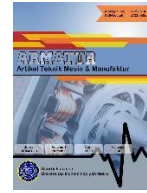


Contents list available at [Sinta](https://sinta)

A R M A T U R

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.unmetro.ac.id/index.php/armatur>

Analisis pengaruh koefisien konveksi media pendingin terhadap temperatur panel surya dengan perendaman sebagian (*Partially Submerged Photovoltaic*)

Rijal Surya Rahmany^{1*}, I Made Ivan Wiyarta Cakra Sujana², Yongki Christandi Batubara³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Rekayasa dan Teknologi Industri, Institut Teknologi Kalimantan, Jl. Soekarno Hatta KM. 15 Karang Joang, Balikpapan Utara, Kota Balikpapan, Kalimantan Timur, Indonesia

A R T I C L E I N F O

Keywords:
Passive Cooling
Photovoltaic
PSPV
Solar Panel
PV Temperature

A B S T R A C T

This study aims to analyze the influence of convective heat transfer coefficients on the surface of a PSPV system on the operating temperature of photovoltaic panels using a numerical modeling approach. The research methodology involves the development of an energy balance model that accounts for the contributions of solar radiation, convective heat transfer, and thermal radiation. The panel area is divided into two equal sections with a 50:50 ratio, consisting of a submerged portion and an air-exposed portion. The convective heat transfer coefficients for the submerged section are set to 100 W/m²K for both the upper and lower surfaces. For the air-exposed section, the upper surface convective heat transfer coefficient is varied between 10 and 70 W/m²K, while the lower surface coefficient is maintained at 10 W/m²K. Simulation results indicate that the presence of water as a cooling medium significantly reduces the panel operating temperature to approximately 31 °C. Under low-temperature conditions, the output of the photovoltaic solar panel increased by more than 5% compared to operation at high temperatures.

Pendahuluan

Pemanfaatan energi terbarukan merupakan salah satu prioritas global untuk mengatasi peningkatan kebutuhan energi

yang juga sejalan dengan kenaikan jumlah polusi manusia sepanjang beberapa dekade terakhir [1,2]. Indonesia memiliki kebijakan persentase minimum bauran energi

*Corresponding author: rijal.rahmany@lecturer.itk.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i1.10902>

Received 29 Desember 2025; Received in revised form 17 January 2026; Accepted 04 Maret 2026

Available online 31 March 2026

terbarukan dari pembangkit listrik yang terpasang. Kebijakan ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil dan juga mendukung proses transisi ke arah energi bersih yang diharapkan dapat menjadi solusi agar pemanasan global dapat diminimalkan. Salah satu teknologi pemanfaatan energi terbarukan yang dapat dipilih sebagai solusi adalah pemanfaatan photovoltaic [3]. Indonesia sebagai negara yang terletak di garis khatulistiwa memiliki potensi energi terbarukan dari matahari melalui pancaran yang nilainya relatif besar. Nilai puncak iradiasi sesaat yang diterima oleh sebagian wilayah di Indonesia dapat mencapai lebih dari 1000 W/m^2 [4]. Nilai ini merupakan potensi yang harus dimaksimalkan agar pemenuhan kebutuhan energi di Indonesia dapat tercapai dari sumber-sumber energi yang bersih dan ramah lingkungan.

Meskipun memiliki intensitas iradiasi yang cukup tinggi, ternyata pemanfaatan panel surya di daerah tropis tetap memiliki tantangan. Salah satunya adalah kenaikan temperatur panel pada saat intensitas iradiasi sedang tinggi. Kenaikan temperatur bahkan dapat mencapai lebih dari 50 derajat celsius [5], yang mana kenaikan temperatur akan menyebabkan terjadinya penurunan performa operasi panel surya [6]. Penurunan ini diakibatkan menurunnya tegangan maksimal yang dihasilkan oleh panel surya ketika terjadi kenaikan temperatur. Oleh karena itu, perlu ada pengembangan pada metode pendinginan panel surya yang dioperasikan pada daerah dengan temperatur lingkungan yang relatif tinggi [7].

