

PENDINGINAN PANEL SURYA MENGGUNAKAN KOTAK PENDINGIN DAN SIRIP PENDINGIN

Gunawan Rudi Cahyono¹, Pathur Razi Ansyah², Nuryasin Qadimil Awaly³

^{1, 2, 3}Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia

Email: gunawan.cahyono@ulm.ac.id

Received: April 28, 2021; Accepted : May 27, 2021; Published : May 31, 2021

ABSTRACT

An alternative energy source that can be utilized in Indonesia is solar energy, this energy is obtained from the intensity of solar radiation and then, is converted into electrical energy with solar panels technology. The performance of the solar panel is strongly influenced by the surface temperature of the panel because the semiconductor material in the panel is sensitive to temperature changes. However, the cooling process in solar panels to maintain temperature panels is important. This study combines the use of a cooling box and fins by considering fins with a very limited area. Experiments were carried out to observe natural and forced convection with or without fins in a cooling box. The results obtained that the natural convection cooling process of the panels using the cooling box and fins (without airflow) can reduce the temperature of the solar panels by 3.52%, on the other hand, by using forced convection process (with airflow), the cooling box and fins can reduce the temperature of solar panels by 3.78%. The effectiveness of fins in the case without airflow is 24.63%, but then the case of airflow cooling of solar panels is 16.63%. The addition of fins on natural convection cooling (without airflow) of solar panels causes the heat transfer area to increase, thereby increasing the rate of heat transfer between the solar panels and the air.

Keywords: Solar Cell, Heat Transfer, Fins

ABSTRAK

Salah satu Sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan di Indonesia adalah energi surya, energi ini didapat dari intensitas radiasi matahari yang masuk sampai ke bumi kemudian diubah menjadi energi listrik dengan teknologi panel surya. Performa panel surya sangat dipengaruhi oleh temperatur permukaan panel surya karena material semikonduktor yang terdapat didalam panel sensitif terhadap perubahan temperatur. Dengan melihat pentingnya proses pendinginan pada panel surya, penelitian ini mengkombinasikan penggunaan kotak dan sirip pendingin dengan mempertimbangkan sirip dengan luasan sangat terbatas. Percobaan yang dilakukan untuk mengamati konveksi alami dan paksa dengan atau tanpa sirip dalam kotak pendingin. Hasil yang didapatkan bahwa pada kasus pendinginan konveksi alami panel surya menggunakan kotak dan sirip pendingin dapat menurunkan temperatur panel surya sebesar 3,52%, sedangkan pada kasus konveksi paksa menggunakan kotak pendingin dan sirip dapat menurunkan temperatur panel surya sebesar 3,78%. Efektivitas sirip pada kasus pendinginan konveksi alami panel surya sebesar 24,63%, Sedangkan pada kasus pendinginan konveksi paksa panel surya sebesar 16,63%. Penambahan sirip pada panel surya berpendingin konveksi alami menyebabkan luasan area perpindahan panas bertambah sehingga meningkatkan laju perpindahan panas antara panel surya dengan udara.

Kata Kunci: Panel Surya, Perpindahan Panas, Sirip Pendingin

1. PENGANTAR

Intensitas radiasi matahari di luar atmosfer bumi sebesar 1360 W/m^2 , Setelah disaring oleh atmosfer bumi beberapa spektrum cahaya hilang, dan intensitas pada puncak radiasi menjadi sekitar 1000 W/m^2 . Nilai ini menunjukkan tipikal intensitas radiasi pada keadaan permukaan tegak lurus terhadap sinar matahari dengan keadaan cerah. [1]. Berdasarkan letak geografis, Indonesia sangat berpotensi untuk menjadikan energi surya sebagai salah satu sumber energi masa depan, mengingat Indonesia terletak pada garis khatulistiwa, yang berarti Indonesia selalu disinari matahari sepanjang tahun. energi matahari adalah energi yang tidak menghasilkan polutan[2]. Temperatur dari sel surya sangat mempengaruhi perpindahan elektron, karena komponen semikonduktor pada sel surya sangat sensitif terhadap perubahan temperatur. Ketika temperatur naik, maka *band gap* (selisih atau celah antara pita valensi dengan pita konduksi) semikonduktor menurun, sehingga nilai resistansi semakin meningkat dan perpindahan elektron semakin melambat.[3]. Rizal et al. (2014) Melakukan kaji eksperimental pendinginan panel surya dengan menggunakan media udara sebagai upaya peningkatan performa yang mana ketika panel surya terlalu panas daya yang dihasilkan akan menurun. Pada penelitian tersebut udara dihisap menggunakan blower dengan variasi kecepatan udara 1-2 m/s,

