

ANALISIS PENGARUH ANGIN TERHADAP TEMPERATUR GABUNGAN PANEL SURYA DAN GENERATOR TERMOELEKTRIK SKALA LABORATORIUM

ANALYSIS OF THE EFFECT OF WIND ON THE COMBINED TEMPERATURE OF SOLAR PANELS AND THERMOELECTRIC GENERATOR ON A LABORATORY SCALE

Herbath Lenix¹, M. Ramdhan Kirom, M.Si.², Suwandi, M.Si.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹herbathlenix@gmail.com ²jakasantang@gmail.com ³suwandi.sains@gmail.com

Abstrak

Panel surya merupakan alat yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Panel surya memiliki kekurangan, yaitu temperatur pada panel surya tidak bisa terlalu panas. Jika hal ini terjadi, maka akan terjadi penurunan kinerja pada panel surya. Untuk mengurangi panas yang berlebihan pada panel surya, di buat simulator aliran udara, yaitu *cooling fan*. Kemudian, untuk memanfaatkan panas yang ada dibelakang panel surya, dilakukan penambahan *thermoelectric generator* (TEG) agar energi listrik yang dihasilkan semakin besar. Penelitian ini menggunakan panel surya 10 Wp Polikristal dan menggunakan 10 modul TEG SP 1848 SA. Penelitian ini membandingkan kinerja panel surya tanpa TEG dan *hybrid* panel surya dengan TEG dari beberapa variasi kecepatan kipas angin.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa daya rata-rata yang dihasilkan oleh panel surya tanpa TEG adalah 1.66 W dengan efisiensi rata-rata 7.65%, sedangkan daya rata-rata yang dihasilkan dari sistem *hybrid* panel surya dengan TEG adalah 1.78 W dengan efisiensi rata-rata 9.34%. TEG yang dilengkapi dengan *heatsink* dapat mengalirkan panas yang berlebihan pada panel surya dan berfungsi sebagai pendingin alami pada sisi dingin TEG. Daya rata-rata yang dihasilkan oleh TEG adalah 1.32 mW dengan efisiensi rata-rata 0.00297%. Dengan penambahan TEG pada panel surya serta penambahan simulator aliran udara, temperatur *hybrid* panel surya berhasil diturunkan hingga 1.43 °C.

Kata kunci: panel surya, TEG, *hybrid*, temperatur.

Abstract

Solar panels are devices that can convert sunlight energy into electrical energy. Solar panels have disadvantages, namely the temperature in the solar panel cannot be too hot. If this happens, there will be a decrease in performance on the solar panel. To reduce excessive heat on solar panels, an air flow simulator is made, which is a cooling fan. Then, to utilize the heat that is behind the solar panel, an additional thermoelectric generator (TEG) is added so that the electrical energy produced is greater. This research uses 10 Wp Polycrystalline solar panels and uses 10 TEG SP 1848 SA modules. This study compares the performance of solar panels without TEG and hybrid solar panels with TEG from several fan speed variations.

From the results of research conducted, it is known that the average power produced by solar panels without TEG is 1.66 W with an average efficiency of 7.65%, while the average power generated from hybrid solar panel systems with TEG is 1.78 W with efficiency an average of 9.34%. A TEG equipped with a heatsink can transfer excessive heat to the solar panel and function as a natural cooler on the cold side of the TEG. The average power produced by TEG is 1.32 mW with an average efficiency of 0.00297%. With the addition of TEG to the solar panel and the addition of an air flow simulator, the temperature of the hybrid solar panel was successfully reduced to 1.43°C.

Keywords: solar panels, TEG, hybrid, temperature.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara dengan sumber utama energi listrik menggunakan hasil konversi pada energi fosil, yaitu batu bara, minyak bumi, dan gas. Sumber dari energi fosil tersebut tidak bisa

