

Pengaruh Variasi Kecepatan Hembusan Udara Terhadap Temperatur, Daya *Output* dan Efisiensi Pada Pendinginan Panel Surya

Gunawan Rudi Cahyono^{1*}, Pathur Razi Ansyah², Muhammad Munthaha³

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

^{1,2,3}Jl. Jenderal Achmad Yani KM 35,5 Kota Banjarbaru, 70714, Indonesia

E-mail: gunawan.cahyono@ulm.ac.id¹), pathur.razi@ulm.ac.id²), mhmmdmunth@gmail.com³)

Abstrak

Info Naskah:

Naskah masuk: 14 Juni 2020

Direvisi: 27 Juli 2020

Diterima: 13 Agustus 2020

Pesatnya perkembangan teknologi, cahaya matahari mampu diubah menjadi energi listrik. Namun ada permasalahan yang timbul dalam kinerja panel surya, salah satunya yaitu temperatur panel yang terlalu tinggi. Oleh karena itu untuk mengatasi penurunan performa, temperatur panel perlu dijaga. Dalam eksperimen ini bertujuan untuk menganalisis pengaturan temperatur pada pendinginan panel surya menggunakan variasi kecepatan udara guna peningkatan performa photovaltik. Eksperimen menggunakan simulator surya dan dilakukan dalam kondisi ruang tertutup. Satu buah panel surya yang ditempatkan pada kotak khusus yang disebut kotak pendingin dan diberikan empat buah termokopel dibagian atas panel dan 2 buah lainnya di bagian bawah panel untuk mengevaluasi kenaikan temperature yang terjadi pada panel. Blower udara dikombinasikan dengan anemometer untuk memberikan variasi kecepatan udara untuk pendinginan panel. Dari hasil pengujian panel surya tanpa pendinginan didapat pada kisaran temperatur 38 - 52,875°C menghasilkan efisiensi listrik yang berkisar 3,014 - 3,134 %. Sedangkan pada pengujian menggunakan pendinginan dengan kecepatan udara bervariasi yaitu 2, 3, 4 dan 5 m/s pada kisaran temperatur 33,43 - 40,5°C menghasilkan efisiensi listrik yang berkisar dari 3,106 - 3,206%

Abstract

Keywords:

solar panel;
cooling;
temperature;
output power;
efficiency.

The rapid development of technology, sunlight can be converted into electrical energy. But there are problems that arise in the performance of solar panels, one of which is the panel temperature is too high. Therefore to overcome the decrease in performance, the panel temperature needs to be maintained. In this study aims to analyze the temperature settings on solar panel cooling using variations in air velocity to improve photovaltik performance. Solar simulators is used in this ekperiment and carried out in a closed room conditions. solar panel is placed in a special box called a cooler box and four thermocouples are placed at the top of the panel and 2 others at the bottom of the panel to evaluate the temperature changes that occurs on the panel. An air blower is combined with an anemometer to provide variations in air velocity for cooling the panels. From the results of solar panel testing without cooling obtained in the temperature range of 38 - 52.875°C produces electrical efficiency ranging from 3.014 - 3.134%. Whereas in testing using cooling with varying air velocity of 2, 3, 4, and 5 m/s in the temperature range of 33.43 -40.5°C produces electrical efficiency ranging from 3.106 - 3.206 %.

*Penulis korespondensi:

Gunawan Rudi Cahyono

E-mail: gunawan.cahyono@ulm.ac.id

1. Pendahuluan

Sumber daya alam Indonesia semakin menipis dikarenakan konsumsi energi yang secara terus menerus namun tidak dapat diperbaharui (*Unrenewable resources*)[1]. Perlu adanya solusi energi sebagai pengganti ketergantungan terhadap sumber daya alam tersebut. Salah satu yang bisa dimanfaatkan potensinya di Indonesia adalah Energi Surya. Energi surya menjadi alternatif energi ramah lingkungan, bebas polutan dan dapat menjadi salah satu energi masa depan[2] Karena posisi Indonesia dilalui garis khatulistiwa, sehingga potensi untuk memanfaatkan energi dari hasil konversi cahaya matahari dapat mempunyai potensi yang besar.