hasil dari penelitian tersebut dapat menaikkan efisiensi listrik sebesar 7%-7,8%.[4]. Gunawan et al (2020) melakukan kaji eksperimental pendinginan panel surya menggunakan variasi hembusan udara dengan dan tanpa kotak pendingin. Kotak pendingin berfungsi untuk memberi ruang agar udara dapat bersirkulasi secara alami, pada konveksi paksa kotak pendingin yang dilengkapi dengan sudu pengarah berfungsi untuk mengarahkan dan membuat udara menjadi turbulen untuk meningkatkan pertukaran panas. Data yang didapatkan yaitu bahwa hasil pengujian panel surya tanpa pendinginan, temperature panel surya pada kisaran $38 - 52,875^{\circ}\text{C}$, sementara menggunakan kotak pendinginan dengan kecepatan udara bervariasi yaitu 2, 3, 4 dan 5 m/s, temperature panel surya pada kisaran $33,43 - 40,5^{\circ}\text{C}$, atau rata-rata terjadi penurunan sebesar 17.7% [5]. Sementara itu penelitian Aly ,M.A at al (2019) menggunakan media sistem pendingin heat sink bersirip dengan dimensi $180\text{mm} \times 100\text{mm} \times 45\text{ mm}$, untuk melakukan proses pendinginan pada panel surya polikristalin tegangan 6 volt dan arus 12,5 mA berdimensi $65\text{ mm} \times 165\text{ mm}$. Penelitian ini menyelidiki kinerja sel surya yang digabungkan dengan heat sink yang didinginkan oleh udara pendingin alami dan paksa menggunakan kipas DC 12 V, yang dihisap pada bidang bebas. Dengan mengatur lampu halogen 1000 watt sebagai simulator radiasi matahari, didapatkan hasil bahwa terjadi penurunan temperature pada panel surya tanpa hembusan udara sebesar 5.4% dan menggunakan hembusan udara sebesar 11%.[6]

Sudah diketahui bahwa semakin besar daya yang dihasilkan panel surya, maka berbanding lurus dengan luasan panel surya itu sendiri. Sehingga menambah juga luasan media pendinginnya. Dari penelitian yang sudah dilakukan, penulis mencoba mengkombinasikan penggunaan kotak pendingin dan sirip pendingin dengan mempertimbangkan sirip dengan luasan sangat terbatas. Percobaan yang dilakukan untuk mengamati konveksi alami dan paksa dengan atau tanpa sirip dalam kotak pendingin.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Studi Literatur

2.1.1 Panjang Gelombang Cahaya

Cahaya merupakan salah satu bentuk gelombang elektro magnetik[7]. Setiap waktunya matahari melepaskan radiasi elektromagnetik dengan rentang spektrum yang sangat luas, hanya sebagian kecil yang merupakan spektrum kasat mata yang dapat terlihat oleh mata manusia. Panjang gelombang cahaya nantinya akan mempengaruhi efisiensi sel surya. Semakin kecil nilainya, maka nilai efisiensinya semakin besar.

2.1.2 Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya, adalah banyaknya cahaya yang jatuh di penampang sel surya. perubahan intensitas cahaya yang mengenai sel surya mempengaruhi nilai efisiensi konversi dari sel surya[1], karena cahaya sangat mempengaruhi kerja sel surya, karena *output* yang akan dihasilkan oleh sel surya akan bergantung pada jumlah intensitas cahaya itu sendiri.