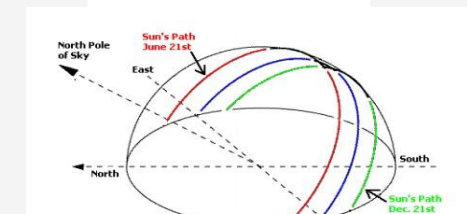
dimanfaatkan terus menerus, hal ini karena persediannya akan semakin berkurang dan tidak dapat diperbaharui lagi. Untuk mengantisipasi habisnya persediaan energi listrik maka dibutuhkan sumber energi terbarukan, salah satunya adalah matahari [1]. Cahaya pada matahari dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik melalui sistem fotovoltaik. Sistem ini sendiri menggunakan panel surya untuk mengonversi energi cahaya menjadi energi listrik. Namun, penggunaan panel surya masih memiliki kekurangan di mana efisiensi panel surya akan menurun jika temperatur pada panel surya meningkat [2]. Untuk dapat memanfaatkan panas yang berlebih pada panel surya, diperlukan generator termoelektrik yang secara langsung dapat mengubah kelebihan energi panas menjadi energi listrik. Tetapi, generator termoelektrik ini masih memiliki kekurangan, yaitu kinerjanya yang masih tergolong rendah [3]. Berdasarkan penelitian sebelumnya dalam skala laboratorium, daya listrik yang dihasilkan TEG SP1848 pada ketinggian lampu dan panel surya, yaitu 35 cm, 40 cm, dan 45 cm berturut-turut adalah 0.015 W, 0.010 W, dan 0.007 W dengan efisiensi berturut-turut sebesar 0.097%, 0.108%, dan 0.096% [4].

Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium dan melakukan sistem *hybrid* pada panel surya dan TEG, di mana TEG dipasang menempel pada bagian bawah panel surya. Pada penelitian ini, lampu pijar toki 500 W digunakan sebagai penghasil cahaya dan penghasil panas. Kemudian, untuk dapat meningkatkan kinerja dari TEG, akan dilakukan pemasangan 10 modul TEG secara seri. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh angin pada temperatur panel surya, TEG, dan sistem *hybrid* panel surya dengan TEG. Pada penelitian ini juga akan membandingkan kinerja yang dihasilkan sistem dengan menggunakan kipas angin dan tidak menggunakan kipas angin.

2. Dasar Teori

2.1 Energi Matahari

Energi matahari merupakan salah satu energi terbarukan yang dipancarkan langsung ke permukaan bumi. Energi ini berupa radiasi dan panas dari matahari [5]. Radiasi matahari yang masuk ke permukaan bumi akan mengalami pemantulan, pemancaran kembali, hamburan, dan penyerapan. Dalam sistem tata surya, matahari ada pada posisi yang tetap, tetapi terlihat seakan bergerak melintasi bumi jika diamati dari permukaan bumi. Pergerakan matahari ini disebabkan oleh pengaruh rotasi bumi. Akibat dari pergerakan tersebut, sudut pada sinar matahari dan bumi berubah secara kontinu. Pengamatan terhadap garis bujur dan garis lintang dapat mengetahui posisi matahari, di mana perbedaan pada kedua garis tersebut dapat mempengaruhi potensi energi matahari suatu daerah. Sehingga sudut *azimuth* dan sudut elevasi harus diperhatikan jika ingin mendapatkan energi matahari yang optimal [6].

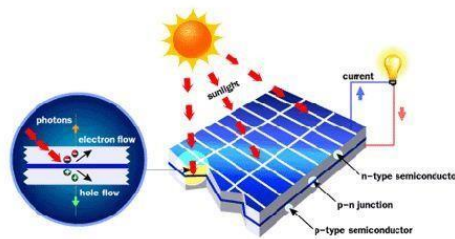


Gambar 2.1 Lintasan tahunan matahari [6]

Penelitian ini dilakukan dalam skala lab, sehingga tidak menggunakan matahari secara langsung tetapi memakai simulator matahari, yaitu menggunakan lampu pijar sebagai penghasil cahaya dan panas.

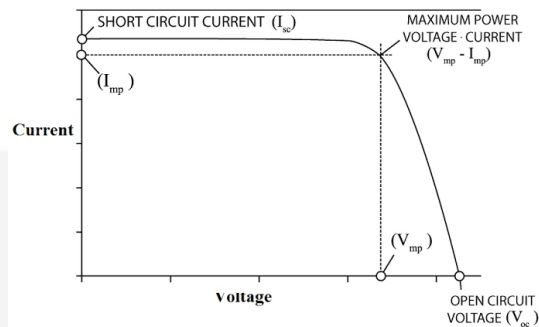
2.2 Panel Surya

Panel surya merupakan alat yang dapat mengonversi secara langsung energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaik. Jumlah daya listrik yang dihasilkan dari panel surya ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu jenis dan luas bahan, intensitas cahaya matahari, dan panjang gelombang dari sinar matahari. Di dalam panel surya terdapat sambungan bahan semikonduktor, yaitu tipe p dan tipe n. Jika sinar yang dipancarkan matahari sampai ke bahan semikonduktor tersebut, maka akan terjadi aliran elektron atau aliran arus listrik [7].