Cahaya matahari mempunyai spektrum sinar mulai dari sinar ultraviolet sampai near-infrared. Intensitas radiasi matahari di luar atmosfer bumi disebut konstanta surya, yaitu sebesar 1365 W/m². Setelah disaring oleh atmosfer bumi beberapa spektrum cahaya hilang, dan intensitas puncak radiasi menjadi sekitar 1000 W/m² atau 100 mW/cm². Nilai ini menunjukkan tipikal intensitas radiasi pada keadaan permukaan tegak lurus sinar matahari dengan keadaan cerah[3]. BEI (Bursa Efek Indonesia) mengemukakan bahwa perkembangan teknologi surya yang dapat dijangkau, tidak terbatas dan ramah lingkungan akan memberi *benefit* untuk kedepannya. Perkembangan teknologi energi surya akan menambah tingkat aman energi negara di dunia melalui penggunaan sumber energi yang telah ada, tidak harus mengurangi polusi, mengurangi biaya mitigasi perubahan iklim dan mengurangi penggunaan bahan bakar fosil.

Ada beberapa permasalahan yang timbul dalam kinerja panel surya, salah satunya yaitu temperatur pada sel surya sangat mempengaruhi perpindahan elektron. Hal ini dikarenakan komponen semikonduktor pada sel surya sangat sensitif terhadap perubahan temperatur. Ketika temperatur semakin naik, maka *band gap* (selisih atau celah energi antara pita valensi dengan pita konduksi) semikonduktor menurun, sehingga nilai resistansi semakin meningkat dan perpindahan elektron semakin melambat[3]. Hal ini berefek kepada penurunan performa dari panel surya tersebut. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk dapat membuang panas berlebih tersebut. Beberapa menggunakan metode eksperimen[5]–[8], numerik[9] dan hasilnya peningkatan temperatur dari panel surya dapat mengurangi kinerja panel surya tersebut.

Pengembangan sistem pendinginan menjadi salah satu cara mengatasi permasalahan temperatur pada panel surya telah dilakukan[8],[10-12]. Sistem pendingin yang digunakan bisa menggunakan media air baik itu air laut, air mineral, atau butiran air (*water Spray*) [6], [12]. Kebanyakan penelitian pendingin ini dilakukan menggunakan metode eksperimen maupun simulasi. Media Pendingin[6] menggunakan *water spray* dapat meningkatkan efisiensi daya output dari panel surya sekitar 16,3% dan menaikkan efisiensi panel sebesar 14,1% hal ini karena pendinginan dilakukan secara total baik itu bagian permukaan maupun bagian bawah panel surya. Media pendingin berupa material yang dapat berubah fase atau disebut *phase change material* (PCM) dikombinasikan dengan media udara juga telah dilakukan[7]. Hasilnya,

penurunan temperature panel yang terjadi sebesar 3-5°C, dan hal ini memberikan dampak kepada peningkatan efisiensi listrik dan daya keluaran dari panel surya. Panas yang diserap oleh PCM dapat digunakan kemudian untuk aplikasi lain karena prinsipnya PCM dapat menyimpan panas yang diterima[13]. Pada penelitian lainnya, media air dialirkan melalui pipa berdiameter kecil diletakkan berdempetan dibagian bawah panel surya sebagai *heat sink* juga menunjukkan hasil pelepasan panas dari panel surya sebesar 1 kW dan dapat menurunkan temperature panel sekitar 40°C[14]. Media udara sebagai upaya peningkatan performa panel telah dilakukan. Dalam penelitian ini panel surya temperatur maksimum permukaan dalam panel surya tanpa pendinginan berkisar 46-49°C, dan efisiensi listrik berkisar 6,1-6,7 %. Sedangkan untuk panel surya dengan pendinginan menggunakan media udara, temperatur maksimum permukaan hanya mencapai 42°C, dan efisiensi meningkat menjadi 7,0- 7,8%.[15].

