



## Pengaruh Penambahan Kaca Film pada Pendinginan Panel Surya dengan Variasi Tingkat Kegelapan 0 % dan 20 %

Intan Hardiatama<sup>1\*</sup>, Thoriq Prasetyo<sup>1</sup>, Digdo Listyadi<sup>1</sup>, Robertoes Koekoeh<sup>1</sup>, Mochammad Asrofi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Universitas Negeri Jember, Indonesia

\*E-mail Penulis: [intan.hardiatama@unej.ac.id](mailto:intan.hardiatama@unej.ac.id)

### INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 04/06/2025  
Naskah Direvisi 10/06/2025  
Naskah Disetujui 18/06/2025  
Naskah Online 26/06/2025

### ABSTRACT

Indonesia is a tropical country located in Southeast Asia and has many areas crossed by the equator. The use of solar panels as a renewable energy source has many advantages, such as being environmentally friendly, abundantly available, never running out, and can be used for free. However, in the use of solar panels there are still some problems that need to be studied, such as the effect of installing window film on temperature, power, and efficiency produced by solar panels. The purpose of this research is to explain the results and discussion about the effect of installing window film on temperature, power, and efficiency of solar panels. The research method used in this document is an experimental research method. The results showed that the installation of 0% window film on solar panels produces higher power compared to panels without treatment and installation of 20 % window film. However, the installation of 20 % window film experienced a decrease in power. In addition, this document also includes graphs and tables of research data on certain dates. The lowest temperature is found in solar panels with 20 % window film with a temperature decrease of 3.39 %. The highest power is produced by solar panels without film with a percentage increase in power of 12.96 %. The highest efficiency is produced by solar panels without film with an efficiency difference of 2.3 %. Data collection is carried out at a certain time and the light intensity is at least 2000 lux.

**Kata kunci:** solar panel, tinted window, effectiveness

### 1. PENDAHULUAN

Panel surya menangkap dan mengolah sinar matahari untuk menghasilkan energi listrik. Salah satu dari banyak keuntungan menggunakan panel surya sendiri adalah energi yang tidak ada habisnya [1]. Ada sejumlah variabel yang mempengaruhi daya yang dihasilkan, seperti posisi matahari, waktu, sudut kemiringan, dan ukuran panel. Posisi panel yang langsung terpapar sinar matahari membuat panel menjadi panas, yang menyebabkan penurunan efisiensi [2]. Salah satu faktor yang mempengaruhi output fotovoltaik adalah suhu. Suhu kerja ideal fotovoltaik adalah sekitar 25 derajat Celcius; setiap

kenaikan suhu di atas titik ini akan menyebabkan output fotovoltaik menurun [3].

Penelitian sebelumnya pernah dilakukan dengan variasi pendinginan *water film* pada tahun 2019, yang membandingkan antara *discrete control water supply* (D-WCPV) dan *continues control water supply* (C-WCPV). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa D-WCPV memiliki *net energy gain* (NEG) sebesar 10%, lebih tinggi dibanding C-WCPV dengan NEG sebesar 5.5 %. Konsumsi energi turun sebesar 86.7 % ketika suhu di set 45 °C. Nilai ini 80.2 % lebih tinggi dibandingkan C-WCPV [4].

Penelitian selanjutnya dilakukan dengan penambahan lapisan *silica micro – gratings*, yang dibandingkan dengan solar sel silikon tanpa pelapisan.

Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa melalui pengukuran spektrometer FTIR didapatkan hasil bahwa penambahan lapisan *silica micro – gratings* dapat meningkatkan *infrared emittance* hingga 100 %. Selain itu daya pendinginan radiasi pada *silica micro – gratings* lebih baik dibanding solar sel silikon tanpa pelapisan pada suhu sampel diatas 45 °C. *Silica micro-gratings* menurunkan suhu stagnasi hingga 20 °C dan menunjukkan kinerja pendinginan dengan penurunan suhu sampel sebesar 2 °C di bawah sinar matahari [5].