2.1.3 Sudut Datang Cahaya

Hukum Kosinus Lambert menyatakan bahwa “intensitas cahaya yang jatuh pada sebuah bidang datar harus berbanding lurus terhadap (sudut) kosinus dari sudut yang dibentuk arah sumber cahaya dengan garis normal dari bidang datar itu”. Maka sudut datangnya cahaya akan sangat berpengaruh terhadap intensitas cahaya yang akan didapatkan panel surya.

2.1.4 Temperatur Sel Surya

Temperatur pada sel surya akan sangat mempengaruhi perpindahan elektron. karena material utama dari sel surya bersifat semikonduktor yang sangat sensitif terhadap perubahan temperatur. Ketika temperatur naik, maka band gap semikonduktor menurun, sehingga resistansi meningkat dan perpindahan elektron melambat[3], panel surya akan bekerja optimal ketika temperatur berada pada 25°C [8].

Penambahan sirip pada bagian bawah panel tentunya akan menambah luas permukaan dari panel surya, yang mana akan meningkatkan perpindahan panas dari panel, sehingga dapat menurunkan temperatur maksimal panel. Untuk membuktikannya, akan dilakukan analisis mengenai laju perpindahan panas yang terjadi pada panel dan sirip.

2.1.5 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas melalui konveksi biasanya terjadi dengan medium fluida dalam penelitian ini fluida yang digunakan adalah udara. Pada umumnya persamaan yang digunakan pada perpindahan panas secara konveksi adalah[7]:

$$q = h A (T_s - T_{\infty}) \quad (1)$$

$$h = \frac{Nu \cdot k}{l} \quad (2)$$

Keterangan:

q = laju perpindahan panas (Watt),

h = koefisien konveksi W/(m².K),

A = luas permukaan (m²),

T_s = temperatur dinding (K)

T_∞ = adalah temperatur fluida (K).

k = konduktivitas termal (W/m.K),

l = panjang lintasan bidang datar (m),

Nu = bilangan *Nusselt*.

Perpindahan panas secara konveksi dibagi menjadi dua yaitu konveksi alami dan konveksi paksa, dalam konveksi paksa pada plat datar bilangan Nu ditentukan menggunakan persamaan berikut[9]:

$$Nu = 0,037Re^{0,8}Pr^{\frac{1}{3}} \quad (3)$$

$$Re = \frac{\rho \times v \times l}{\mu} \quad (4)$$

Keterangan:

Re = bilangan *Reynold*,

Pr = bilangan *Prandtl*,

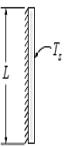
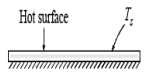
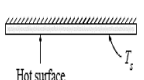
ρ = densitas fluida (kg/cm³),

v = kecepatan udara (m/s),

l = panjang lintasan (m),

μ = viskositas fluida (m²/s).

Dan untuk menentukan Nu pada konveksi alami pada plat datar dapat menggunakan persamaan pada Gambar 1 di bawah ini.

Geometry	Characteristic length L_c	Range of Ra	Nu
Vertical plate 	L	10^4-10^9 10^9-10^{13} Entire range	$Nu = 0.59Ra_l^{1/4}$ $Nu = 0.1Ra_l^{1/3}$ $Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387Ra_l^{1/4}}{[1 + (0.492/Pr)^{1/4}]^{1/4}} \right\}^2$ (complex but more accurate)
Horizontal plate (Surface area A and perimeter p) (a) Upper surface of a hot plate (or lower surface of a cold plate) 	A_s/p	10^4-10^7 10^7-10^{11}	$Nu = 0.54Ra_l^{1/4}$ $Nu = 0.15Ra_l^{1/3}$
(b) Lower surface of a hot plate (or upper surface of a cold plate) 		10^5-10^{11}	$Nu = 0.27Ra_l^{1/4}$

Gambar 1. Persamaan Nu Number Pada Plat Datar[10]

Untuk menentukan Ra dapat menggunakan persamaan berikut[10]:

$$Ra = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)Lc^3}{\nu^2}Pr \quad (5)$$

Keterangan:

g = gaya gravitasi bumi (m/s²),

β = koefisien temperatur $1/T_f$ (K),

ν = viskositas kinematis fluida (m²/s).