Berbagai metode pendinginan untuk panel surya mulai dikembangkan untuk mengatasi masalah kenaikan temperatur yang dapat menurunkan performa panel surya [8]. Penelitian-penelitian terdahulu menerapkan sistem pendinginan menggunakan air sebagai pendingin panel [9]. Misalnya dengan mengalirkan air melewati bagian sisi permukaan panel juga dapat menurunkan temperatur panel sehingga meningkatkan performa secara

keseluruhan [10]. Secara umum, metode pendinginan dikelompokkan menjadi pendinginan pasif dan pendinginan aktif. Pendinginan aktif adalah metode pendinginan dengan menggunakan aktuator aktif yang memerlukan daya untuk operasinya. Dapat berupa usaha untuk meniupkan angin atau mengalirkan air yang berkontak langsung dengan panel maupun melalui pipa-pipa yang terkoneksi dengan panel [11] serta metode lain yang memerlukan aktuator aktif. Metode ini terbukti cukup efektif untuk menurunkan temperatur panel pada saat beroperasi pada cuaca terik, tetapi proses ini dapat memberikan risiko penurunan total energi yang diproduksi atau *nett-energy gain* akibat adanya beban daya yang harus dikeluarkan untuk menjalankan aktuator seperti pompa [12]. Metode pendinginan lain tanpa memberikan daya tambahan untuk mengoperasikan sistem pendingin disebut sebagai pendinginan pasif. Pendinginan pasif adalah metode yang digunakan tanpa memberikan daya pada aktuator tertentu. Pada pendinginan pasif, fluida pendingin akan bergerak secara natural akibat adanya konveksi maupun gaya lain yang menyebabkan adanya sirkulasi alami pada media pendingin. Jenis media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan panel surya juga bermacam-macam. Dapat berupa udara maupun fluida cair seperti air yang umum dan mudah ditemui.

Dari beberapa penelitian terdahulu, pendinginan pasif dinilai cukup efektif untuk digunakan sebagai metode pendinginan panel surya yang dioperasikan pada kondisi temperatur lingkungan yang relatif tinggi. Selain tidak memerlukan tambahan daya aktuator untuk mengaktifkan komponen pendinginan aktif, pendinginan pasif juga relatif lebih mudah dan murah untuk diaplikasikan. Metode pendinginan pasif pada Photovoltaic (PV) yang saat ini cukup umum dibahas adalah pendinginan pasif dengan menggunakan metode perendaman panel (*Submerged Photovoltaic*). Metode pengondisian dengan perendaman menghasilkan performa yang

lebih baik dibandingkan dengan *ground PV* maupun *floating PV* [13]. Selain itu pemilihan lokasi perendaman yang tepat juga memungkinkan pemberian manfaat yang lebih luas, misalnya untuk menghangatkan air [14]. Tetapi pada penelitian ini, efek perendaman sebagian panel dinilai masih perlu analisis lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh media pendingin dan perendaman terhadap temperatur panel dari sudut pandang variasi nilai koefisien konveksi. Persentase perendaman panel yang akan digunakan adalah sebesar 50%. Perubahan nilai koefisien konveksi akan menjadi fokus bahasan pada penelitian ini, sedangkan variasi perendaman panel dianggap diwakili oleh perubahan variasi koefisien konveksi. Hal ini dikarenakan variasi persentase terendam akan merubah laju perpindahan panas metode konveksi pada pendinginan pasif yang digunakan. Sehingga, memvariasikan nilai koefisien konveksi sistem pendingin akan dapat memberikan gambaran kinerja sistem pendingin. Temperatur panel dari hasil simulasi diharapkan dapat menjelaskan pengaruh media pendinginan terhadap penurunan temperatur panel surya.