Penelitian mengenai pelapisan film berikutnya dilakukan pada tahun 2021. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini yakni dengan membandingkan antara solar panel tanpa pelapis dengan solar panel yang diberikan tambahan lapisan film berbahan nano komposit dengan fungsi pembersihan mandiri. Nilai transmisi film nano komposit ini sekitar 90% pada rentang radiasi matahari dan 0.85 pada rentang LWIR. Ketika diaplikasikan pada sel surya, film nanokomposit ini hanya mengalami penurunan efisiensi sebesar 2 % ± 0.3 % sehingga dapat diabaikan. Pelapisan film nano komposit ini juga menurunkan suhu operasi sel surya sebesar 5 °C, sehingga daya *output* listrik yang dihasilkan meningkat [6].

Penelitian terbaru pada tahun 2024 dilakukan dengan sistem pendinginan *hybrid* melalui penambahan pelapisan kaca film 20 % dan pendinginan menggunakan aliran air melalui pipa tubular. Dari penelitian ini di dapatkan kesimpulan sistem pendingin dengan penambahan kaca film 0 % dan laju aliran terbesar 2 L/menit mengalami peningkatan daya keluaran terbesar yakni sebesar 31.88 % dan mampu menurunkan temperatur panel hingga 11.69 % dibandingkan panel tanpa perlakuan [7].

Dari beberapa penelitian terdahulu untuk mengatasi masalah panas, banyak peneliti menggunakan kaca film, yang memiliki kemampuan untuk memblokir panas tetapi melewatkan cahaya. Karakteristik utama kaca film adalah Infrared Rejected (IRR), yang menunjukkan kemampuan untuk memblokir panas, dan Visible Light Transmittance (VLT), yang menunjukkan seberapa jauh cahaya tampak dapat melewati kaca film. Semakin kecil persentase kaca film, maka semakin sedikit kemampuannya dalam memblokir panas, dan sebaliknya, semakin tinggi persentase kaca film, maka semakin besar kemampuannya dalam memblokir panas [3].

## 2. METODE PENELITIAN

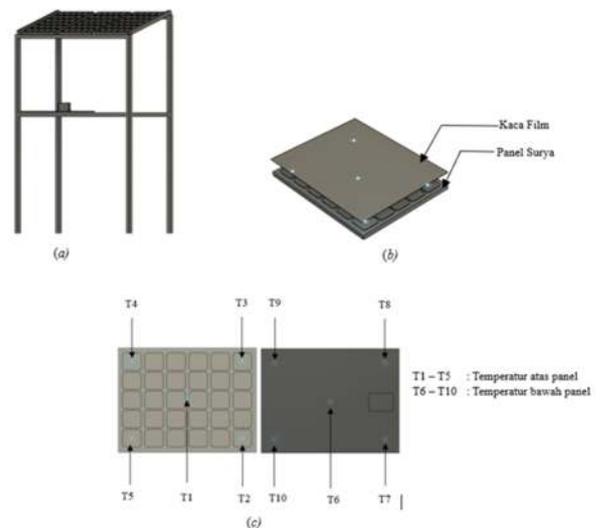
Penelitian ini dilakukan secara eksperimental yaitu dengan membandingkan hasil pengujian antara panel

surya berlapis kaca film dengan panel surya tanpa tambahan kaca film. Penelitian ini dilakukan di Jember 7059'6" sampai 8033'56" Lintang Selatan dan 113016'28" sampai 114003'42" Bujur Timur, dengan ketinggian 5-85 dari permukaan laut. Dalam penelitian ini membutuhkan alat dan bahan sebagai berikut:

- Satu unit panel surya.
- Sensor *Thermocouple*,
- Thermometer digital,
- *Multimeter* (Alat pengukur tegangan dan arus),
- *Luxmeter*,
- Gunting,

## Prosedur Pengujian

- a) Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini.
- b) Merakit dan memasang panel surya dengan kaca film dan pemasangan sensor *thermocouple* seperti ditunjukkan pada gambar 1 di bawah ini.
- c) Pengukuran suhu panel (Gambar 1C), arus, tegangan, dan intensitas cahaya matahari dilakukan selama 14 hari.
- d) Analisis data intensitas cahaya matahari, suhu panel, laju perpindahan panas dan daya dengan mengalikan arus dan tegangan.
- e) Analisis efisiensi pada panel surya.
- f) Pengambilan kesimpulan.