Kemudian untuk menghitung efektivitas dari sirip yang digunakan dapat menggunakan rumus[11] :

$$\varepsilon = \frac{q_f}{q_p} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

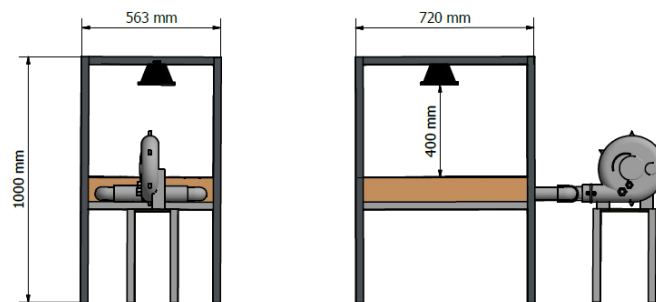
ε = efektivitas sirip (%),

q_f = panas yang dilepaskan sirip,

q_p = panas yang dilepaskan panel.

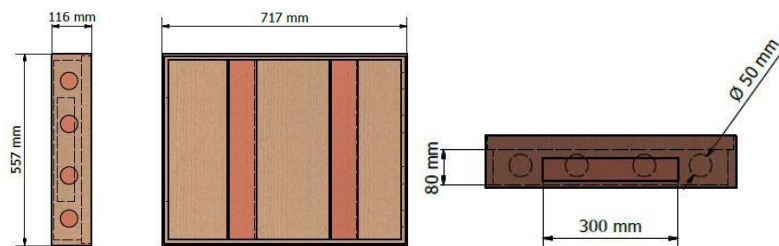
2.2 Metode Penelitian

Penelitian ini mulai dilaksanakan pada bulan Februari 2020. Penelitian dan pembuatan alat dilakukan di Jl. Pamajatan RT. 007, RW. 003, kec. Gambut, kab. Banjar. Alat dan bahan yang digunakan yaitu Anemometer, Sensor temperatur, Sensor Daya, Laptop, *Micro Controller*, *Luxmeter*, Kotak pendingin, dan *Solar simulator*. *Solar simulator* dilengkapi dengan lampu sorot halogen 500 W dengan *efficacy* sebesar 18 lm/W[12] dan blower yang digunakan untuk menghembuskan udara ke kotak pendingin melewati pipa saluran udara. Kecepatan udara yang masuk diatur sebesar 2 m/s.



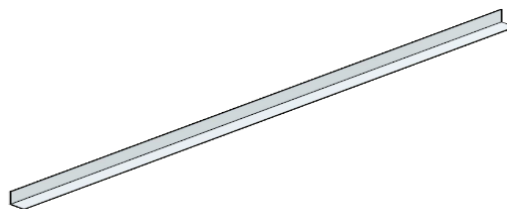
Gambar 2. *Solar Simulator*

Pada pendinginan alami kotak pendingin berfungsi untuk memberi ruang agar udara dapat bersirkulasi secara alami, pada konveksi paksa kotak pendingin yang dilengkapi dengan sudu pengarah berfungsi untuk mengarahkan dan membuat udara menjadi turbulen untuk meningkatkan pertukaran panas.