Metode Penelitian

Secara garis besar, penelitian ini dilakukan menggunakan metode simulasi numerik dengan menggunakan data sekunder untuk memodelkan iradiasi yang terjadi. Persamaan-persamaan yang memodelkan proses perpindahan panas yang terjadi baik secara konveksi maupun iradiasi juga digunakan untuk menggambarkan proses perpindahan panas yang menyebabkan perubahan temperatur panel surya. Pada proses simulasi yang dilakukan, ada beberapa asumsi yang ditetapkan. Asumsi pertama yaitu panel surya dianggap sebuah kesatuan material homogen. Kedua, iradiasi dianggap seragam pada seluruh permukaan panel pada setiap variasi simulasi yang akan dilakukan. Ketiga, perpindahan panas yang terjadi ke

lingkungan hanya terjadi antara permukaan atas dan bawah panel melalui proses konveksi dan radiasi.

Pada penelitian ini, model panel yang disimulasikan adalah panel dengan luas permukaan total panel terbagi menjadi bagian atas dan bagian bawah panel. Pada bagian atas, disimulasikan metode konveksi yang terjadi pada fluida udara dengan nilai koefisien konveksi yang divariasikan mulai dari 10 hingga 70 ($W/m^2.K$) dengan kelipatan 10. Variasi nilai ini digunakan untuk menggambarkan kondisi udara yang mendinginkan panel memengaruhi temperatur panel selama beroperasi. Model konveksi yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada persamaan konveksi sebagaimana ditampilkan pada persamaan (1) sebagai berikut.

$$q_{konv} = h_{avg} A_s (T_s - T_{\infty}) \quad (1)$$

Dengan keterangan bahwa q (*Watt*) merupakan total laju perpindahan panas yang nilainya setara dengan perkalian antara variabel-variabel h_{avg} ($W/m^2.K$) yang merupakan koefisien konveksi rata-rata pada area yang diamati, A_s (m^2) merupakan area yang diamati, dan T (K) merupakan temperatur yang terdiri dari temperatur permukaan yang dinotasikan dengan subscript s dan temperatur lingkungan yang dinotasikan dengan subscript ∞ . Parameter-parameter yang digunakan untuk simulasi ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Parameter Simulasi yang ditetapkan

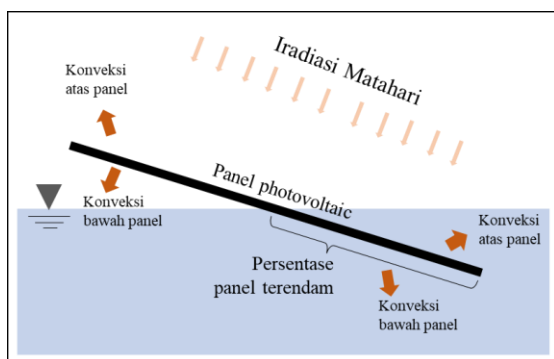
Variabel	Nilai yang digunakan
Ketebalan panel	0,035 m
Panjang panel	1,560 m
Lebar panel	0,992 m
emisivitas	0,9
absorptansi	0,9
Temperatur lingkungan	25° C
Kapasitas kalor panel	700 J/Kg K
Massa jenis panel	2300 kg/m ³

Nilai parameter simulasi yang digunakan didapatkan dari pengamatan

produk-produk panel PV yang dijual di pasaran. Meskipun terdapat perbedaan pada beberapa merek PV, namun nilai ketebalan panel, panjang panel, dan lebar panel yang dipilih diharapkan dapat mewakili dimensi panel 230 Wp secara umum. Nilai emisivitas dan absorptansi ditetapkan 0,9. Nilai ini dipilih dengan alasan warna panel PV yang cenderung gelap. Sedangkan massa jenis dan kapasitas thermal PV ditetapkan berdasarkan karakteristik material silicon (Si). Setelah ditentukan nilai-nilai parameter simulasi, selanjutnya dimodelkan proses perpindahan panas yang terjadi melalui metode radiasi panel. Persamaan yang digunakan ditampilkan pada persamaan (2) sebagai berikut.