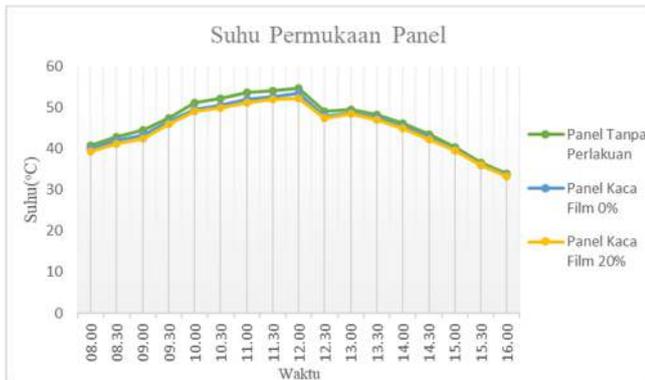
**Gambar 1.** Skema (a) Rangkaian Panel (b) Susunan Pemasangan Kaca Film (c) Posisi *Thermocouple*

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang di peroleh pada penelitian ini meliputi suhu permukaan panel, suhu belakang panel, intensitas matahari, arus, tegangan dan suhu lingkungan.

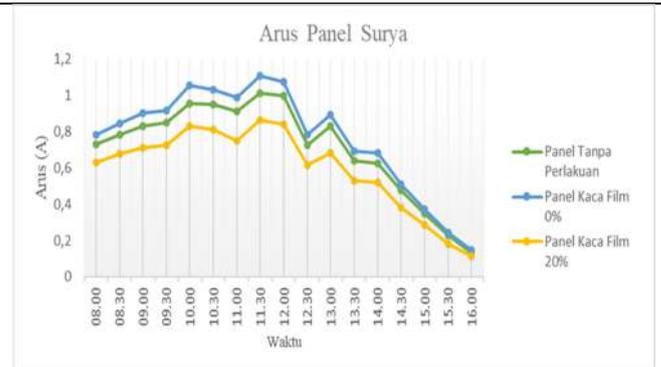
Berdasarkan gambar 2, dapat diketahui rata-rata suhu permukaan panel surya selama 14 hari. Suhu rata-rata tertinggi yang tercatat pada panel surya tanpa perlakuan pada pukul 12.00 WIB mencapai 54,7°C.

Pada saat yang sama, panel surya dengan kaca film 0% memiliki suhu rata-rata sebesar 53,5°C, sedangkan panel surya dengan kaca film 20% mencapai 52,32°C. Namun, pada pukul 12.30 WIB, terjadi penurunan suhu rata-rata pada semua panel surya. Panel surya tanpa perlakuan mencapai suhu sebesar 49,18°C, panel dengan kaca film 0% mencapai 47,88°C, dan panel dengan kaca film 20% mencapai 47,35°C.



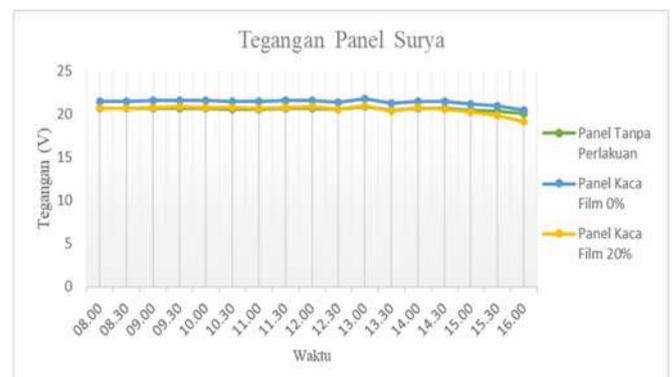
**Gambar 2.** Rata-rata suhu permukaan pada panel surya selama 14 hari