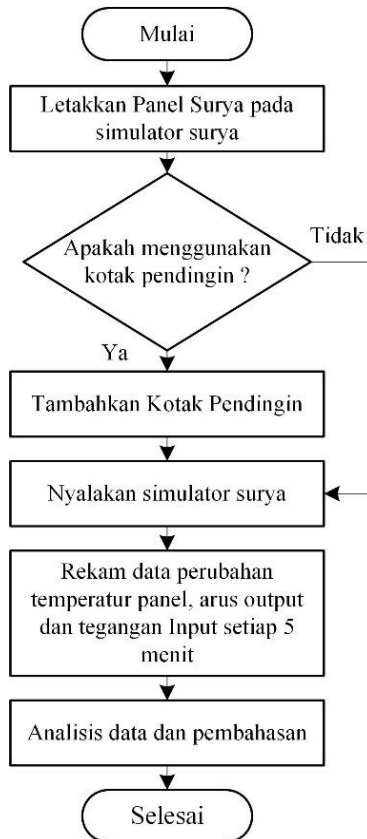
Dari berbagai penelitian yang telah disebutkan, pendinginan panel surya sangat tergantung dari media pendingin yang digunakan. Pendinginan panel surya dengan media udara sangat dipengaruhi oleh kecepatan udara. Sedangkan kecepatan udara pada kondisi luar ruangan, dapat dipengaruhi oleh cuaca dan ketinggian. Variasi ketinggian mulai 1 sampai dengan 30 meter, menghasilkan hembusan udara bervariasi mulai dari 1 m/s sampai dengan 4,7 m/s.[16]. Selain itu, ketika penempatan panel surya pada atap bangunan dengan ketinggian tertentu ataupun pada atap mobil listrik saat posisi berjalan, dapat mempengaruhi kecepatan hembusan udara. Sehingga perlu dilakukan pengamatan efek kecepatan udara lebih lanjut pada performa pendinginan panel apabila diaplikasikan.

Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah pengaturan posisi sumber panas dan intensitas radiasi yang tetap dan tegak lurus terhadap panel surya akan memberikan sebaran yang merata ke seluruh permukaan bidang dan energi yang dihasilkan dapat maksimal [17]. Walaupun telah banyak penelitian yang dilakukan terkait pendinginan panel surya ini, namun belum ada yang menggunakan kotak pendingin yang sederhana, bisa diaplikasikan dimanapun dan siapapun. Maka, dengan mempertimbangkan adanya perubahan kecepatan udara, tipikal intensitas radiasi cahaya maksimum yaitu tegak lurus pada permukaan panel surya dan modifikasi terhadap kotak pendingin yang lebih sederhana, maka penanggulangan panas yang berlebih menggunakan media udara, dengan memberikan variasi kecepatan udara terhadap panel surya sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan daya keluaran panel surya sangat perlu dilakukan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan alat dan bahan yaitu Panel Surya 50 WP, 2 buah Lampu Sorot dengan daya 500 Watt sebagai solar simulator, Triplek dengan ukuran 700 cm x 1125 cm dan tebal 3 mm sebagai kotak pendingin, Pipa dengan diameter 5 cm sebagai saluran masuk yang dihubungkan dengan *Blower* udara, *Anemometer* untuk mengukur kecepatan udara, *Micro Controller* dan Sensor temperatur untuk mengalusi perubahan temperatur panel, *Luxmeter* mengukur besarnya intensitas cahaya dan