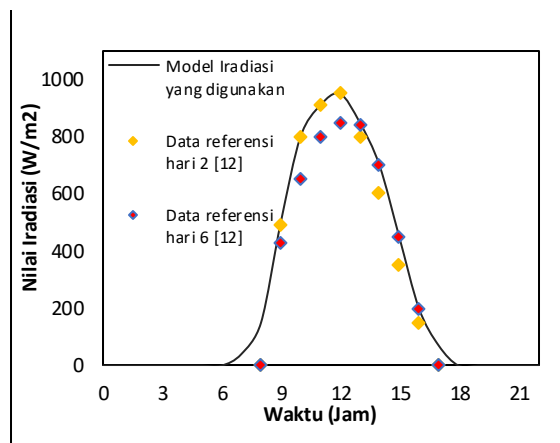
$$q_{rad} = \varepsilon \sigma A_{st} (T_s^4 - T_{sky}^4) \quad (2)$$

Dengan ε merupakan emisivitas, dan σ ($W/m^2.K^4$) merupakan konstanta Stefan-Boltzman. Sedangkan luasan yang diasumsikan memancarkan radiasi hanya bagian atas panel yang menghadap ke langit dan tidak terendam air. Skema persentase panel terendam yang akan disimulasikan ditampilkan pada Gambar 1. Nilai persentase terendam panel photovoltaic yang digunakan pada perhitungan adalah sebesar 50%. Nilai ini diharapkan dapat mewakili pengaruh efek rendaman sebagian pada proses pendinginan panel akibat konveksi dengan nilai koefisien konveksi pada bagian terendam ditetapkan sebesar $100 (W/m^2.K)$.



Gambar 1. Skema persentase panel terendam yang akan disimulasikan

Model iradiasi harian dibuat menggunakan data sekunder dari penelitian terdahulu. Asumsi yang digunakan pada pembentukan model pada penelitian ini yaitu nilai iradiasi tertinggi pada referensi saat waktu tertentu akan dijadikan acuan. Alasan pemilihan nilai tertinggi yaitu untuk melihat efek iradiasi terhadap skema pendinginan yang akan disimulasikan. Gambar 2 menampilkan hubungan antara data referensi yang dipilih dan model iradiasi yang digunakan. Data iradiasi yang dipilih dari data sekunder merupakan data pengukuran hari ke 2 dan data hari ke 6 yang dituliskan kembali ke dalam bentuk grafik. Pemilihan hari ke 2 dan hari ke 6 dikarenakan pada hari tersebut nilai iradiasi rata-rata yang diukur memiliki nilai relatif tinggi.



Gambar 2. Model iradiasi yang digunakan [12]

Dari pengambilan nilai tertinggi pada tiap-tiap waktu iradiasi, didapatkan nilai iradiasi rata-rata pada rentang waktu tertentu yang akan digunakan pada proses simulasi. Pengambilan nilai tertinggi diharapkan akan dapat merepresentasikan nilai inputan termal maksimal ke panel PV. Nilai iradiasi rata-rata yang ditetapkan untuk digunakan pada penelitian ini ditampilkan pada Tabel 2 sebagai berikut. Terlihat bahwa nilai iradiasi pada pukul 17.00 hingga 07.00 bernilai 0. Meskipun pada realitanya akan terdapat perbedaan, namun penelitian ini mengasumsikan nilai perbedaan pada rentang tersebut tidak signifikan dan hanya

berfokus untuk melihat efek koefisien konveksi akibat perendaman.