Penurunan suhu ini disebabkan oleh awan yang bergerak menutupi posisi matahari. Perlu diperhatikan bahwa intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya selalu berubah bergantung pada waktu dan cuaca di sekitar instalasi panel surya, waktu efektif dari panel surya antara pukul 10.00 WIB sampai 14.00 WIB, karena intensitas matahari pada pagi hari dan sore hari sangat rendah karena posisi matahari yang tidak sejajar dengan panel surya [8]. Selain itu perubahan suhu permukaan panel surya juga di sebabkan oleh beberapa faktor, antara lain kecepatan angin lingkungan yang melewati panel, temperatur lingkungan di sekitar panel dan tipe instalasi panel surya [9]. Dari data di atas dapat diketahui pada panel yang dilapisi kaca film 0% memiliki nilai suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan panel tanpa perlakuan, hal ini disebabkan karena kaca film 0% hampir transparan terhadap radiasi matahari dan panas, akan tetapi berfungsi sebagai pelindung konveksi untuk mengurangi konveksi panas antara sampel dan udara sekitar. Selain itu, hal ini juga disebabkan oleh peningkatan emisivitas inframerah serta efek pendinginan radiasi dari lapisan film [5].



**Gambar 3.** Rata-rata arus pada panel surya selama 14 hari

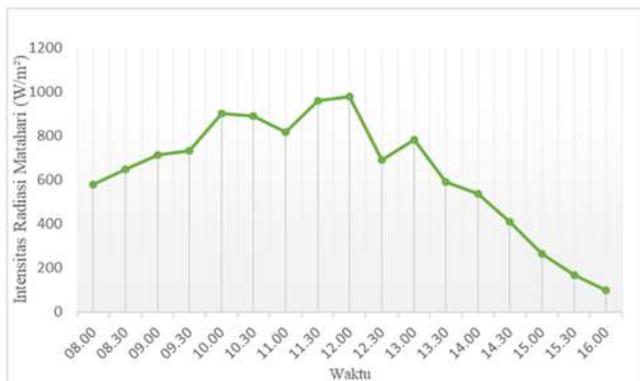
Data rata-rata arus pada panel surya selama 14 hari dapat dilihat pada gambar 3. Panel surya dengan kaca film 0% menghasilkan arus rata-rata yang lebih tinggi daripada panel surya tanpa perlakuan, sementara panel surya dengan kaca film 20% menghasilkan arus yang lebih rendah dibandingkan dengan panel surya tanpa perlakuan. Pada pukul 12.30 WIB, terjadi penurunan arus yang signifikan karena kondisi cuaca berawan. Awan bergerak menutupi posisi matahari, mengakibatkan penurunan intensitas radiasi yang diterima oleh panel surya, dan akibatnya, mengurangi arus yang dihasilkan. Rata-rata arus tertinggi terjadi pada pukul 11.30 WIB, dimana panel surya tanpa perlakuan menghasilkan arus sebesar 1,01 A, panel surya dengan kaca film 0% menghasilkan arus sebesar 1,1 A, dan panel surya dengan kaca film 20% menghasilkan arus sebesar 0,86 A.



**Gambar 4.** Rata-rata tegangan pada panel surya selama 14 hari

Gambar 4 menunjukkan nilai rata – rata tegangan pada panel surya selama 14 hari. Berdasarkan gambar 4, nilai tegangan panel surya tanpa perlakuan dan panel surya dengan kaca film hampir sebanding. Tegangan tertinggi tercatat pada panel surya dengan kaca film 0%, mencapai 21,8 V pada pukul 13.00 WIB. Di waktu yang sama, panel surya tanpa perlakuan memiliki tegangan sebesar 20,8 V, sedangkan panel

surya dengan kaca film 20% memiliki tegangan sebesar 20,9 V.



**Gambar 5.** Rata-rata intensitas radiasi matahari pada panel surya selama 14 hari

Dilihat dari grafik diatas, Intensitas radiasi matahari mencapai rata-rata tertinggi pada pukul 12.00 WIB, yakni sebesar 977,74 W/m<sup>2</sup>. Namun, pada pukul 12.30 WIB, terjadi penurunan intensitas radiasi matahari yang signifikan karena awan bergerak menutupi posisi matahari. Fenomena ini mengakibatkan berkurangnya intensitas radiasi matahari yang diterima.