Gambar 2.2 Ilustrasi prinsip kerja panel surya [8]

Secara detail lagi dijelaskan bahwa cahaya matahari terdiri dari foton-foton yang jika mengenai permukaan panel surya akan diserap, dipantulkan dan/atau hanya dilewatkan. Foton dengan level energi tertentu dapat membebaskan elektron dari ikatan atomnya yang kemudian menghasilkan aliran arus listrik. Level energi ini disebut energi *band gap*. Sehingga untuk menghasilkan energi listrik, maka energi foton harus lebih besar dari energi *band gap*. Jika energi foton jauh lebih besar dari energi *band gap*, maka kelebihan energi tersebut akan dikonversi menjadi bentuk panas oleh panel surya. Oleh sebab itu, energi *band gap* harus diatur agar memiliki range yang lebar dengan mengatur struktur molekul pada bahan semikonduktor. Hal ini memungkinkan panel surya dapat menyerap foton sebanyak-banyaknya dari berbagai macam jenis energi pada cahaya matahari. Dengan demikian, efisiensi yang dihasilkan dari panel surya akan meningkat [8].



Gambar 2.3 Kurva karakteristik dan parameter panel surya

Gambar diatas merupakan kurva arus (I) terhadap tegangan (V) yang menggambarkan bahwa panel surya bekerja dengan normal. Energi maksimum akan diperoleh panel surya jika I_m dan V_m memperoleh nilai maksimum. I_{sc} merupakan arus maksimum di nilai tegangan = 0. Nilai I_{sc} akan berbanding lurus dengan intensitas yang diterima. Sebaliknya, V_{oc} merupakan tegangan maksimum di nilai arus = 0.

Daya listrik merupakan besaran yang diturunkan terhadap nilai arus dan tegangan yang dihasilkan. Dengan begitu, daya listrik maksimum yang dapat dihasilkan oleh panel surya adalah sebagai berikut.

$$P_{\text{max}} = IV \tag{2.1}$$

Dimana:

P_{max} = Daya listrik yang dihasilkan panel surya (W)

I = Arus listrik yang dihasilkan panel surya (A)

V = Tegangan yang dihasilkan panel surya (V)

Persamaan 2.2 menyatakan bahwa daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebanding dengan arus dikali dengan tegangan.

$$P_{\text{max}} = A \sum_{i=1}^{36} I_i V_i \tag{2.2}$$

Dimana:

P_{max} = Daya listrik yang diterima panel surya (W)

A = Luas *cell* dari panel surya (m^2)

$I_i V_i$ = Intensitas cahaya lampu (W/m^2)

Persamaan 2.3 menyatakan bahwa daya listrik yang diterima panel surya berbanding lurus dengan luas permukaan panel surya dan intensitas cahaya lampu. Intensitas cahaya yang diterima panel surya diperoleh dari tiap-tiap *cell* panel surya, yaitu ada 36 *cell* yang berukuran 2.2 cm x 7.8 cm. Efisiensi maksimum (η) merupakan persentase daya keluaran maksimum dari energi cahaya yang digunakan. Berikut ini adalah persamaan dari efisiensi maksimum pada panel surya.

$$\eta = \frac{P_{\text{max}}}{A \sum_{i=1}^{36} I_i V_i} \times 100\% \tag{2.3}$$

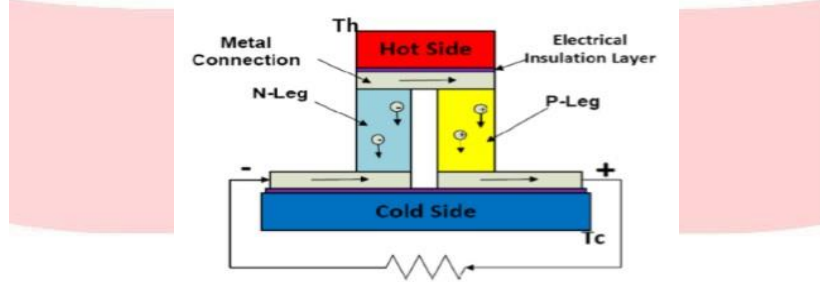


Dimana:

- η = Efisiensi panel surya (%)
- P_{out} = Daya yang dihasilkan panel surya (W)
- P_{in} = Daya yang diterima panel surya (W)

2.3 Generator Termoelektrik

Generator termoelektrik merupakan alat yang dapat mengonversi secara langsung energi panas menjadi energi listrik dan sebaliknya. Cara kerja dari generator termoelektrik ini adalah menggunakan prinsip efek seebeck, yaitu jika dua buah logam yang memiliki perbedaan temperatur disambungkan, maka akan menghasilkan arus listrik. Pembuatan modul termoelektrik dilakukan dengan menggabungkan dua bahan semikonduktor tipe p dan tipe n (*p-n junction semiconductor*) [10].



Gambar 2.4 Ilustrasi cara kerja generator termoelektrik

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 bahan semikonduktor dirangkai sedemikian rupa dengan bahan tipe p, yaitu bahan yang kekurangan elektron dan tipe n adalah bahan yang kelebihan elektron. Termoelektrik generator ini mempunyai sisi panas (T_h) dan sisi dingin (T_c), di mana pada sisi panas akan menggerakkan elektron pada logam dengan bahan semikonduktor tipe n menuju sisi dingin pada logam dengan bahan semikonduktor tipe p. Elektron tersebut digerakkan melalui *metal connection*, di mana pergerakan ini akan menghasilkan arus listrik [11].

$$\alpha = \frac{V}{\Delta T} \tag{2.4}$$

Dimana:

- α = Koefisien Seebeck (V/K)
- V = Tegangan yang dihasilkan TEG (V)
- ΔT = Selisih T_h dan T_c TEG (K)

Persamaan 2.5 merupakan persamaan koefisien seebeck yang menyatakan α adalah besarnya tegangan yang dihasilkan TEG per satuan Kelvin.

$$Z = \frac{\alpha^2 \rho}{R} \tag{2.5}$$

Dimana:

- Z = *Figure of Merit* (K^{-1})
- ρ = Hambatan panas (K/W)
- R = Hambatan listrik (Ohm)

Persamaan 2.6 merupakan persamaan dari *figure of merit*, yaitu ukuran besar kecilnya kinerja dari TEG dengan menggunakan koefisien seebeck, hambatan panas, dan hambatan listrik.

$$R = \frac{V (T_h - \Delta T)}{\rho} \tag{2.6}$$

$$\eta = \frac{\Delta T}{T_h} \frac{2\alpha \rho}{\rho + \alpha^2 T_h} \tag{2.7}$$

Dimana:

I = Arus yang dihasilkan TEG (A)

Persamaan 2.7 dan 2.8 merupakan persamaan untuk mengetahui nilai hambatan panas dan hambatan listrik dari TEG.

$$\eta_{\text{max}} = \frac{\Delta T}{T_h} \frac{\sqrt{1 + \frac{\rho}{\alpha^2 T_h}} - 1}{\frac{\rho}{\alpha^2 T_h} + \sqrt{1 + \frac{\rho}{\alpha^2 T_h}}} \tag{2.8}$$

Dimana:

- η_{max} = Efisiensi maksimum dari TEG (%)

Persamaan 2.9 merupakan persamaan untuk mencari nilai efisiensi maksimum dari TEG. Selanjutnya, untuk mengetahui efisiensi dari sistem hybrid TEG dengan panel surya adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 merupakan hasil pengujian dan perhitungan rata-rata sistem tanpa hybrid dan sistem hybrid dengan tidak menggunakan kipas angin dengan intensitas cahaya lampu rata-rata adalah 326.88 W/m². Dari tabel dapat diketahui bahwa temperatur panel surya dapat diturunkan dengan sistem *hybrid* walaupun tidak signifikan, yaitu 0.0096 °C. Daya rata-rata yang mampu dihasilkan oleh TEG adalah 0.52 mW dengan efisiensi rata-rata 0.00278%. Daya rata-rata yang dihasilkan panel surya tanpa TEG adalah 1.43 W dengan efisiensi 7.12%. Sedangkan daya rata-rata yang dihasilkan oleh sistem *hybrid* adalah 1.71 W dengan efisiensi 7.35%.

