

**EFEKTIFITAS PENAMBAHAN *HEAT SINK* ALUMINIUM PADA PANEL SURYA
UNTUK OPTIMALISASI PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN****Mochamad Choifin^{1*}, Dony perdana¹, Wiji Lestari Ningsih¹**¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Maarif Hasyim Latif
Jl. Ngelom Megare No 30, Kecamatan Taman, Sidoarjo 61257.

*Email: mochamad_choifin@dosen.umaha.ac.id

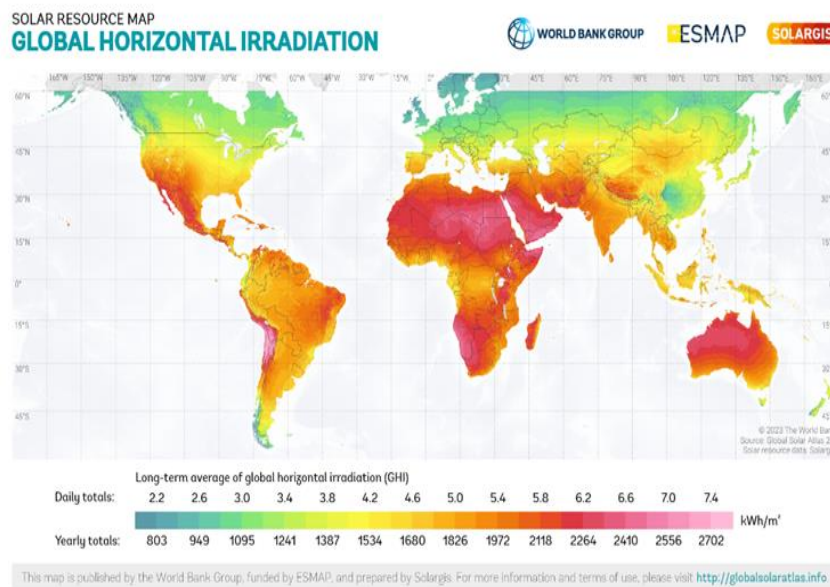
Abstrak

Pada masa sekarang ini panel surya adalah salah satu teknologi yang populer dan terus berkembang dalam aplikasi Energi Baru Terbarukan (EBT). Panel surya berbasis silikon adalah yang paling umum digunakan pada saat ini. Karena Radiasi sinar matahari dapat kita jumpai setiap harinya. Jadi panel surya dapat menjawab terkait permasalahan energi yang ada saat ini. Namun demikian, peningkatan temperatur operasional panel surya dapat menurunkan daya dan efisiensinya. Dan sering kali panel surya akibat tingginya temperature yang ada pada permukaan panel surya sering kali sampai terbakar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meminimalisir panas yang terjadi pada panel surya akibat dari radiasi yang di tangkap pada permukaan panel surya, sehingga dilakukan penambahan heat sink sebagai media pendingin pada panel surya. diharapkan panel surya akan bekerja optimal terhadap daya dan efisiensi panel surya tersebut tetap terjaga. Metode dari pada penelitian ini yaitu di tempelkannya Heat sink Aluminium pada permukaan bagian bawah panel surya untuk mengurangi panas akibat radiasi yang tinggi. Penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan mengetahui pengaruh jumlah fin aluminium pada heat sink dengan base Aluminium terhadap unjuk kerja panel surya. Berdasarkan data dan analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan Panel surya dengan heat sink tanpa fin dan 10 fin mampu menurunkan temperatur kerja sebesar 3,3 °C, 6,7 °C lebih rendah dibandingkan panel surya tanpa pendingin dan Panel surya dengan heat sink tanpa fin mampu meningkatkan nilai daya maksimum sebesar 4,58 W dan efisiensi sebesar 1,17% lebih tinggi dibandingkan sel surya tanpa pendingin. Pada panel surya dibandingkan sel surya tanpa pendingin. Sedangkan panel surya dengan heat sink 10 fin mampu meningkatkan nilai daya maksimum sebesar 8,56 W dan efisiensi sebesar 2,23% lebih tinggi dibandingkan sel surya tanpa pendingin.