Tabel 2. Nilai iradiasi rata-rata yang digunakan

Waktu	Nilai Iradiasi Rata-rata (W/m ²)
00.00 – 05.00	0
05.00 – 06.00	0
06.00 – 07.00	0
07.00 – 08.00	40
08.00 – 09.00	150
10.00 – 11.00	500
11.00 – 12.00	800
12.00 – 13.00	910
13.00 – 14.00	950
14.00 – 15.00	850
15.00 – 16.00	700
16.00 – 17.00	450
17.00 – 18.00	0
18.00 – 19.00	0
19.00 – 24.00	0

Nilai laju energi yang diserap panel dari iradiasi didapatkan dari persamaan (3) yang mana sebagian nilai iradiasi dipantulkan oleh panel sehingga tidak seluruh iradiasi diserap oleh panel.

$$q_{solar} = \alpha G(t) A_{st} \quad (3)$$

Dengan α merupakan absorptansi permukaan, $G(t)$ (Watt/m²) merupakan iradiasi matahari sesaat dan A_{st} (m²) merupakan luasan panel yang menerima iradiasi. Persamaan (1), (2), dan (3) digunakan untuk menentukan seberapa besar kenaikan temperatur panel dengan menggunakan persamaan (4). Temperatur panel yang disimulasikan dianggap sebagai temperatur rata-rata panel secara keseluruhan. Meskipun tidak dapat menggambarkan sebaran temperatur pada area panel, metode ini dapat memberikan gambaran temperatur rata-rata panel.

$$m c \frac{dT}{dt} = q_{solar} - q_{konv} - q_{rad} \quad (4)$$

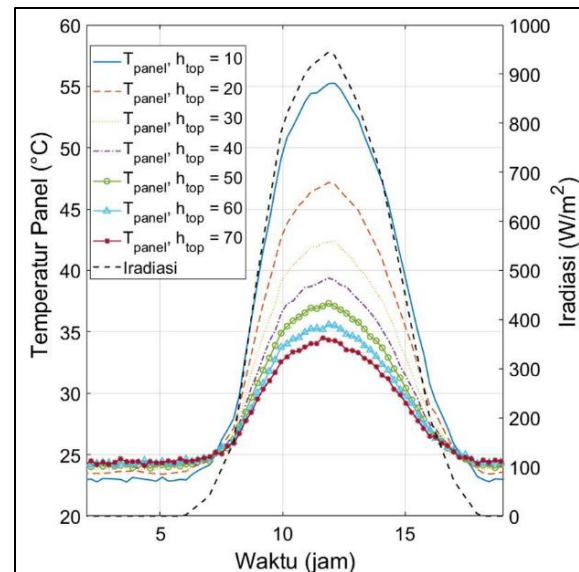
Dengan c (J/Kg.K) adalah kapasitas termal panel dan m (kg) adalah massa total panel. Sehingga dengan menggunakan persamaan

(4), nilai perubahan temperatur panel terhadap suatu rentang waktu kecil $\frac{dT}{dt}$ (K/s) akan dapat ditentukan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil simulasi numerik dengan menggunakan model yang sudah ditetapkan dapat dibagi menjadi beberapa bagian. Pertama adalah pengaruh variasi koefisien konveksi akibat perbedaan media pendingin yang ditinjau dari perbedaan nilai koefisien konveksinya. Kedua yaitu estimasi daya keluaran panel.

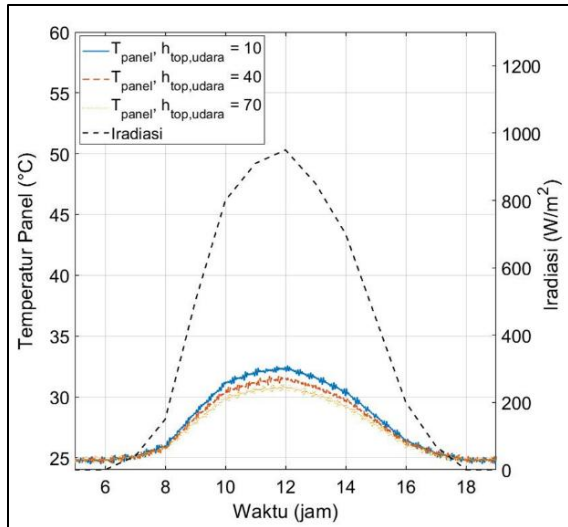
Pengaruh variasi koefisien konveksi akibat perbedaan media pendingin ditampilkan pada Gambar 3 yang menunjukkan kenaikan temperatur seiring dengan kenaikan nilai iradiasi pada tiap rentang waktu. Nilai temperatur tertinggi sebesar lebih dari 55 °C sedangkan nilai temperatur terendah sekitar 24 °C yang terjadi pada kondisi tidak ada nilai iradiasi.