Tabel 3.2 Hasil pengujian dan perhitungan sistem menggunakan kipas angin

Kecepatan kipas (rad/s)	Perhitungan tanpa <i>hybrid</i>						Perhitungan <i>hybrid</i>				
	T_{PV} (°C)	T_{amb} (°C)	T_{h-TC} (°C)	T_{h-L} (°C)	R_{th-TC} (K/W)	P_{PV} (W)	T_{PV} (°C)	T_{amb} (°C)	T_{h-TC} (°C)	T_{h-L} (°C)	R_{th-L} (K/W)
31.42	39.98	37.47	35.96	35.77	1.18	1.57	37.66	38.88	37.47	35.18	1.77
37.71	38.20	36.87	35.57	33.37	1.21	1.65	37.81	36.62	37.47	35.12	1.77
44	37.65	36.21	34.94	32.62	1.25	1.69	35.77	35.77	34.99	33.09	1.79
50.28	36.90	35.53	34.32	32.18	1.64	1.72	35.61	34.33	33.20	31.94	1.80
Rata-rata	38.11	36.52	35.20	33.39	1.32	1.66	36.68	36.00	35.39	33.33	1.78

Tabel 3.2 merupakan hasil pengujian dan perhitungan rata-rata sistem *hybrid* dan tanpa *hybrid* menggunakan kipas angin dengan 4 variasi kecepatan yang berbeda. Dari tabel dapat diketahui bahwa rata-rata temperatur panel surya tanpa *hybrid* dapat diturunkan ketika panel surya dipasang *hybrid* dengan TEG, yaitu turun mencapai 1.43 °C. Kecepatan kipas angin juga sangat membantu meningkatkan kinerja dari sistem tersebut. Dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan kipas, maka temperatur pada panel surya akan menurun, artinya kinerja yang dihasilkan panel surya juga semakin baik.

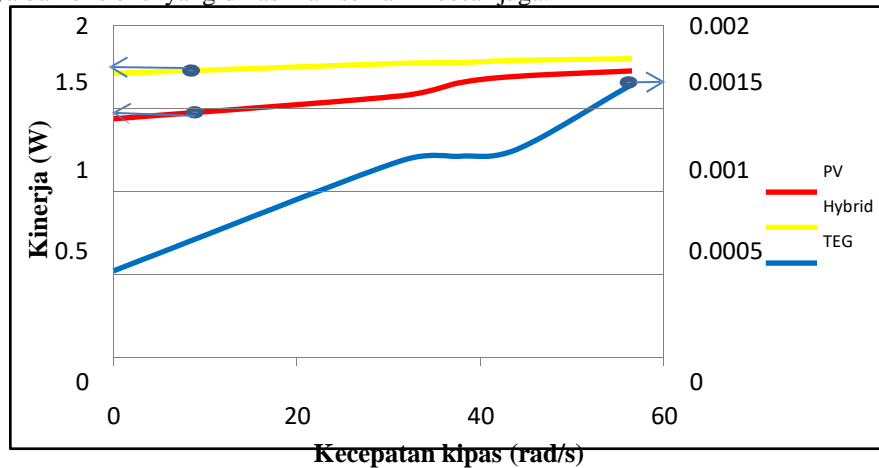
3.2 Analisis Hasil Pengujian

Dari pengujian yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa perhitungan dari karakteristik TEG. Dan berdasarkan persamaan 2.8 diperoleh efisiensi rata-rata dari TEG.