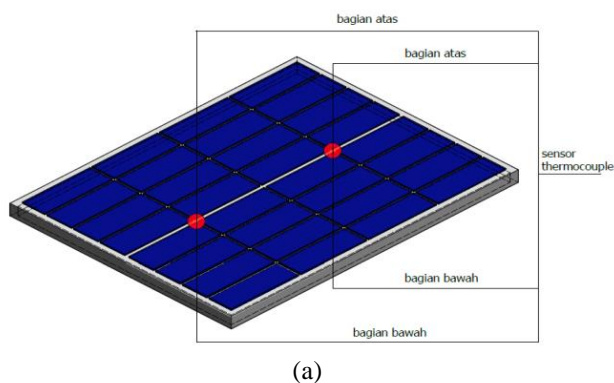
Avometer untuk mengukur arus dan tegangan listrik yang dihasilkan oleh panel secara periodik.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 1 menjelaskan alur penelitian yang dilakukan. Panel surya di letakkan pada simulator surya tepatnya 40 cm di bawah simulator surya seperti terlihat pada Gambar 2. Solar simulator dihidupkan selama 25 menit. Temperatur terus dipantau menggunakan sensor temperatur secara periodik.

Udara pendingin di hembuskan menggunakan blower dengan variasi kecepatan 2, 3, 4, dan 5 m/s. Pada kondisi tanpa kotak pendinginan, blower dimatikan. Kemudian, arus dan tegangan output panel surya diukur setiap 5 menit.



2.1 Analisis Performa Panel Surya

Dengan merujuk pada penelitian [4] Menentukan efisiensi listrik (η) panel surya didasarkan pada persamaan (1).

$$\eta_l = \frac{v_i}{GA_p} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana η adalah efisiensi listrik rangkaian panel surya, V adalah tegangan (V), I adalah arus, G adalah intensitas radiasi (W/m^2), dan A_p adalah luas permukaan panel surya (m^2).

Untuk menghitung irradiansi dari cahaya lampu yang digunakan pada solar simulator menggunakan persamaan (2).

$$G = \frac{Lv}{K} \quad (2)$$

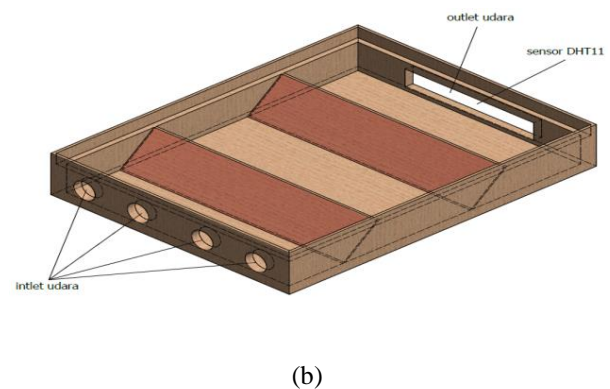
L_v adalah *Luminous Intensity* (lm/m^2), K adalah *Luminous Efficacy* (lm/W).

Pada Gambar 3 menampilkan instalasi kotak pendingin dan panel surya. Pada kotak pendingin terdapat sirip pengarah agar udara yang melawati kotak dapat langsung menyentuh bagian bawah panel surya.