Gambar 3. Kondisi temperatur panel berdasarkan berbagai nilai koefisien konveksi

Terlihat bahwa nilai koefisien konveksi kecil yang menggambarkan kondisi udara lingkungan yang tidak berangin sehingga konveksi yang terjadi hanya mendekati konveksi natural ternyata menghasilkan temperatur panel tertinggi hingga 55 °C. Nilai koefisien konveksi terbesar yang mencerminkan kondisi

lingkungan udara sekitar dengan kondisi yang relatif berangin kencang menghasilkan temperatur panel yang lebih rendah, bahkan pada nilai iradiasi tertinggi hanya mencapai sekitar 35 °C.

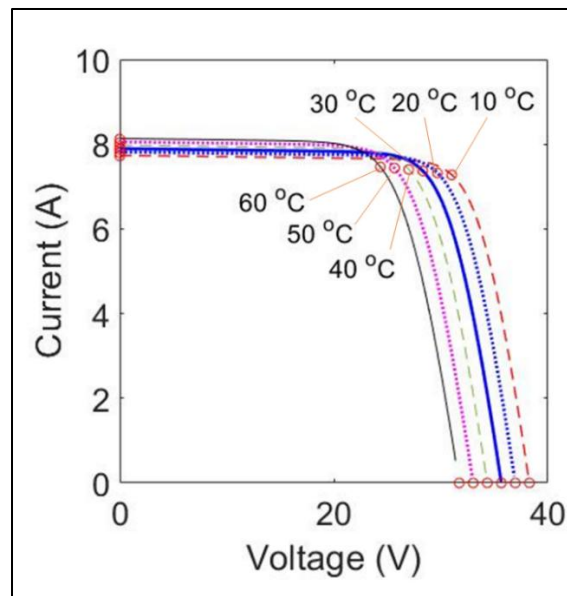


Gambar 4. Kondisi temperatur panel dengan perendaman sebagian (50%)

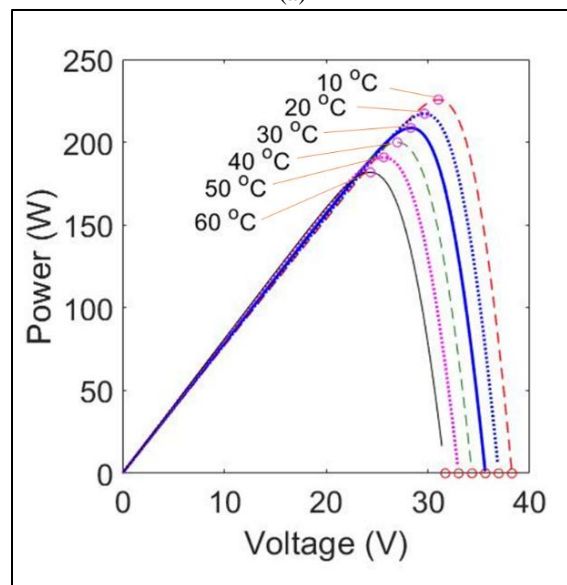
Pendinginan menggunakan fluida air yang hasilnya ditampilkan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa temperatur panel dapat dijaga tetap rendah, yaitu hanya sekitar 31 °C . Hasil ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa tanpa pendinginan, temperatur PV 50 Wp yang diujikan dapat mencapai lebih dari 50 °C, dan dengan memberikan aliran air dapat menurunkan temperatur panel hingga mencapai nilai sekitar 35 °C [15].