Tabel 3.3 Hasil pengujian dan perhitungan TEG

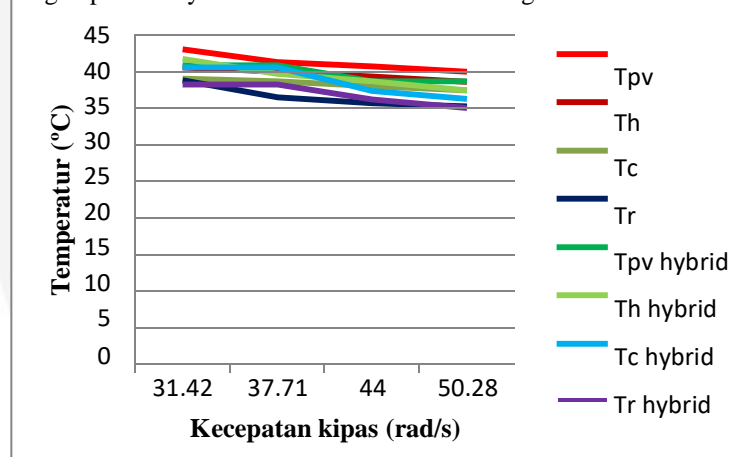
Kecepatan kipas (rad/s)	$\Delta T (T_{h-TC})$ (°C)	Hambatan Panas (K/W)	Hambatan Listrik (Ohm)	Figure of Merit (K ⁻¹)	Daya (mW)	Efisiensi (%)
31.42	1.20	125.7786	49.1956	0.0912	1.18	0.00273
37.71	1.26	119.7696	49.1479	0.0994	1.21	0.00282
44	1.29	129.2235	49.5504	0.0962	1.25	0.00290
50.28	1.51	151.4529	49.6623	0.1094	1.64	0.00345
Rata-rata	1.31	131.5562	49.3890	0.0991	1.32	0.00297

Tabel 3.3 merupakan hasil pengujian dan perhitungan TEG dengan 4 variasi kecepatan kipas angin yang berbeda. Tabel membuktikan bahwa semakin besar selisih temperatur sisi panas dan dingin TEG, maka daya yang dihasilkan oleh TEG juga semakin besar. Daya rata-rata yang dihasilkan oleh TEG adalah 1.32 mW dengan efisiensi rata-rata 0.00297%. Daya yang dihasilkan oleh TEG tidak begitu besar, karena selisih temperatur panas dan dingin TEG sangat kecil, yaitu rata-rata 1.31 °C. Sisi dingin TEG hanya menggunakan *heatsink* untuk pembuangan kalor dengan aliran udara sebagai pendingin alami. Dengan begitu, pembuangan kalor yang terjadi pada sisi dingin TEG tidak bekerja dengan baik. Sedangkan pada sisi panas TEG hanya memanfaatkan panas dari lampu pijar dan ada pengaruh angin dari *cooling fan*, sehingga temperatur pada sisi panas TEG yang dihasilkan tidak begitu besar. Besarnya daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh TEG sangat bergantung dari besar selisih temperatur sisi panas dan dingin TEG, di mana jika selisih temperatur sisi panas dan dingin TEG semakin besar maka daya dan efisiensi yang dihasilkan semakin besar juga.



Gambar 3.1 Grafik kinerja terhadap kecepatan kipas angin

Gambar 3.1 merupakan grafik kinerja dari panel surya, TEG, dan *hybrid* panel surya dengan TEG. Grafik menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan angin yang bekerja pada sistem, maka kinerja dari sistem semakin baik. Daya rata-rata yang mampu dihasilkan oleh panel surya tanpa TEG adalah 1.66 W dengan efisiensi rata-rata 7.65%. Sedangkan daya rata-rata yang dihasilkan oleh sistem *hybrid*, yaitu gabungan panel surya dan TEG adalah 1.78 W dengan efisiensi rata-rata 9.34%.



Gambar 3.2 Grafik temperatur terhadap kecepatan kipas

Gambar 3.2 merupakan grafik temperatur sistem terhadap kecepatan kipas angin. Temperatur rata-rata yang dihasilkan sistem tanpa hybrid untuk panel surya, sisi panas TEG, sisi dingin TEG, dan ruangan secara berturut-turut adalah 38.11 °C, 36.52 °C, 35.20 °C, dan 33.49 °C. Sedangkan temperatur rata-rata yang dihasilkan oleh sistem hybrid pada panel surya, sisi panas TEG, sisi dingin TEG, dan ruangan berturut-turut adalah 36.68 °C, 36.60 °C, 35.39 °C, dan 33.83 °C. Grafik menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan kipas, maka temperatur juga semakin menurun. Dari penelitian ini terbukti bahwa simulasi angin yang dibuat sangat membantu menurunkan temperatur pada sistem agar menghasilkan kinerja yang lebih baik.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian, perhitungan, dan analisis terhadap sistem maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut.