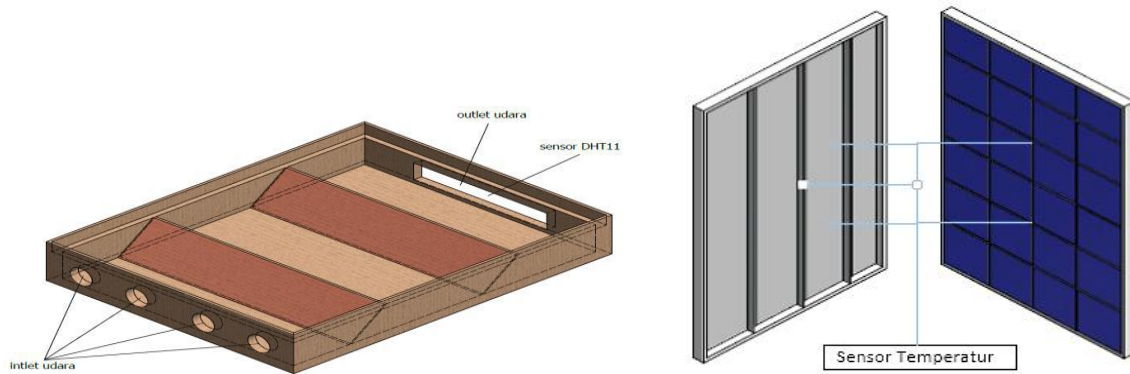
Gambar 3. Kotak Pendingin

Sirip pendingin berfungsi untuk menambah luas permukaan untuk meningkatkan perpindahan panas. Sirip yang digunakan pada penelitian ini merupakan seng yang mempunyai tinggi 20 mm dan panjang 700 mm sebanyak 3 buah.



Gambar 4. Sirip Pendingin

Berikut adalah skema instalasi dari penelitian ini:



Gambar 5. Instalasi Penelitian

2.3 Prosedur Penelitian:

- Pengujian pertama dilakukan pada panel surya tanpa menggunakan sirip pendingin.
- Kemudian, letakan panel surya pada kotak pendingin.
- Letakan pada *solar simulator*.
- Nyalakan *solar simulator* tanpa menyalakan blower.
- Catat perubahan T_{∞} adalah temperatur ruangan, T_s adalah rata-rata temperatur permukaan panel Surya, T_r adalah rata-rata temperatur permukaan sirip, arus *output* panel (I) dan tegangan *output* dari panel (V) setiap 5 Menit hingga kondisi temperatur *steady*.
- Matikan *solar simulator* dan dinginkan solar panel.
- Ulangi langkah b - f dengan menggunakan hembusan udara dari blower dengan kecepatan 2 m/s.
- Pada pengujian kedua, pasang sirip pada panel surya dan ulangi langkah b – g

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Pengambilan data pengujian telah dilakukan sebanyak 2 kali pada waktu yang berbeda dan diperoleh standar deviasi sebesar 0,72. Faktor yang sangat mempengaruhi sebaran data adalah kondisi suhu ruangan dan cuaca pada saat pengambilan data. Berikut adalah hasil dari pengujian yang dilakukan. q_{total} adalah laju aliran kalor dan ϵ_f adalah efektivitas sirip.

Tabel 1. Konveksi Alami Tanpa Sirip

T_{∞} (°C)	T_s (°C)	q (Watt)
32	45,63	10,648
32	47,00	11,997
32	48,00	12,997
32	48,38	13,376
32	48,38	13,376
32	49,38	14,396
32	49,75	14,782
32	49,75	14,782

Tabel 2. Konveksi Alami Dengan Sirip

T_{∞} (°C)	T_s (°C)	T_r (°C)	q_{total} (Watt)	ϵ_f (%)
32	39,875	37,5	6,55	21,94
32	42,75	39,75	9,73	22,84
32	44,75	40,75	11,90	21,48
32	46,5	42	13,98	21,62
32	47,375	43,25	15,25	23,27
32	47,625	43,5	15,58	23,45
32	48,125	43,5	16,08	22,54
32	48	44,25	16,20	24,63

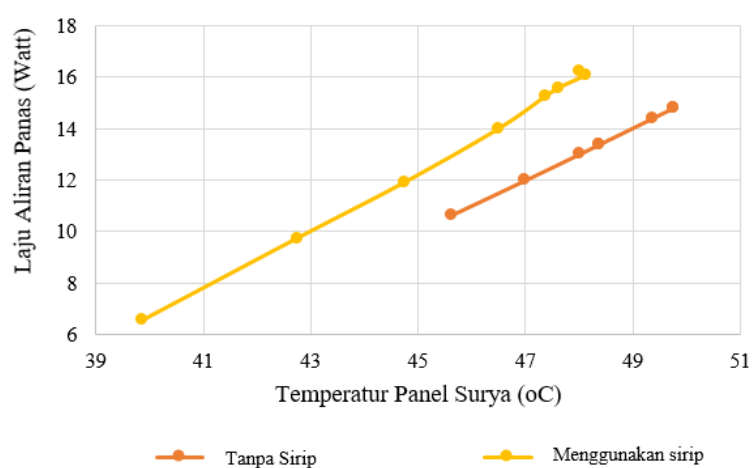
Tabel 3. Konveksi Paksa Tanpa Sirip

T_{∞} (°C)	T_s (°C)	q (Watt)
32	40,625	36,33
32	41,75	41,03
32	42,5	44,15
32	42,75	45,18
32	42,625	44,67
32	42,75	45,18
32	43,25	47,26
32	43	46,22