Kata kunci: panel surya, heat sink, pendinginan, temperatur, efisiensi.

PENDAHULUAN

Energi adalah isu yang penting untuk manusia diseluruh dunia. Energi diklasifikasikan jadi dua jenis yang berbeda, yaitu energi terbarukan serta energi tidak terbarukan. Untuk melangsungkan pertumbuhan ekonomi dunia, manusia tidak bisa terus bergantung dalam penggunaan energi dari hasil fosil (gas alam, minyak serta batu bara) (Dan & Pendingin, 2021). Mayoritas energi yang ada dunia dibuat dari hasil pemanfaatan fosil. Cadangan energi dari pemanfaatan fosil yang terbatas menimbulkan harga energi dari fosil terus meningkat. Terdapat beberapa sumber energi alternatif terbarukan seperti angin, air, biomassa, panas bumi dan matahari. Energi matahari sangat melimpah jumlahnya Wilayah Indonesia memiliki potensi energi matahari harian sebesar 4,8 kWh/m² (Sciences, 2020) Gambar 1. memaparkan data sebaran iradiasi matahari di seluruh dunia menurut Global Horizontal Irradiation (GHI) tahun 2023. Indonesia merupakan salah satu negara di Asia yang mempunyai potensi besar dalam mengembangkan energi surya.



Gambar 1. Sebaran iradiasi matahari di dunia (Solargis, 2023).

Energi matahari berupa cahaya dan panas dipancarkan ke bumi dalam rentang waktu yang tertentu. Energi cahaya dan panas matahari dapat dimanfaatkan menggunakan alat pengkonversi energi. Panas matahari dapat digunakan oleh kolektor surya sebagai pemanas fluida atau pemanas air (Krstic et al., 2024). Cahaya sinar matahari dapat dikonversi oleh panel surya menjadi energi Listrik.

Terdapat tiga generasi panel surya yang telah dikembangkan hingga saat ini di dunia. Generasi yang pertama menggunakan bahan berupa semi-konduktor berupa silikon (Si) mono-kristal ataupun poli-kristal. Sedangkan Panel surya generasi kedua adalah Panel surya lapisan tipis (thin film). Sedangkan sel surya generasi ketiga merupakan sel surya berbasis pewarna tersensititasi (Dye-sensitized solar cell) (Lv et al., 2024)

Panel surya pada generasi pertama masih menjadi yang paling banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari di masyarakat. Panel surya tersebut memiliki keunggulan berupa efisiensi yang paling tinggi diantara generasi Panel surya yang lain. Efisiensi merupakan ukuran kemampuan suatu Panel surya untuk merubah radiasi Sinar matahari menjadi daya listrik. Saat ini panel surya atau photovoltaic (pv) berbasis silikon yang berada di pasaran memiliki efisiensi berkisar antara 14% hingga 19%, sisanya akan terbuang sebagai panas (El-nagar et al., 2024)

Besarnya efisiensi dari suatu modul Panel surya dapat menggambarkan kinerjanya. Kinerja operasional suatu Panel surya dipengaruhi oleh dua variabel utama, yaitu intensitas radiasi cahaya matahari dan temperatur operasional yang bekerja. Intensitas radiasi cahaya matahari yang diterima panel surya sebanding dengan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Apabila kondisi temperatur lebih tinggi dengan intensitas cahaya matahari yang tetap, maka tegangan listrik yang dihasilkan panel surya akan berkurang (Ansari & Jeong, 2022)

Temperatur operasional panel surya dapat mencapai 78°C – 88 °C pada intensitas radiasi matahari 1000 W/m². Temperatur operasional yang optimal bagi sel surya umumnya adalah 25°C. Kenaikan temperatur 1°C dapat menyebabkan berkurangnya daya keluaran panel surya sebesar 0,4% sampai 0,65% dari total tenaga yang dihasilkan (Lv et al., 2024). Sehingga temperatur operasional panel surya yang tinggi akan berpengaruh secara langsung terhadap penurunan unjuk kerja panel surya. Oleh sebab itu, salah satu cara yang efektif untuk meningkatkan efisiensi panel surya adalah dengan menurunkan temperatur panel surya saat sedang bekerja (Refaey et al., 2023). Terdapat beberapa metode pendinginan untuk menurunkan temperatur operasional dari sel surya. Pendinginan sel surya dapat dilakukan secara aktif maupun pasif (Lv et al., 2024)(Singh & Sharma, 2022)