Estimasi daya yang dihasilkan oleh panel PV didapatkan dari simulasi numerik dengan variasi temperatur panel saat beroperasi. Spesifikasi hubungan I-V dan P-V panel didapatkan dari perangkat lunak simulink sebagaimana ditampilkan pada Gambar 5 (a) dan 5 (b). Dari spesifikasi yang diberikan, dapat dilihat bahwa pada panel 230 Wp, akan menghasilkan daya tertinggi pada temperatur 10 °C. Pada kondisi operasi normal yang mendekati temperatur lingkungan sekitar 27 °C, temperatur panel masih relatif menghasilkan daya optimal. Namun jika terjadi peningkatan temperatur PV hingga 50 °C, daya keluaran panel langsung menurun ke

nilai sekitar 190 W. Hal ini menunjukkan daya yang lebih tinggi dihasilkan oleh panel dengan temperatur lebih rendah [16]. Hal ini juga menjelaskan bahwa menjaga temperatur panel tetap rendah akan meningkatkan efisiensi konversi energi. Kenaikan temperatur yang terjadi pada panel surya akan menyebabkan terjadinya penurunan daya keluaran. Penurunan daya keluaran ini disebabkan oleh penurunan tegangan yang dihasilkan ketika temperatur panel meningkat [17].



(a)



(b)

Gambar 5. Diagram (a) I-V dan (b) P-V dari PV 230 Wp

Penelitian ini memberikan suatu gambaran terkait pengaruh nilai koefisien konveksi pada sistem pendinginan pasif panel surya yang menggunakan metode perendaman sebagian. Peningkatan nilai koefisien konveksi akan menurunkan temperatur panel dengan lebih signifikan dibandingkan kondisi dengan nilai koefisien konveksi yang lebih rendah. Penentuan kinerja sistem pendinginan pasif dapat tercermin dari nilai koefisien konveksi sistem pendingin. Kinerja sistem pendinginan pasif perendaman akan lebih tinggi jika nilai koefisien konveksi dapat dibuat lebih tinggi. Sebagai saran, dapat dilakukan penelitian lanjutan yang meneliti bagaimana sebaran temperatur pada bagian permukaan panel yang terendam dan yang tidak serta mengamati pengaruhnya terhadap daya keluaran PV.

Kesimpulan

Dari simulasi yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa temperatur panel surya pada akan naik seiring dengan naiknya nilai iradiasi. Nilai temperatur panel surya tertinggi mencapai nilai lebih dari 55 °C yang didapatkan pada kondisi tanpa pendinginan atau keadaan alami tanpa pergerakan udara. Keadaan tanpa pergerakan udara ini merupakan kondisi yang menggambarkan nilai koefisien konveksi yang rendah (menggunakan koefisien konveksi sebesar 10 $W/m^2.K$). Pada nilai koefisien konveksi lebih tinggi yang disimulasikan pada kondisi perendaman (menggunakan koefisien konveksi pada bagian terendam sebesar 100 $W/m^2.K$), nilai temperatur panel dapat diturunkan hingga mencapai nilai 31 °C. Penurunan temperatur ini membuat daya keluaran panel menjadi lebih tinggi akibat naiknya nilai tegangan yang dihasilkan oleh panel surya photovoltaic. Nilai daya yang dihasilkan oleh panel surya 230 Wp dapat mencapai lebih dari 200 Watt pada kondisi temperatur 30 °C dan nilai daya keluaran panel hanya mencapai sekitar 190 Watt pada temperatur 50 °C. Kondisi ini menunjukkan bahwa menjaga temperatur panel tetap

rendah akan meningkatkan daya listrik keluaran panel surya photovoltaic sebesar lebih dari 5% dibandingkan dengan kondisi panel yang beroperasi pada temperatur tinggi.

Ucapan terimakasih

Penelitian ini didukung secara finansial oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Institut Teknologi Kalimantan melalui hibah internal skema RDP.