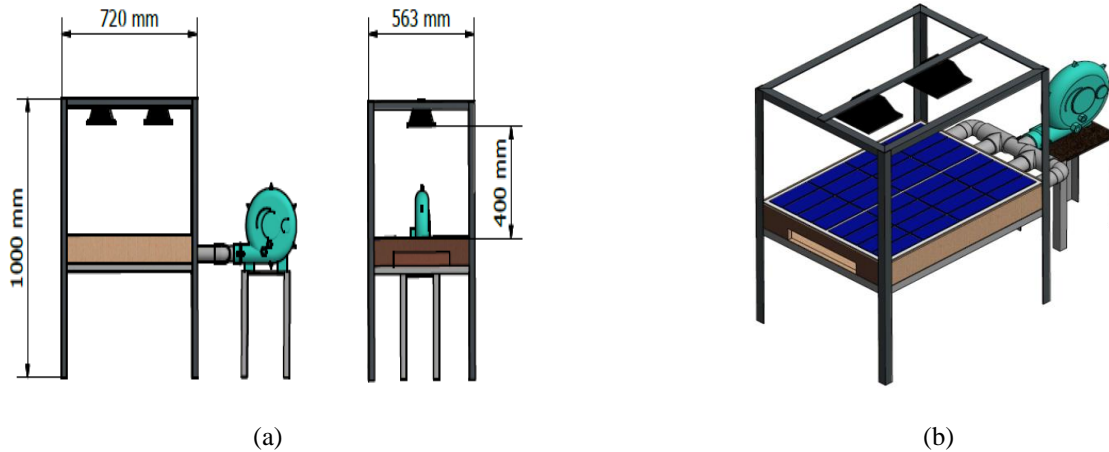
3. Hasil Dan Pembahasan

Tabel 1 menunjukkan hasil perhitungan berdasarkan rumus (1) dan (2) pada pengujian tanpa kotak pendingin, pengujian menggunakan pendingin udara dengan kecepatan masing-masing 2, 3, 4, dan 5 m/s.

Dalam penelitian ini membahas pengaruh perubahan kecepatan udara terhadap temperatur dan daya output yang dihasilkan, sehingga dibuat grafik seperti pada Gambar 4.



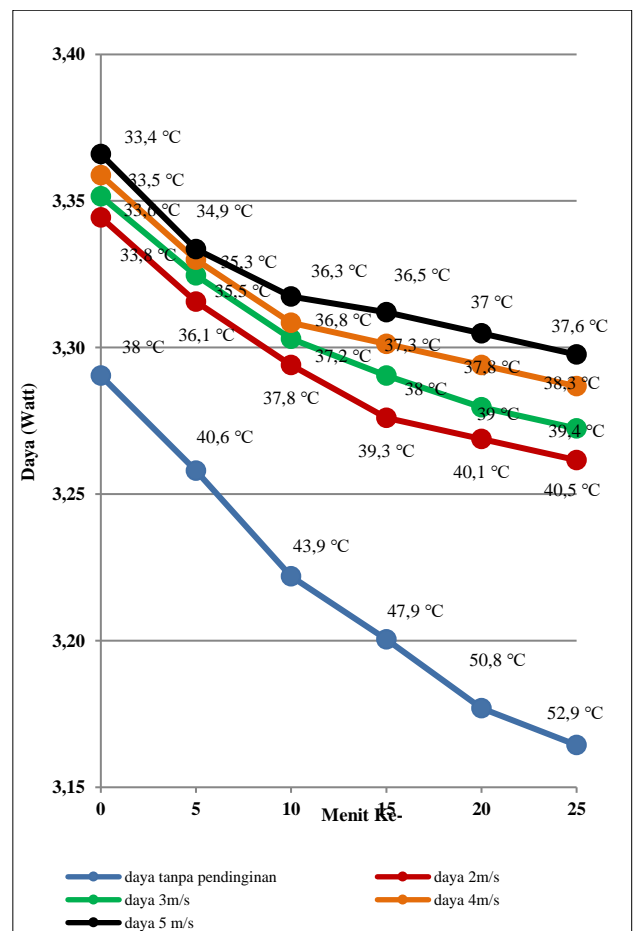
Gambar 2. (a), (b) Simulator Panel Surya