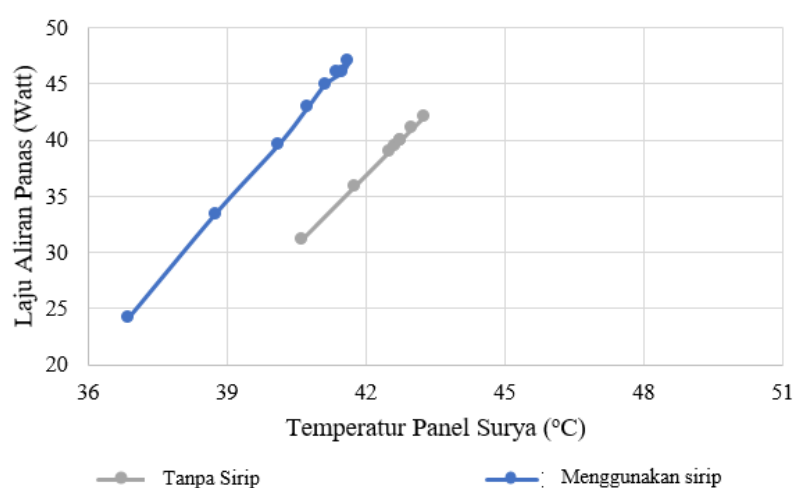
Tabel 4. Pengujian Konveksi Paksa Dengan Sirip

T_{∞} (°C)	T_s (°C)	T_f (°C)	q_{total} (Watt)	ε_f (%)
32	36,875	35,75	24,15	17,11
32	38,75	37,25	33,42	17,31
32	40,125	37,75	39,65	15,77
32	40,75	38,5	42,96	16,55
32	41,125	39	44,99	17,09
32	41,5	38,5	46,08	15,25
32	41,625	39	47,07	16,21
32	41,375	39	46,03	16,63

Untuk memperjelas perbandingan hasil dari setiap pengujian, dapat melihat Gambar 6 (a) dan (b) berikut:



(a)



(b)

Gambar 6. Grafik Perbandingan Laju Perpindahan Panas Terhadap Temperatur Panel Surya (a) Memanfaatkan Konveksi Alami (b) Memanfaatkan Konveksi Paksa (Hembusan)

3.2 Pembahasan

Dari Gambar 6 (a) dan (b) terlihat bahwa penggunaan sirip dapat meningkatkan laju aliran panas sehingga dapat menurunkan temperatur maksimal panel surya. Terlihat bahwa pada pengujian konveksi alami tanpa sirip temperatur maksimal adalah 49,75°C dan laju aliran panas sebesar 14,78 Watt. Pada pengujian konveksi alami dengan sirip temperatur maksimal adalah 44,2 °C dan laju aliran panas sebesar 16,20 Watt dengan efektivitas sirip (ϵ_f) sebesar 24,22%. Pada pengujian konveksi paksa tanpa sirip temperatur maksimal adalah 43 °C dan laju aliran panas sebesar 46,22 Watt, dan pada pengujian konveksi paksa dengan sirip temperatur maksimal ada;ah 41,38 °C dan dan laju aliran panas sebesar 46,03 Watt dan efektivitas sirip (ϵ_f) 16,63%. Terlihat bahwa efektivitas sirip menurun pada konveksi paksa. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan sirip pada kotak pendingin dengan tanpa konveksi paksa dapat menurunkan temperatur maksimal panel surya sebesar 5 °C, Sedangkan pada pengujian menggunakan konveksi paksa, penurunan temperatur sebesar 3 °C. Pada pengujian pendinginan udara secara konveksi alami efektivitas sirip lebih tinggi dikarenakan penambahan sirip menyebabkan luas area perpindahan panas bertambah, selain itu perbedaan tempertur antara panel surya dan didalam kotak pendingin menyebabkan laju aliran panas menjadi lebih besar dibandingkan pendinginan udara menggunakan konveksi paksa. Dari segi ekonomi, penggunaan sirip pada panel dalam pendinginan alami tergolong murah, biaya yang perlu dikeluarkan di awal, yaitu memilih material dan membuat sirip beserta pemasangannya bergantung pada material yang dipilih. Jika memilih bahan yang tahan korosi maka biaya perawatan dapat di minimalisir namun biaya investasi bertambah namun jika memilih bahan yang murah perlu ada biaya perawatan sirip. Tapi perlu dicatat hasil dari metode ini lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan hembusan udara.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah didapat, maka didapat disimpulkan:

