cerah berawan ($38,2^{\circ}\text{C}$) panel surya dengan pendingin memiliki nilai sebesar 10,6% dan panel surya tanpa pendingin memiliki nilai sebesar 8,88%. Dari hasil penelitian terdapat peningkatan daya sebesar 16,25%. Selanjutnya pada cuaca cerah ($40,3^{\circ}\text{C}$) panel surya dengan pendingin memiliki nilai sebesar 10,9% dan panel surya tanpa pendingin memiliki nilai sebesar 9,43%. Dari hasil penelitian terdapat peningkatan daya sebesar 14,18%.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan hasil pengujian kinerja panel surya yang meliputi tegangan, arus, temperatur lingkungan, dan temperatur permukaan panel surya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Secara umum suhu pada panel dengan sistem pendingin menurun daripada panel surya dengan sistem pendingin. Ditunjukkan pada cuaca berawan ($37,14^{\circ}\text{C}$) terjadi penurunan suhu sebesar 2,65%. Pada cuaca cerah berawan ($38,2^{\circ}\text{C}$) terjadi penurunan suhu sebesar 4,47%. Pada cuaca cerah ($40,3^{\circ}\text{C}$) terjadi penurunan suhu sebesar 5,99%.
2. Kinerja panel surya dengan sistem pendingin memiliki hasil yang cukup optimal. Pada cuaca berawan ($37,14^{\circ}\text{C}$) diperoleh peningkatan tegangan 4,64%, dan peningkatan arus 11,52%. Pada cuaca cerah berawan ($38,2^{\circ}\text{C}$) diperoleh peningkatan tegangan 5,07%, dan peningkatan arus 11,49%. Pada cuaca cerah ($40,3^{\circ}\text{C}$) diperoleh peningkatan tegangan 6,9%, dan peningkatan arus 7,8%.
3. Penelitian ini juga menunjukkan peningkatan efisiensi dengan menggunakan sistem pendingin pada panel surya. Pada cuaca panas ($37,14^{\circ}\text{C}$) memperoleh peningkatan efisiensi sebesar 15,9%. Pada cuaca cerah ($38,2^{\circ}\text{C}$) memperoleh peningkatan daya dan efisiensi sebesar 16,25%. Pada cuaca cerah ($40,3^{\circ}\text{C}$) memperoleh peningkatan daya dan efisiensi sebesar 14,18%.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Waeli, A. H. A., Kazem, H. A., Chaichan, M. T., & Sopian, K. (2019).
Experimental investigation of using nano-PCM/nanofluid on a photovoltaic thermal system (PVT):
Technical and economic study. *Thermal Science and Engineering Progress*, 11, 213–230.
- Budyanto, Hery. (2022). *Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Pertanian Hidroponik Padi*.
Malang: Penerbit Selaras Media Kreasindo

- Choubineh, N., Jannesari, H., & Kasaeian, A. (2019). Experimental study of the effect of using phase change materials on the performance of an air-cooled photovoltaic system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *101*, 103–111
- Demircan, . C. (2013). Cooling of a photovoltaic module with temperature controlled solar collector
- Dubey, S., Sandhu, G. S., & Tiwari, G. N. (2009). Analytical expression for electrical efficiency of PV/T hybrid air collector. *Applied Energy*, *86*(5), 697–705.
- Garg, H. P., & Datta, G. (1989). *Performance Studies On A Finned-Air Heater* (Vol. 14, Issue 2).
- Naphon, P. (2005). On the performance and entropy generation of the double-pass solar air heater with longitudinal fins. *Renewable Energy*, *30*(9), 1345–1357.
- Prasad, B. N., & Saini, J. S. (1991). Optimal Thermohydraulic Performance Of Artificially Roughened Solar Air Heaters. In *Solar Energy* (Vol. 47, Issue 2).
- Rozy, L. Kajian Komputasional Sistem Pemanasan Air Menggunakan *Solar Water Heater* Untuk Sistem Domestik. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sanspower (2020). Pengertian Dan Cara Kerja Panel Surya. <https://www.sanspower.com/pengertian-dan-cara-kerja-panel-surya.html>.
- Sopian, K., Yigit, K. S., Liu, H. T., Kaka, S., & Veziroglu, T. N. (1996). Performance Analysis Of Photovoltaic Thermal Air Heaters. In *Energy Convers. Mgmt* (Vol. 37, Issue 11).
- Teo, H. G., Lee, P. S., & Hawlader, M. N. A. (2012). An active cooling system for photovoltaic modules. *Applied Energy*, *90*(1), 309–315.
- Tonui, J. K., & Tripanagnostopoulos, Y. (2007). Air-cooled PV/T solar collectors with low cost performance improvements. *Solar Energy*, *81*(4), 498–511.
- Widayana, G. (2012). Pemanfaatan Energi Surya. Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, FTK, Undiksha.