1. Panel surya dan *thermoelectric generator* (TEG) dapat menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan radiasi dari lampu pijar. Daya rata-rata yang dapat dihasilkan dari panel surya tanpa TEG adalah 1.66 W dengan efisiensi rata-rata 7.65%, sedangkan daya rata-rata yang dihasilkan dari sistem *hybrid* panel surya dengan TEG adalah 1.78 W dengan efisiensi rata-rata 9.34%.
2. TEG yang dilengkapi dengan *heatsink* mampu mengalirkan panas yang berlebihan pada panel surya dan berfungsi juga sebagai pendingin alami pada sisi dingin TEG. Daya rata-rata yang dihasilkan TEG adalah 1.32 mW dengan efisiensi rata-rata 0.00297%.
3. Dengan variasi kecepatan kipas angin 31.42 rad/s, 37.71 rad/s, 44 rad/s, dan 50.28 rad/s dapat menghasilkan penurunan temperatur pada panel surya. Artinya, kinerja yang dihasilkan oleh panel surya semakin baik.

4.2 Saran

Adapun beberapa saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Membuat desain pembuangan kalor yang efektif pada TEG agar selisih temperatur sisi panas dan dingin TEG sangat besar. Dengan begitu, energi listrik yang dapat dihasilkan TEG semakin besar.
2. Membuat variasi kecepatan kipas angin dalam rentang yang lebih besar, sehingga kinerja yang dihasilkan panel surya semakin baik.

Daftar Pustaka

- [1] S. Budi, Suhendar and F. Rian, "Studi Pemanfaatan Arus Laut Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif di Wilayah Selat Sunda," vol. 2, no. 1, pp. 49-57, 2013.
- [2] S. Deny and A. M. Marhaendra, "Pengaruh Temperatur / Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monikristalin (Studi Kasus: Baristand Industri Surabaya)," *Teknologi Proses Dan Inovasi Industri*, vol. 2, no. 1, pp. 49-52, 2016.
- [3] A. M. Ruzaimi, "Conceptual Design of Hybrid Photovoltaic-Thermoelectric Generator (PV/TEG) for Automated Greenhouse System," *Student Conference on Research and Development (SCOReD)*, pp. 309-314, 2017.
- [4] I. Riswanda, *Analisis Performansi Sistem Tandem Panel Surya - Termoelektrik Skala Lab, Bandung*, 2019.
- [5] W. Gede, "Pemanfaatan Energi Surya," vol. 9, no. 1, pp. 37-46, 2012.
- [6] A. Rocky, K. F. Maulana and H. Heri, "Rancang Bangun Penyediaan Energi Listrik Tenaga Hibrida (PLTS-PLTB-PLN) Untuk Membangun Pasokan Listrik Rumah Tinggal," *SETRUM*, vol. 4, no. 2, pp. 34-42, 2015.
- [7] S. Rashmi, "Solar Cell," *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 2, no. 7, pp. 1-5, 2012.
- [8] W. R. Tjatur, "Solar Cell Sumber Energi Masa Depan yang Ramah Lingkungan," 2 January 2005.
- [9] P. E. Deardo, "Analisis Pemanfaatan Energi Panas Pada Panel Surya Menjadi Energi Listrik Menggunakan Generator Termoelektrik," Bandung, 2018, pp. 8-13.
- [10] K. Prashantha and W. Sonam, "Smart Power Generation From Waste Heat By Thermo Electric Generator," *International Journal of Mechanical And Production Engineering*, pp. 45-49, 2016.
- [11] P. A. Putra, "Studi Eksperimental Termoelektrik Generator Tipe SP 1848 27145 SA Dan TEC1-12706 Dengan Variasi Seri Dan Paralel Pada Supra X 125 CC," Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2018.
- [12] W. R. Ravita, Krisman and N. C. Budi, "Studi Orientasi Pemasangan Panel Surya Poly Crystalline Silicon Di Area Universitas Riau Dengan Rangkaian Seri-Paralel," *JOM MIPA*, vol. 1, no. 2, pp. 70-76, 2014.
- [13] S. Dede, "Analisis Unjuk Kerja Thermocouple W3Re25 Pada Suhu Penyinteran 1500 °C," vol. 1, no. 1, pp. 16-24, 2008.
- [14] Suprayitno, A. Azridjal and M. R. Iman, "Kaji Eksperimental Alat Pengering Tenaga Surya Aktif Pemanasan Langsung (Direct Solar Dryer Active) Berbentuk Jajar Genjang Tipe Kabinet," vol. 3, no. 2, pp. 1-4, 2016.