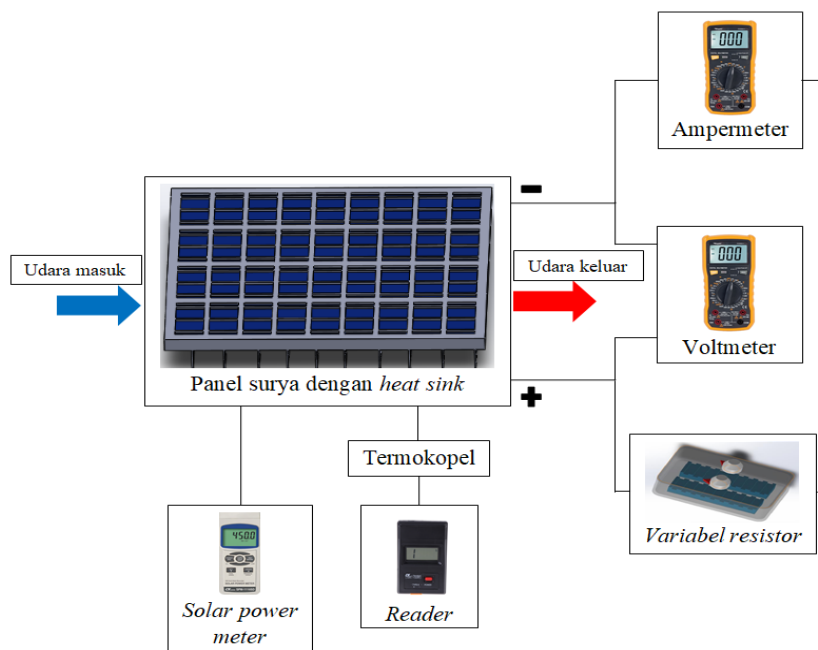
Berdasarkan penelitian yang telah ada, rata-rata penggunaan pendinginan aktif mampu menurunkan temperatur operasional sel surya $7,5^{\circ}\text{C}$ lebih besar dari penggunaan pendinginan pasif (Refaey et al., 2023). Walaupun demikian, alat pendingin aktif harus memerlukan tambahan daya masukan tertentu, sehingga penggunaan alat pendingin sel surya aktif akan mengurangi efisiensi keseluruhan sistem panel surya tersebut.

METODOLOGI

Terdapat beberapa metode pendinginan pasif yang dapat digunakan, yaitu menambahkan phase change material, mengapungkan sel surya di atas air dan menambahkan heat sink Alumunium pada panel surya (Johnston et al., 2021). Penambahan heat sink pada sel surya memiliki kelebihan berupa kemudahan dalam manufaktur, pemasangan, dan fleksibilitas penempatan panel surya. Penambahan heat sink Alumunium mampu menurunkan temperatur operasional hingga 4,2% (Hariri et al., 2022)(Hong et al., 2024)

Variasi bentuk geometri heat sink Alumunium mempengaruhi performa dalam memindahkan panas. Heat sink Alumunium dengan geometri sirip berlubang memiliki koefisien perpindahan panas lebih tinggi dari pada sirip pejal (Sivashankar & Selvam, 2022) (Shahsavari et al., 2022). Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan metode pendinginan pasif berupa penambahan variasi heat sink Alumunium pada modul sel surya. Metode pendinginan pasif dengan menggunakan heat sink Alumunium ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi modul sel surya skala kecil secara efektif. Perancangan atau design dimaksudkan untuk mendapatkan desain yang sesuai dengan panel surya yang ada dan untuk mengukur tingkat efektifitas kerja dilapangan.

Setelah Perancangan dirasa sudah sesuai dilakukan proses pembuatan heat sink bersirip dengan cara proses welding menggunakan pengelasan dengan menggunakan las TIG Aluminium dengan hati-hati karena material kerja yang sangat tipis bisa mengakibatkan berlubang, setelah pembuatan selesai kita lakukan proses pemasangan pada permukaan bagian bawah panel surya dengan melapisi lapisan thermal grease seperti pada gambar skema dibawah.