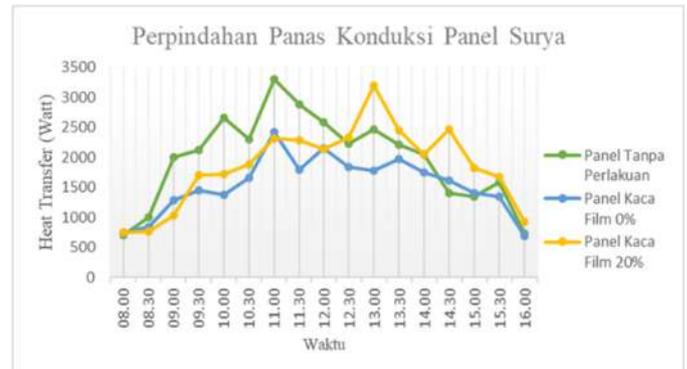
**Perpindahan Panas Panel Surya**



**Gambar 6.** Rata-rata penyerapan radiasi oleh permukaan panel surya selama 14 hari

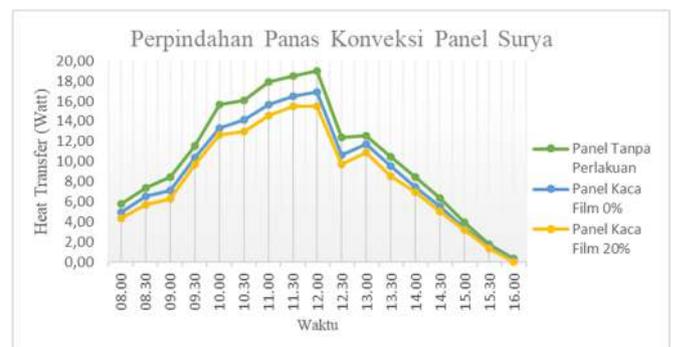
Dilihat dari gambar 6 diatas, penyerapan radiasi oleh permukaan panel surya dipengaruhi oleh tingkat intensitas radiasi matahari. Ketika nilai radiasi matahari tinggi, penyerapan radiasi oleh panel surya juga meningkat; sebaliknya, jika nilai radiasi matahari rendah, penyerapan radiasi oleh panel surya juga berkurang. Terdapat penurunan sekitar 5% dalam nilai

penyerapan radiasi karena sifat radiasi yang dapat memantulkan dan mentransmisikan sebagian radiasi yang mengenai permukaan panel surya. Rata-rata penyerapan radiasi tertinggi oleh permukaan panel surya terjadi pada pukul 12.00 WIB, dengan rata-rata mencapai 928,86 W/m<sup>2</sup>. Namun, pada pukul 12.30 WIB, terjadi penurunan penyerapan radiasi permukaan panel surya akibat awan yang bergerak menutupi posisi matahari. Fenomena ini menyebabkan penurunan intensitas radiasi matahari yang dapat menurunkan penyerapan radiasi oleh permukaan panel surya.



**Gambar 7.** Rata-rata perpindahan panas konduksi pada panel surya selama 14 hari

Berdasarkan gambar 7, rata-rata perpindahan panas konduksi pada panel surya menunjukkan perbedaan yang mencolok. Pada pukul 11.00 WIB, panel surya tanpa perlakuan memiliki perpindahan panas konduksi tertinggi, mencapai 3304,53 Watt. Pada saat yang sama, panel surya dengan kaca film 0% memiliki perpindahan panas sebesar 2417,18 Watt, sedangkan panel surya dengan kaca film 20% memiliki perpindahan panas sebesar 2323,16 Watt. Semakin besar nilai perpindahan panas konduksi pada panel surya, maka akan semakin besar selisih antara suhu permukaan panel dan suhu bagian bawah panel.



**Gambar 8.** Rata-rata perpindahan panas konveksi pada panel surya selama 14 hari

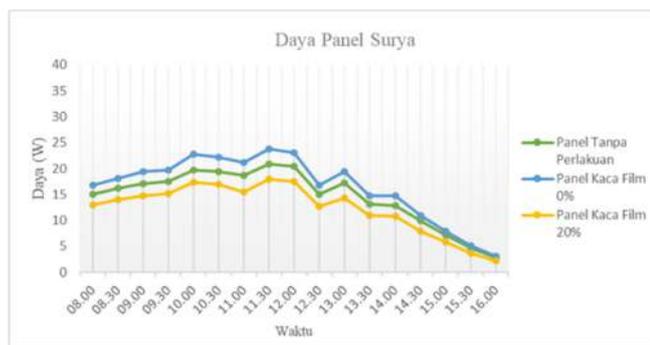
Nilai rata – rata perpindahan panas konveksi pada panel surya selama 14 hari pada semua variasi

