

Analysis of the Effect of a Glass Layer on the Roof of a House of a Thermoelectric Generator on Temperature and Electrical Voltage

Analisis Pengaruh Lapisan Kaca Pada Atap Rumah Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Terhadap Temperatur dan Tegangan Listrik

Aprizal Saputra^{1*}, Remon Lapisa^{1,2}, Refdinal¹, Sri Rizki Putri Primandari^{1,2}

Abstract

Utilization of solar power can use a thermoelectric generator. Thermoelectric Generators work by taking advantage of temperature differences and the application of the Seebeck effect. This experimental study uses two prototypes of a perfect house with a roof made of zinc plate. One of the roofs of the house is covered with glass. Thermoelectrics are installed at the bottom of the roof of each house as many as 12 pieces and arranged in a series circuit. Data collection was carried out one day from 08.00 -15.59. The largest electrical voltage obtained occurred at 11.00 – 13.59 reaching 0.215 – 0.183 Volts in houses with glass-covered roofs and 0.654 – 0.527 Volts. The use of a layer of glass makes the roof temperature stable because the heat absorbed can be retained by the glass. As a result, the voltage generated in a house with a glazed roof is more stable than a house with a non-glazed roof. This research also proves that the difference in temperature affects the voltage generated by the thermoelectric.

Keywords

Thermoelectric Generator, Seebeck Effect, Temperature, Voltage

Abstrak

Pemanfaatan tenaga surya dapat menggunakan termoelektrik generator. Termoelektrik Generator bekerja dengan memanfaatkan perbedaan temperatur dan penerapan efek Seebeck. Penelitian eksperimen ini menggunakan dua prototipe rumah sempurna dengan atap dari seng plat. Salah satu atap rumah dilapisi dengan kaca. Termoelektrik dipasang pada bagian bawah atap masing-masing rumah sebanyak 12 buah dan disusun dengan rangkaian seri. Pengambilan data dilakukan satu hari dari pukul 08.00 -15.59. Tegangan listrik terbesar yang didapatkan terjadi pada pukul 11.00 – 13.59 mencapai 0,215 – 0,183 Volt pada rumah dengan atap dilapisi kaca dan 0,654 – 0,527 Volt. Penggunaan lapisan kaca membuat temperatur atap menjadi stabil karena panas yang diserap dapat ditahan oleh kaca. Akibatnya membuat tegangan yang dihasilkan pada rumah dengan atap dilapisi kaca lebih stabil. Dari penelitian ini juga membuktikan perbedaan temperatur mempengaruhi tegangan listrik yang dihasilkan oleh termoelektrik.

Kata Kunci

Termoelektrik Generator, Efek Seebeck, Temperatur, Tegangan

¹ Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jalan Prof. Dr. Hamka, Air Taawar, Padang, 25131, Indonesia

² Center for Energy and Power Electronics Research, Universitas Negeri Padang
Jalan Prof. Dr. Hamka, Air Taawar, Padang, 25131, Indonesia

* aprizalsaputra@student.unp.ac.id

Submitted : April 21, 2022. Accepted : May 29, 2022. Published : May 31, 2022

PENDAHULUAN

Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional sumber energi adalah sesuatu yang dapat menghasilkan energi secara langsung ataupun melalui proses konversi atau transformasi. Sumber energi terbagi dua yaitu energi fosil dan energi terbarukan. Energi fosil meliputi minyak bumi, gas alam, batu bara [1]. Berdasarkan laporan tahunan dari Satuan Kerja Khusus Minyak dan Gas Bumi (SKK MIGAS) tahun 2019, cadangan minyak dan gas alam mengalami penurunan drastis akibat penggunaan secara terus menerus. Selain itu penggunaan energi fosil juga menimbulkan polusi udara yaitu meningkatnya produksi gas Karbon yang berbahaya untuk kesehatan.

Adanya energi bersih atau energi terbarukan merupakan peluang untuk dijadikan sumber energi. Potensi energi terbarukan di Indonesia mencapai 443 Giga Watt dengan potensi energi matahari atau surya mencapai 207 Giga Watt *peak* [2]. Potensi sumber energi surya ini didukung karena Indonesia memiliki iklim tropis [3]. Saat ini panas matahari dapat digunakan untuk pengering secara alami. Selain itu pemanfaatan panas matahari juga digunakan pada *solar thermal* untuk memanaskan air secara alami dan *photovoltaic* untuk pembangkit listrik. Sehingga perlu dilakukan inovasi dalam pemanfaatan panas matahari yang merupakan sumber energi terbarukan dan mendukung *Sustainable Development Goals* (SDGs) yaitu energi bersih dan terjangkau.