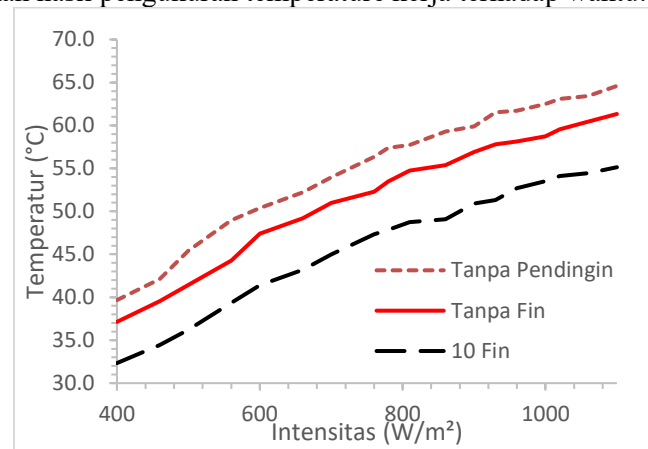
Gambar 2. Desain pengujian dan alat yang digunakan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Temperatur

Kenaikan temperatur kerja dapat mempengaruhi performa yang dihasilkan oleh panel surya. Performa panel surya akan turun seiring dengan naiknya temperatur kerja akibat banyaknya energi foton yang diserap. Penambahan heat sink alumunium dengan fin aluminium mampu menurunkan

temperatur kerja panel surya. Variasi jumlah fin aluminium yang digunakan mempengaruhi laju perpindahan panasnya. Data pengaruh temperatur kerja terhadap kenaikan intensitas radiasi matahari, menunjukkan hasil pengukuran temperature kerja terhadap waktu.

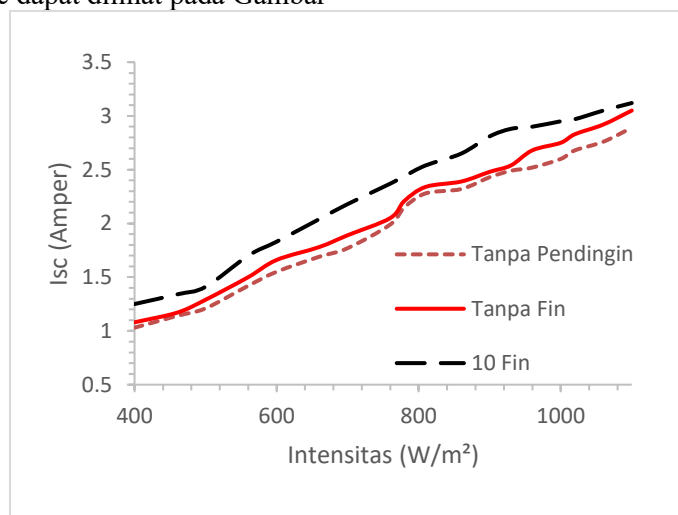


Gambar 3. Grafik hubungan intensitas radiasi matahari terhadap temperatur kerja

Pada intensitas radiasi matahari $1100 W/m^2$, diperoleh temperatur kerja maksimum untuk setiap variasi percobaan. Percobaan panel surya tanpa pendingin, panel surya dengan *heat sink* tanpa *fin*, dan panel surya dengan *heat sink* 10 *fin* memperoleh temperatur maksimum berturut-turut adalah $64,7^{\circ}C$, $61,4^{\circ}C$, dan $55,2^{\circ}C$.