perlakuan ditunjukkan pada gambar 8. Pada pukul 12.00 WIB, panel surya tanpa perlakuan memiliki perpindahan panas konveksi tertinggi, mencapai 19,05 Watt. Pada saat yang sama, panel surya dengan kaca film 0% memiliki perpindahan panas sebesar 16,93 Watt, sedangkan panel surya dengan kaca film 20% memiliki perpindahan panas sebesar 15,53 Watt. Semakin besar nilai perpindahan panas konveksi pada panel surya, maka akan semakin tinggi suhu permukaan panel.

**Daya Panel Surya**

Adapun rumus daya dari panel surya yang digunakan untuk menganalisis data dari penelitian adalah sebagai berikut

$$p \text{ max} = V \times I \tag{1}$$



**Gambar 9.** Grafik rata-rata tegangan pada panel surya selama 14 hari

Dilihat dari grafik diatas, rata-rata daya yang dihasilkan oleh panel surya dengan kaca film 0% lebih tinggi daripada panel surya tanpa perlakuan, sementara pada panel surya dengan kaca film 20% memiliki rata-rata daya di bawah panel surya tanpa perlakuan. Perbedaan ini disebabkan oleh pengurangan intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya dengan kaca film 20%.

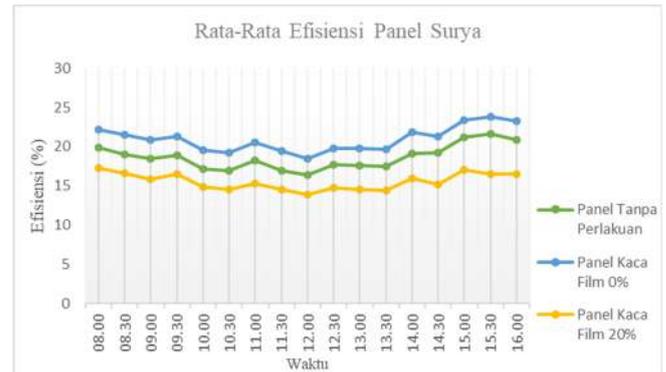
Puncak daya tertinggi terjadi pada pukul 12.00 WIB pada panel surya dengan kaca film 0%, menghasilkan daya sebesar 23,13 W. Pada saat yang sama, panel surya tanpa perlakuan menghasilkan daya sebesar 20,45 W, sedangkan panel surya dengan kaca film 20% menghasilkan daya 17,46 W. Rata-rata daya output panel surya tanpa perlakuan adalah 14,58 watt, dan rata-rata daya output terendah adalah pada panel dengan kaca film 20% dengan rata-rata daya 12,38 watt. Selisih daya antara panel tanpa perlakuan dan panel dengan kaca film 20% adalah 2,2 Watt, yang menyebabkan penurunan daya sebesar 15,08%. Sementara itu, rata-rata daya output dari panel surya dengan kaca film 0% adalah 16,47 watt. Selisih antara

daya output panel surya dengan kaca film 0% dan panel surya tanpa perlakuan adalah 1,89 watt.

**Efisiensi Panel Surya**

Adapun rumus efisiensi dari panel surya yang digunakan untuk menganalisis data dari penelitian adalah sebagai berikut :

$$\eta = \frac{p \text{ max}}{E \times Ac} \times 100\% \tag{2}$$



**Gambar 10.** Grafik rata-rata tegangan pada panel surya selama 14 hari

Dilihat dari grafik di atas, rata-rata efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya dengan kaca film 0% lebih tinggi daripada panel surya tanpa perlakuan, sementara pada panel surya dengan kaca film 20% memiliki rata-rata efisiensi di bawah panel surya tanpa perlakuan. Efisiensi tertinggi tercatat pada pukul 15.30 WIB pada panel surya dengan kaca film 0%, mencapai 23,81%. Pada saat yang sama, panel surya tanpa perlakuan memiliki efisiensi sebesar 21,66%, sedangkan panel surya dengan kaca film 20% memiliki efisiensi sebesar 16,44%. Rata-rata efisiensi pada panel tanpa perlakuan, panel dengan kaca film 0%, dan panel dengan kaca film 20% masing-masing adalah 18,62%, 20,93%, dan 15,53%. Efisiensi pada panel dengan kaca film 0% mengalami kenaikan sebesar 2,31%, sementara pada panel dengan kaca film 20% mengalami penurunan sebesar 3,09%. Ada banyak faktor yang dapat menurunkan efisiensi panel surya, antara lain bahan sel, perangkat sistem photovoltaik, dan faktor lingkungan [10] [11].