- Pada kasus pendinginan konveksi alami panel surya menggunakan kotak pendingin dan sirip dapat menurunkan temperatur panel surya sebesar sebesar 3,52%, sedangkan pada kasus konveksi paksa menggunakan kotak pendingin dan sirip dapat menurunkan temperatur panel surya sebesar 3,78%.
- Efektivitas sirip pada kasus pendinginan konveksi alami panel surya sebesar 24,63%, Sedangkan pada kasus pendinginan konveksi paksa panel surya sebesar 16,63%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Arifin, D. O. Margareta, and O. F. Trimaryana, "Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Efisiensi Konversi Sel Surya Berbasis Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)," *J. Integr.*, vol. 9, no. 1, p. 24, 2017.
- [2] S. Kalogirou, "The potential of solar industrial process heat applications," *Appl. Energy*, vol. 76, no. 4, pp. 337–361, 2003.
- [3] S. Mahdy, M. Reza, and C. Ekaputri, "Mempengaruhi Kinerja Photovoltaic Jenis Polycrystalline Berukuran 6Cm X 11Cm X 0 . 25Cm Analyze of Characteristic and External Factors Which Influencing of Polycrystalline Photovoltaic Works With the Size 6Cm X 11Cm X 0 . 25Cm," vol. 5, no. 3, pp. 3816–3822, 2018.
- [4] T. A. Rizal, M. Amin, and P. H. Saputra, "Kaji Eksperimental Pendinginan Panel Surya Menggunakan Media Udara," *Jurutera*, vol. 01, no. 01, pp. 027–030, 2014.
- [5] G. R. Cahyono, P. R. Ansyah, and M. Munthaha, "Pengaruh Variasi Kecepatan Hembusan Udara Terhadap Temperatur , Daya Output dan Efisiensi Pada Pendinginan Panel Surya," *Infotekmesin*, vol. 11, no. 02, pp. 141–146, 2020.
- [6] A. M. A. Soliman, H. Hassan, and S. Ookawara, "An experimental study of the performance of the solar cell with heat sink cooling system," *Energy Procedia*, vol. 162, pp. 127–135, 2019.
- [7] P. Handoko and Y. Fajariyanti, "Pengaruh Spektrum Cahaya Tampak Terhadap Laju Fotosintesis Tanaman Air Hydrilla Verticillata," *Semin. Nas. X Pendidik. Biol. FKIP UNS*, pp. 1–9, 2010.
- [8] I. Yusuf, "Implementasi Water Cooling System Untuk Menurunkan Temperature Losses Pada Panel Surya," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 1, no. 2, pp. 3–5, 2017.
- [9] C. P. Kothandaraman, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, Third. New Delhi: New Age International Publisher, 2006.
- [10] Y. A. C. & Y. Cengel, *Heat Transfer: A Practical Approach With EES CD*. 2002.
- [11] A. M. Dee, *Pengaruh Koefisien Perpindahankalor Konveksi Dan Bahan Terhadap Laju Aliran Kalor, Efektivitas Dan Efisiensi Sirip Dua Dimensi Keadaan Tak Tunak*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma, 2016.
- [12] dan S. Sudirman, "Kajian Intensitas Cahaya (Adin Sudirman)," *Bul. Pengelolaan Reakt. Nukl.*, pp. 1–9, 2007.