1. Short-Circuit Current (I_{sc})

Short circuit current (I_{sc}) merupakan kondisi arus maksimum yang didapat ketika nilai hambatan pada rangkaian mendekati nol. Peningkatan intensitas radiasi matahari mempengaruhi nilai I_{sc} . Data hasil pengukuran I_{sc} dapat dilihat pada Gambar



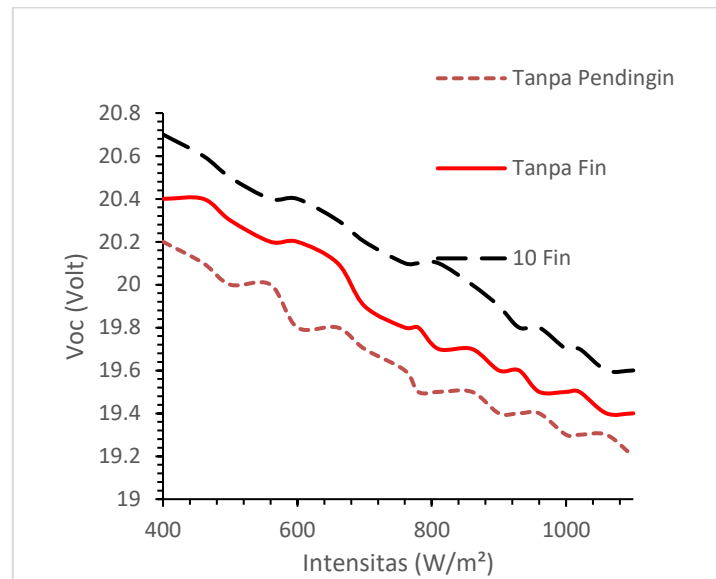
Gambar 4. Grafik hubungan intensitas radiasi matahari terhadap short circuit current (I_{sc})

variasi percobaan panel surya tanpa pendingin, panel surya dengan *heat sink* tanpa *fin*, dan 10 *fin* memperoleh nilai I_{sc} maksimum berturut-turut sebesar 2,88 A, 3,07 A, dan 3,14 A.

2. Open-Circuit Voltage (V_{oc})

Open circuit voltage (V_{oc}) merupakan kondisi tegangan maksimum yang diperoleh ketika nilai hambatan tinggi sehingga tidak ada arus yang mengalir pada rangkaian. Nilai V_{oc} dipengaruhi oleh

besarnya intensitas radiasi matahari dan temperatur pada panel surya. Data hasil pengukuran Voc terhadap intensitas radiasi matahari dapat dilihat pada Gambar 5.

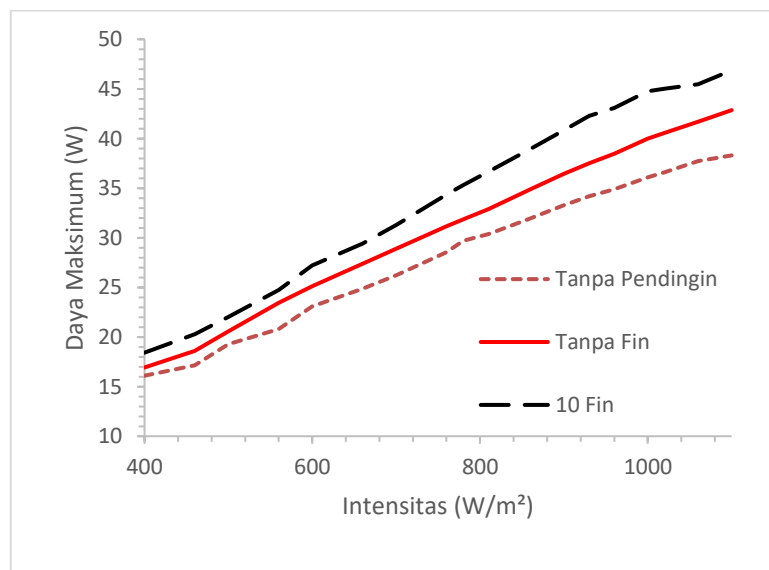


Gambar 5. Grafik hubungan intensitas radiasi matahari terhadap *Open-circuit voltage* (Voc)

Penurunan Voc terjadi ketika intensitas 400 W/m² sampai 1100 W/m² pada panel surya tanpa pendingin yaitu dari 20,3 V ke 19,3 V. Pada panel surya dengan *heat sink* tanpa *fin* mengalami penurunan nilai Voc dari 20,5 V ke 19,6 V. Sedangkan pada panel surya dengan *heat sink* 10 *fin* mengalami penurunan nilai Voc dari 20,8 V ke 19,7 V.