Gambar 3. (a), (b) Instalasi Kotak Pendingin dan Panel Surya

Tabel 1. Hasil perhitungan performa panel surya

Pengujian	Ts (°C)	Daya (watt)	G (W/m ²)	Efisiensi Listrik (%)
Tanpa Kotak Pendinginan	38	3,29	278	3,134
Pendinginan (2m/s)	40,55	3,26	278	3,103
	43,875	3,22	278	3,069
	47,875	3,20	278	3,048
	50,75	3,18	278	3,026
	52,875	3,16	278	3,014
Pendinginan (3m/s)	33,75	3,34	278	3,185
	36,1	3,32	278	3,158
	37,8	3,29	278	3,137
	39,25	3,28	278	3,120
	40,125	3,27	278	3,113
Pendinginan (4m/s)	40,5	3,26	278	3,106
	33,62	3,35	278	3,192
	35,5	3,32	278	3,166
	37,2	3,30	278	3,146
	38	3,29	278	3,134
Pendinginan (5m/s)	38,95	3,28	278	3,123
	39,4	3,27	278	3,117
	33,54	3,36	278	3,199
	35,25	3,33	278	3,171
	36,75	3,31	278	3,151
Pendinginan (5m/s)	37,25	3,30	278	3,144
	37,8	3,29	278	3,137
	38,25	3,29	278	3,130
	33,43	3,37	278	3,206
	34,85	3,33	278	3,175
Pendinginan (5m/s)	36,25	3,32	278	3,159
	36,5	3,31	278	3,154
	37	3,30	278	3,147
Final	37,6	3,30	278	3,141



Gambar 4. Grafik Pengaruh Perubahan Kecepatan Udara Terhadap Temperatur Dan Daya Keluaran Yang Dihasilkan

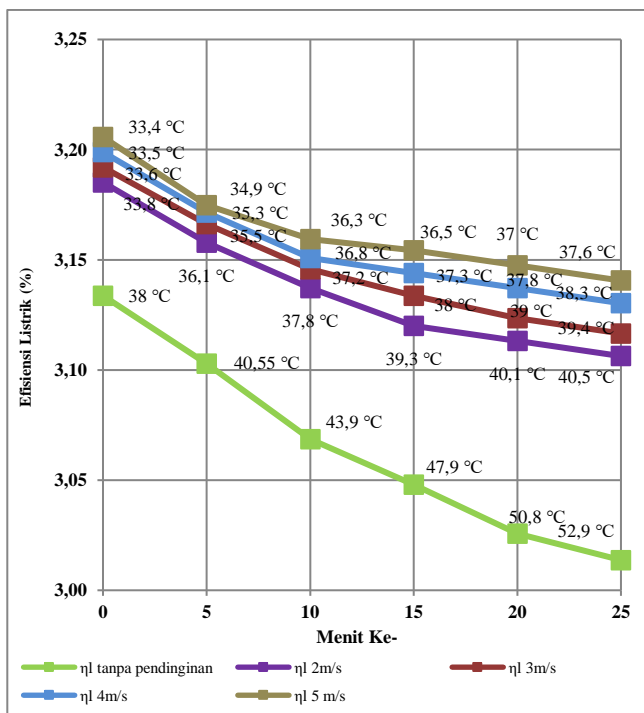
Pada Gambar 4 menunjukkan hubungan temperatur terhadap daya output panel berbanding terbalik. Pada kisaran temperatur 38-52,875°C merupakan grafik dari pengujian panel surya tanpa pendinginan dengan kisaran daya output sebesar 3,29-3,16 watt. Sedangkan pada kisaran temperatur 33,43 - 40,5°C. merupakan grafik dari pengujian menggunakan pendinginan dengan hembusan udara bervariasi yaitu 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s dan 5 m/s menghasilkan daya output sebesar 3,37 watt – 3,26 watt.

Pada menit ke-5, temperatur panel surya tanpa pendinginan mencapai 40,6°C dengan daya sebesar 3,26 watt. pada menit yang sama dengan pendinginan kecepatan udara 2 m/s temperatur turun menjadi 36,1 °C dengan daya

sebesar 3,32 watt. Dalam hal ini terjadi penurunan temperatur dan peningkatan daya yang lebih baik dengan kecepatan udara 3 m/s, 4 m/s dan 5 m/s. sehingga didapatkan penurunan temperatur paling besar 34,9 °C dengan daya sebesar 3,33 watt.