Referensi

- [1] Hossan, N. et al., 2025. *Solar PV based power generation in Bangladesh : Prospect and Challenges*. Next Res., Vol. 2.
- [2] Rahmany, R. S. dkk., 2024. Optimalisasi Penggunaan Panel Surya Atap Studi Kasus: Arah Hadap Rumah, *Chrankshaft J.*, vol. 7, no. 4, pp. 111–119.
- [3] Utomo, B. et al., 2025. *Solar photovoltaic cooling and power enhancement systems : A review*, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 216, no. p. 115644. doi: 10.1016/j.rser.2025.115644.
- [4] Sianturi, C. M., dkk, 2021. Pengukuran dan Analisa Data Radiasi Matahari di Stasiun Klimatologi Muaro Jambi, *Megasains*, vol. 12, no. 1, pp. 40–47, doi: 10.46824/megasains.v12i1.45.
- [5] Ahmed, A. et al., 2025. *Optimizing PV systems in high-temperature environments : A SWOT-based analysis of cooling technologies*. *Energy Strateg. Rev.*, vol. 61. p. 101828, doi: 10.1016/j.esr.2025.101828.
- [6] Sharma, S. et al., 2024. *The impact of soiling on temperature and sustainable solar PV power generation : A detailed analysis*. *Renew. Energy*, vol. 237, no. PC, p. 121864. doi: 10.1016/j.renene.2024.121864.
- [7] Gascó, C. J. R., 2025. *Performance evaluation of PV panels with the*

- Maisotsenko cooling cycle. Appl. Therm. Eng.*, vol. 282, p. 128859, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2025.128859.
- [8] Shi, Y. et al., 2021. *Model and stability analysis of grid-connected PV system considering the variation of solar irradiance and cell temperature*, *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 132 p. 107155, doi: 10.1016/j.ijepes.2021.107155.
- [9] Ibrahim, M. et al., 2025. *Case Studies in Thermal Engineering Innovative water-cooling system for enhanced energy efficiency in photovoltaic-thermal system*, *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 70
- [10] Jiang, Y. et al., 2025. *Flow A novel integrated system of photovoltaic panel and water still with photovoltaic cooling and heat storage functions*, *Int. J. Heat Fluid Flow*, vol. 116, no. January, p. 109910, doi: 10.1016/j.ijheatfluidflow.2025.109910.
- [11] Ibrahim, H. 2025. *Numerical and experimental analysis of a water cooled photovoltaic-thermal system using modified tubes*. *Appl. Therm. Eng. J.*, vol. 279, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2025.127559.
- [12] Camci, M. and Bayrak, F. 2025. *Thermal management of photovoltaic panels using configurations of spray cooling systems*. *Appl. Therm. Eng. J.*, vol. 274
- doi: 10.1016/j.applthermaleng.2025.126656.
- [13] Manoj, N. et al., 2020. *Case Studies in Thermal Engineering Exergy analysis of thin-film solar PV module in ground-mount , floating and submerged installation methods*, *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 21 p. 100686. doi: 10.1016/j.csite.2020.100686.
- [14] Rosa, M. et al., 2017. *Submerged PV Solar Panel for Swimming Pools : SP3*. *Energy Procedia*, vol. 134, pp. 567–576, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.09.565.
- [15] Pido, R. dkk., 2019. “Analisa Pengaruh Kenaikan Temperatur Permukaan Solar Cell,” *J. Infrastruct. Sci. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 24–30
- [16] Utami, S. dan Daud, A. 2020. Pengaruh Temperatur Panel Surya Terhadap Efisiensi Panel Surya Grafik Radiasi terhadap Temperatur. *J. Energi*, vol. 10, no. November, pp. 7–10.
- [17] Wicaksana, A. G. dan Winardi, B. 2017. Analisis Pengaruh Perubahan Temperatur Dan Irradiasi Pada Tegangan, Arus Dan Daya Keluaran Plts Terhubung Grid 380 V,” *Transient*, vol. 6, no. 2, p. 208