3. Daya Maksimum (PMPP)

Hasil perkalian antara tegangan dan arus maksimum disebut daya maksimum (P_{MPP}). Daya merupakan energi yang dihasilkan dalam periode waktu tertentu. Gambar 6 menunjukkan data hasil perhitungan daya maksimum yang dilakukan dalam penelitian.



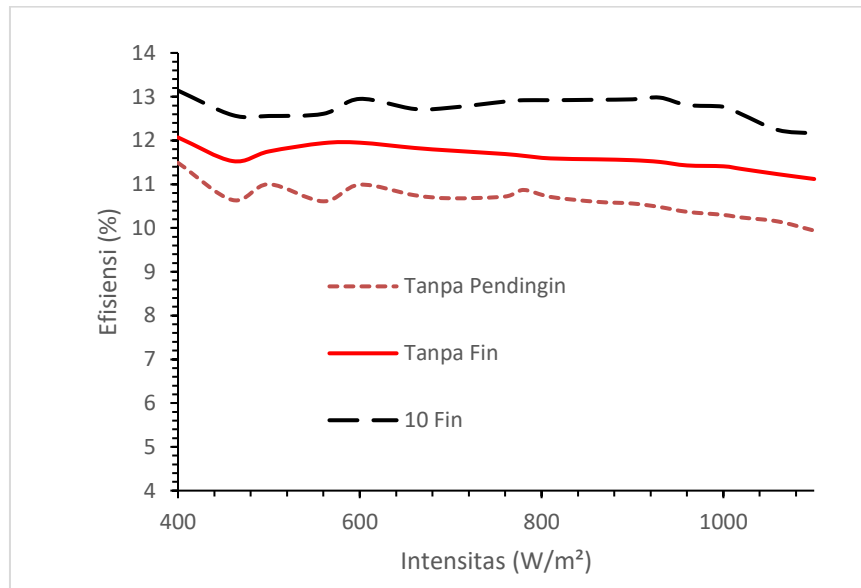
Gambar 6. Grafik hubungan intensitas radiasi matahari terhadap daya maksimum (P_{MPP})

Peningkatan nilai daya maksimum terjadi ketika intensitas radiasi matahari sebesar 400 W/m² sampai 1100 W/m² pada panel surya tanpa pendingin yaitu dari 16,09 W ke 38,32 W. Pada variasi

percobaan panel surya dengan *heat sink* tanpa *fin* menunjukkan peningkatan daya maksimum dari 16,95 W ke 42,84 W. Sedangkan daya maksimum panel surya dengan *heat sink* 10 *fin* meningkat dari 18,43 W ke 46,88 W.

4. Efisiensi

Efisiensi panel surya diperoleh dari hasil perbandingan antara daya maksimum (P_{MPP}) terhadap daya radiasi matahari ($Plight$) yang diterima panel surya. $Plight$ diperoleh dari hasil perkalian intensitas cahaya matahari ($Irad$) dengan luas daerah panel surya (A). Data hasil perhitungan efisiensi panel surya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik hubungan temperatur kerja terhadap efisiensi

Pada intensitas $1100 W/m^2$, panel dengan *heat sink* 10 *fin* menghasilkan tingkat efisiensi tertinggi dibandingkan variasi yang lain yaitu 12,18% ketika temperatur $55,3 ^\circ C$. Panel surya dengan *heat sink* tanpa *fin* menghasilkan efisiensi sebesar 11,13% ketika temperatur $61,5 ^\circ C$. Sedangkan panel surya tanpa pendingin menghasilkan efisiensi terendah yaitu 9,95% ketika temperatur $64,7 ^\circ C$. Penggunaan *heat sink* 10 *fin*, dan tanpa *fin* mampu meningkatkan nilai efisiensi masing-masing sebesar 2,23%, dan 1,17% lebih tinggi dibandingkan panel surya tanpa pendingin.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan mengetahui pengaruh jumlah *fin* aluminium pada *heat sink* dengan base Aluminium terhadap unjuk kerja panel surya.
2. Panel surya dengan *heat sink* tanpa *fin* dan 10 *fin* mampu menurunkan temperatur kerja sebesar $3,3 ^\circ C$, $6,7 ^\circ C$ lebih rendah dibandingkan panel surya tanpa pendingin dan Panel surya dengan *heat sink* tanpa *fin* mampu meningkatkan nilai daya maksimum sebesar 4,56 W dan efisiensi sebesar 1,18% lebih tinggi dibandingkan sel surya tanpa pendingin. Pada panel surya dibandingkan sel surya tanpa pendingin. Sedangkan panel surya dengan *heat sink* 10 *fin* mampu meningkatkan nilai daya maksimum sebesar 8,57 W dan efisiensi sebesar 2,22% lebih tinggi dibandingkan sel surya tanpa pendingin