Apabila diambil sampel di menit ke-5 pada pengujian dengan menggunakan pendinginan kecepatan udara 2 m/s (teganagn 18,42 V, arus 0,18 A) daya output yang didapat adalah 3,316 watt sedangkan dengan menggunakan pendinginan kecepatan udara 5 m/s (teganagn 18,52 V, arus 0,18 A) daya output yang didapat meningkat menjadi 3,334 watt. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan udara maka daya output yang dihasilkan juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan temperatur panel turun seiring kenaikan kecepatan udara. Senada dengan hasil ini bahwa semakin efektif efek pendinginan panel maka semakin besar nilai tegangan yang didapatkan[6], [7]

Dalam hal ini juga membahas pengaruh perubahan kecepatan udara terhadap temperatur dan efisiensi yang dihasilkan, sehingga grafik sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik Pengaruh perubahan kecepatan udara terhadap temperatur dan efisiensi yang dihasilkan

Gambar 5 menunjukkan hubungan temperatur terhadap efisiensi listrik panel surya berbanding terbalik. Pada kisaran temperatur 38 - 52,875°C merupakan grafik dari pengujian panel surya tanpa pendinginan dengan kisaran efisiensi listrik sebesar 3,134 – 3,014%. Sedangkan pada kisaran temperatur 33,43 - 40,5°C merupakan grafik pengujian menggunakan pendinginan dengan kecepatan udara bervariasi yaitu 2, 3, 4 dan 5 m/s menghasilkan efisiensi listrik sebesar 3,206– 3,106%.

Pada menit ke-5, temperatur panel surya tanpa pendinginan mencapai 40,6°C dengan efisiensi sebesar 3,103%. Pada menit yang sama dengan pendinginan

kecepatan udara 2 m/s temperatur turun menjadi 36,1°C dengan efisiensi sebesar 3,158%. Dalam hal ini terjadi penurunan temperatur dan peningkatan daya yang lebih baik dengan kecepatan udara 3, 4 dan 5 m/s. sehingga didapatkan penurunan temperatur paling besar 34,9°C dengan efisiensi sebesar 3,175%.

Jika diambil sampel di menit ke-5 pada pengujian dengan menggunakan pendinginan kecepatan udara 2 m/s efisiensi listrik yang didapat adalah 3,158 % sedangkan dengan menggunakan pendinginan kecepatan udara 5 m/s efisiensi listrik yang didapat meningkat menjadi 3,175 % kenaikan efisiensi yang terjadi sebesar 0,023%. Kenaikan ini relatif kecil dikarenakan pada panel surya digunakan masih cover dari bahan plastic yang tidak bisa dilepas, sehingga menghambat proses perpindahan panas.

Dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan udara maka efisiensi yang dihasilkan juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan temperatur panel turun seiring kenaikan kecepatan udara. hal ini juga diperkuat oleh penelitian lainnya yang menyebutkan bahwa peningkatan rata-rata efisiensi listrik yang paling besar terjadi pada saat penurunan rata-rata temperature paling rendah [6], [14]. Disamping itu, dari Gambar 4 dan 5 dapat dilihat bahwa daya keluaran dan efisiensi di setiap kecepatan, terlihat menurun. Hal ini dikarenakan temperatur panel yang meningkat, sedang pendinginan yang terjadi belum mampu menjaga kondisi temperatur panel seperti di awal pengujian.

4. Kesimpulan

Dalam pengujian menggunakan pendinginan menghasilkan rata-rata efisiensi sebesar 3,151 %. Kenaikan kecepatan udara dengan interval 1 m/s akan menghasilkan nilai rata-rata penurunan temperatur sebesar 0,7°C dan nilai rata-rata kenaikan daya *output* sebesar 0,03watt serta nilai rata-rata kenaikan efisiensi listrik panel surya sebesar 0,02 %. Sementara tanpa menggunakan pendingin, rata-rata efisiensi yang dihasilkan adalah 3,065 %. Maka dapat disimpulkan bahwa pengujian panel surya dengan menggunakan pendinginan udara lebih efisien dibandingkan dengan panel surya tanpa pendinginan serta perubahan kecepatan udara mempengaruhi temperatur, daya *output* dan efisiensi listrik dari panel surya.