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan dari hasil perhitungan dan analisa yang telah dibahas dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- a) Berdasarkan hasil penelitian yang telah

- dilakukan, suhu paling rendah terdapat pada panel surya dengan kaca film 20% dikarenakan sifat dari kaca film yang menolak panas matahari dengan penurunan suhu sebanyak 3,39%, suhu rata-rata yang dihasilkan pada panel surya dengan kaca film 20% yaitu 44,83°C. Rata-rata suhu permukaan dari panel surya dengan kaca film 0% adalah 45,38°C. Selisih suhu dari panel tanpa perlakuan dengan panel kaca film 0% adalah 1,02 °C, terjadi penurunan suhu sebanyak 2,21%.
- b) Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, daya tertinggi dihasilkan oleh panel surya dengan kaca film 0% dengan rata-rata daya output 16,47 W dan persentase kenaikan daya sebesar 12,96%. Panel surya dengan kaca film 20% mengalami penurunan daya sebesar 15,08% dikarenakan berkurangnya intensitas cahaya matahari yang di terima panel surya.
- c) Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, efisiensi tertinggi dihasilkan oleh panel surya kaca film 0% dengan rata-rata efisiensi 20,93% dengan selisih efisiensi sebanyak 2,3%. Panel surya dengan kaca film 20% mengalami penurunan efisiensi sebesar 3,08%

- by solution processing,” *J Mater Sci Technol*, vol. 90, pp. 76–84, 2021.
- [7] I. Hardiatama *et al.*, “Studi Eksperimen Variasi Laju Aliran Pendinginan dan Pelapisan Kaca Film pada Panel Surya Bersistem Tubular Cooler,” *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 19, no. 2, pp. 243–250, 2024.
- [8] S. Bandri, R. Andari, and F. N. Tias, “Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Tegangan Dan Arus Yang Dihasilkan Panel Surya,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 106–113, 2021.
- [9] V. F. Abast, H. Sumarauw, and J. C. Kewas, “Analisa suhu permukaan terhadap daya output solar cell 10 wp tipe monocrystalline,” *ACTUATOR: Jurnal Teknik Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 1–8, 2022.
- [10] L. Idoko, O. Anaya-Lara, and A. McDonald, “Enhancing PV modules efficiency and power output using multi-concept cooling technique,” *Energy Reports*, vol. 4, pp. 357–369, 2018.
- [11] F. Bayrak, “Energy, exergy and sustainability indicators of photovoltaic panel cooling under forced convection,” *Erzincan University Journal of Science and Technology*, vol. 15, no. 1, pp. 340–359, 2022.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. P. T. D. Priatam, M. F. Zambak, S. Suwarno, and P. Harahap, “Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP,” *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 48–54, 2021.
- [2] S. W. Putri, G. Marausna, and E. E. Prasetyo, “Analisis Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Pada Panel Surya,” *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, vol. 8, no. 1, pp. 29–37, 2022.
- [3] A. Pawawoi and V. A. Pranata, “Peningkatan daya output photovoltaik dengan penambahan lapisan kaca film pada permukaannya,” *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, pp. 124–130, 2020.
- [4] C.-Y. Mah, B.-H. Lim, C.-W. Wong, M.-H. Tan, K.-K. Chong, and A.-C. Lai, “Performance Improvement Optimisation of a Photovoltaic System located at the Tropical Climate using Water-Film Cooling Method,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, 2019, p. 012033.
- [5] L. Long, Y. Yang, and L. Wang, “Simultaneously enhanced solar absorption and radiative cooling with thin silica micro-grating coatings for silicon solar cells,” *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 197, pp. 19–24, 2019.
- [6] G. Chen *et al.*, “A visibly transparent radiative cooling film with self-cleaning function produced