Pemanfaatan panas matahari dapat menggunakan termoelektrik generator. Termoelektrik memiliki dua sisi yaitu sisi panas (*hot plane*) dan sisi dingin (*cool plane*). Termoelektrik generator merupakan komponen semikonduktor yang dapat menghasilkan tegangan dan arus listrik secara langsung dengan memanfaatkan perbedaan temperatur [4]. Prinsip kerja termoelektrik generator menerapkan prinsip efek *seebeck*. Efek *seebeck* merupakan fenomena perbedaan temperatur pada dua konduktor yang menghasilkan tegangan [5]. Secara umum termoelektrik terbuat dari material semikonduktor. Adanya pengaruh efek *seebeck* pada termoelektrik sehingga energi panas dapat diubah menjadi energi listrik. Aplikasi termoelektrik generator untuk menghasilkan energi listrik baru diaplikasikan pada kompor minyak, knalpot (*exhaust*), dan sumber panas buatan lainnya [6][7].

Perlu dilakukan penelitian untuk memanfaatkan panas matahari dengan menggunakan termoelektrik generator. Sehingga panas matahari dapat dimanfaatkan secara mandiri oleh masyarakat yang mendukung *Sustainable Development Goals* (SDGs) dan peraturan pemerintah tentang pemanfaatan energi terbarukan. Inovasi dan keterbaruan dari penelitian ini yaitu termoelektrik generator diaplikasikan pada atap rumah. Karena rumah merupakan tempat tinggal untuk manusia. Rata-rata rumah yang ada di Indonesia menggunakan atap seng sebagai pelindung dari hujan atau panas. Saat cuaca panas di siang hari, atap akan menyerap panas yang dipancarkan oleh sinar matahari dan panas akan terbuang pada malam hari. Sehingga panas yang diserap oleh atap seng perlu dimanfaatkan. Panas yang diserap oleh atap seng dipindahkan ke Termoelektrik Generator. Perpindahan panas dari atap rumah ke sisi panas termoelektrik terjadi secara konduksi [8]. Ini terjadi karena adanya perbedaan temperatur antara dua permukaan yang berbeda [6]. Sehingga panas radiasi matahari yang diserap oleh atap dipindahkan ke sisi panas dari termoelektrik. Penelitian tentang penyerapan panas pada atap seng pernah dilakukan. Penelitian dilakukan pada atap seng berwarna merah dengan temperatur mencapai 53,8 °C [9]. Pada penelitian ini menggunakan dua buah prototipe rumah. Masing-masing prototipe dibuat seperti rumah sempurna dengan atap dari seng plat berwarna abu-abu dan dinding dari kayu triplek. Pemilihan atap berwarna abu-abu karena banyak digunakan sebagai pelindung pada umumnya. Sisi panas pada termoelektrik dipasang pada atap seng bagian bawah. Sehingga panas radiasi matahari dapat langsung dimanfaatkan. Sebagai perbandingan, terdapat rumah dengan atap yang dilapisi kaca.

Tujuan dari lapisan kaca ini agar dapat meningkatkan panas [10] dan meningkatkan efisiensi kerja termoelektrik generator.

Energi

Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja atau usaha. Energi dapat diubah seperti energi listrik menjadi energi gerak. Sumber energi dikategorikan dua jenis yaitu energi terbarukan dan energi tak terbarukan. Energi terbarukan meliputi panas matahari (surya), air, panas bumi, gelombang laut, udara. Energi tak terbarukan merupakan gas alam, minyak bumi dan batu bara.

Energi Surya

Energi surya adalah sumber energi yang tidak terbatas. Pemakaian sumber energi surya di Indonesia memiliki prospek yang baik. Secara geografis Indonesia dilewati oleh khatulistiwa sehingga mempunyai potensi energi surya yang cukup baik dengan insolasi rata-rata harian yang cukup besar. Sehingga dapat dikembangkan sebagai salah satu sumber energi murah dan tersedia sepanjang tahun. Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah sumber energi penghasil listrik yang ramah lingkungan dan tidak menggunakan bahan bakar minyak, sehingga sangat murah, karena energi surya/matahari merupakan sumber energi yang tidak terbatas.

Termoelektrik Generator

Termoelektrik bekerja dengan mengkonversi panas menjadi listrik secara langsung (termoelektrik generator). Untuk memperoleh listrik komponen termoelektrik diletakkan pada sumber panas dan dingin. Prototipe dirancang akan menghasilkan listrik sesuai dengan jenis dan jumlah bahan yang digunakan. Termoelektrik terbuat dari material semikonduktor. Semikonduktor adalah material yang dapat menghantarkan arus listrik namun tidak sempurna. Material semikonduktor yang digunakan adalah tipe-n dan tipe-p.