Daftar Pustaka

- [1] R. Subagyo and I. A. Saga, "Pembuatan Bioetanol Berbahan Baku Kulit Singkong Dan Kulit Nanas Dengan Variasi Massa Ragi," *Sci. J. Mech. Eng. Kinemat.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–14, 2019.
- [2] O. F. Arifin, M., Margareta, D. O., & Trimaryana, "Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Efisiensi Konversi Sel Surya Berbasis Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC).," *J. Integr.*, vol. 9, no. 1, p. 24, 2017.
- [3] S. Kalogirou, *The potential of solar industrial process heat applications*, 76(4). 2003.
- [4] 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.

- [5] A. D. Biodun, A. D. Kehinde, and O. T. Aminat, "Experimental Evaluation of the Effect of Temperature on Polycrystalline and Monocrystalline Photovoltaic Modules," *IOSR J. Appl. Phys.*, vol. 09, no. 02, pp. 5–10, 2017.
- [6] S. Nizetić, D. Čoko, A. Yadav, and F. Grubišić-Čabo, "Water spray cooling technique applied on a photovoltaic panel: The performance response," *Energy Convers. Manag.*, vol. 108, pp. 287–296, 2016.
- [7] N. Choubineh, H. Jannesari, and A. Kasaeian, "Experimental study of the effect of using phase change materials on the performance of an air-cooled photovoltaic system," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 101, no. November 2018, pp. 103–111, 2019.
- [8] K. Sukarno, A. S. A. Hamid, H. Razali, and J. Dayou, "Evaluation on cooling effect on solar PV power output using Laminar H₂O surface method," *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 7, no. 3, pp. 1213–1218, 2017.
- [9] H. Alizadeh, R. Ghasempour, M. B. Shafii, M. H. Ahmadi, W. M. Yan, and M. A. Nazari, "Numerical simulation of PV cooling by using single turn pulsating heat pipe," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 127, pp. 203–208, 2018.
- [10] H. Isyanto, Budiyanto, Fadliondi, and P. G. Chamdareno, "Pendingin untuk peningkatan daya keluaran panel surya," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. 2017*, no. November, pp. 1–2, 2017.
- [11] N. Tan Jian Wei, W. Jian Nan, and C. Guiping, "Experimental study of efficiency of solar panel by phase change material cooling," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 217, no. 1, 2017.
- [12] D. Almanda and D. Bhaskara, "Studi Pemilihan Sistem Pendingin pada Panel Surya Menggunakan Water Cooler , Air Mineral dan Air Laut," *Resist. (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga List. Komputer)*, vol. 1, no. 2, 2018.
- [13] P. R. Ansyah, J. Waluyo, Suhanan, M. Najib, and F. Anggara, "Thermal behavior of melting paraffin wax process in cylindrical capsule by experimental study," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2001, 2018.
- [14] M. Schmidt, I. Astrouski, M. Reppich, and M. Raudensky, "Solar panel cooling system with hollow fibres," *Appl. Sol. Energy (English Transl. Geliotekhnika)*, vol. 52, no. 2, pp. 86–92, 2016.
- [15] P. H. Rizal, T. A., Amin, M., & Saputra, "Kaji Eksperimental Pendinginan Panel Surya Menggunakan Media Udara," *Jurutera*, vol. 1, no. 1, pp. 027–030, 2014.
- [16] T. N. Robby, M. Ramdhani, and C. Ekaputri, "Alat Ukur Kecepatan Angin , Arah Angin , Dan Ketinggian," *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 1457–1466, 2017.
- [17] A. Hasyim Asy'ari, Jarmiko, "Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya," *Simp. Nas. RAPI XI FT UMS*, p. 57, 2012.