Saran

1. Perlu Diperhatikan pengaruh variasi aliran udara pada *fin heat sink* terhadap unjuk kerja panel surya.
2. Kondoisi Awan atau mendung di siang hari harus menjadi pertimbangan dalam pengambilan data.
3. Diperlukan Pengontrolan secara berkala terhadap lapisan pendingin yang ada

DAFTAR PUSTAKA

- Ansari, D., & Jeong, J. H. (2022). A novel variable-height-pinfin isothermal heat sink for densely-packed concentrated photovoltaic systems. *Energy Conversion and Management*, 258(December 2021), 115519. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115519>
- Dan, P., & Pendingin, S. (2021). *PENDINGINAN PANEL SURYA MENGGUNAKAN KOTAK*. 9503(2014), 73–79.
- El-nagar, D. H., Emam, M., El-betar, A. A., & Nada, S. A. (2024). Performance improvement of building-integrated photovoltaic panels using a composite phase change material-carbon foam heat sink : An experimental study. *Journal of Building Engineering*, 91(February), 109623. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109623>
- Hariri, A. Al, Selimli, S., & Dumrul, H. (2022). Effectiveness of heat sink fin position on photovoltaic thermal collector cooling supported by paraffin and steel foam : An experimental study. *Applied Thermal Engineering*, 213(April), 118784. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.118784>
- Hong, Y., Bai, D., Shi, Y., Zhao, L., Jiao, F., & Du, J. (2024). Experimental study of phase change material heat sinks coupled with Cantor fractal fins for thermal management of photovoltaic systems. *Applied Thermal Engineering*, 243(January), 122474. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.122474>
- Johnston, E., Szabo, P. S. B., & Bennett, N. S. (2021). Cooling silicon photovoltaic cells using finned heat sinks and the effect of inclination angle. *Thermal Science and Engineering Progress*, 23(March), 100902. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2021.100902>
- Krstic, M., Pantic, L., Djordjevic, S., Radonjic, I., Begovic, V., & Radovanovic, B. (2024). Passive cooling of photovoltaic panel by aluminum heat sinks and numerical simulation. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(1), 102330. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102330>
- Lv, S., Duan, J., Lv, G., & Ma, W. (2024). A novel layout of the heat-sink base with a high cooling efficiency for polysilicon reduction furnace. *Applied Thermal Engineering*, 239(November 2023), 122197. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.122197>
- Refaey, H. A., Alharthi, M. A., Bendoukha, S., & Ghani, S. (2023). Case Studies in Thermal Engineering An experimental investigation on passive cooling of a triple-junction solar cell at high concentrations using various straight-finned heat sink configurations. *Case Studies in Thermal Engineering*, 51(August), 103626. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103626>
- Sciences, T. (2020). *A Numerical Approach to Study the Performance of Photovoltaic Panels by using Aluminium Heat Sink*. 2(2), 97–105.
- Shahsavari, A., Jha, P., & Baniasad, I. (2022). Experimental study of a nanofluid-based photovoltaic / thermal collector equipped with a grooved helical microchannel heat sink. *Applied Thermal Engineering*, 217(October 2021), 119281. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.119281>
- Singh, S., & Sharma, S. L. (2022). *REVIEW PAPER ON THERMAL PERFORMANCE OF HEAT*. March. <https://doi.org/10.15224/978-1-63248-142-9-34>
- Sivashankar, M., & Selvam, C. (2022). Experimental investigation on the thermal performance of low-concentrated photovoltaic module using various pin-fin configurations of heat sink with phase change materials. *Journal of Energy Storage*, 55(PB), 105575. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105575>