Prinsip Kerja Termoelektrik Generator

Termoelektrik merupakan salah satu teknologi *solid state*, karena tidak ada bagian yang bergerak maupun fluida yang mengalir dan relative ramah lingkungan. Pada termoelektrik generator menerapkan efek *Seebeck*. Perbedaan temperatur didapatkan dengan persamaan :

$$\Delta T = T_h - T_c \quad (1)$$

dengan

$$\begin{aligned} T_h &= \text{Temperatur Panas } (^{\circ}\text{C}) \\ T_c &= \text{Temperatur Dingin } (^{\circ}\text{C}) \\ \Delta T &= \text{Perbedaan Temperatur } (^{\circ}\text{C}) \end{aligned}$$

Daya yang dihasilkan Termoelektrik Generator dapat digunakan persamaan berikut :

$$P = V \times I \quad (2)$$

dengan

$$\begin{aligned} P &= \text{Daya (Watt)} \\ V &= \text{Tegangan (Volt)} \\ I &= \text{Arus (Ampere)} \end{aligned}$$

Efek Seebeck

Efek *Seebeck* adalah fenomena yang mengubah perbedaan temperatur menjadi energi listrik. Termoelektrik terdiri material semikonduktor tipe-n dan tipe-p. Adanya perbedaan temperatur mengakibatkan loncatan muatan dari material tipe-n menuju tipe-p [5]. akibatnya terjadi beda potensial dan arus listrik. Prinsip ini yang digunakan pada termoelektrik sebagai generator. Setiap material memiliki koefisien *Seebeck* yang berbeda-beda [11]. Semakin besar

koefisien, maka beda potensial yang dihasilkan juga semakin besar. Ini didapatkan dari persamaan berikut :

$$V = S \cdot \Delta T \quad (3)$$

dengan

V = Tegangan

S = Koefisien Seebeck (V/K)

ΔT = Perbedaan Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Pendekatan pada penelitian ini adalah kuantitatif. Penelitian kuantitatif banyak menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran dan hasil [12]. Jenis penelitian adalah eksperimen. Pada penelitian eksperimen dilakukan uji coba untuk membuktikan suatu fenomena. Fenomena yang terjadi pada penelitian ini yaitu pengaruh perbedaan temperatur terhadap tegangan listrik yang dihasilkan oleh termoelektrik generator, serta waktu yang maksimal untuk menghasilkan tegangan listrik oleh termoelektrik yang dipasang pada atap rumah.

Pada penelitian ini akan dibuat dua model prototipe rumah pembangkit listrik termoelektrik generator. Masing-masing prototipe dibuat seperti rumah dengan atap dari seng plat berwarna abu-abu dan dinding dari kayu triplek. Satu prototipe rumah pada bagian atap dilapisi kaca. Pembangkit termoelektrik generator dipasang pada bagian bawah atap seng, sehingga panas dapat langsung diserap oleh sisi panas termoelektrik generator. Untuk pengambilan data menggunakan *vascolab* data logger yang dilengkapi dengan sensor temperatur. Sensor dipasang pada atap rumah, sisi dingin termoelektrik. *Vascolab* data logger dihubungkan dengan laptop/PC. Pengambilan data tegangan yang dihasilkan oleh termoelektrik generator menggunakan Multimeter data logger. Pengambilan data dilakukan secara *realtime* dengan interval waktu pengambilan satu kali 5 menit yang dimulai dari pukul 08.00 – 16.00.

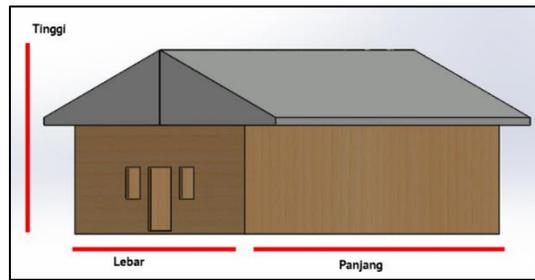
Spesifikasi Termoelektrik Generator dan Desain *Hardware*

Penelitian ini menggunakan termoelektrik TEG SP 1848 27145 SA berdasarkan Tabel 1 dimensi termoelektrik yang digunakan adalah 40 mm X 40 mm. Dengan beda temperatur sebesar 100°C antara kedua permukaannya tegangan yang dihasilkan adalah 4,8 Volt dengan arus yang mencapai 669 mA.

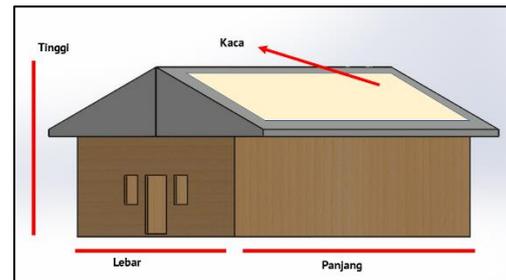
Tabel 1. Spesifikasi Perangkat Termoelektrik Generator

No	Spesifikasi	Nilai
1	Model	TEG SP 1848 27145 SA
2	Ukuran	40 mm x 40 mm
3	Tegangan	4,8 V
4	Operasi Temperatur	100°C
5	Arus	669 mA

Prototipe rumah di desain dengan menggunakan *software SolidWorks 2021 Student Version* dengan lisensi dari Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang. Dimensi dari prototipe rumah memiliki panjang 900 mm, lebar 600 mm dan tinggi 500 mm. Detail desain prototipe tergambar pada gambar 1 dan 2. Desain ukuran ada pada table 2.



Gambar 1. Desain Prototipe Rumah



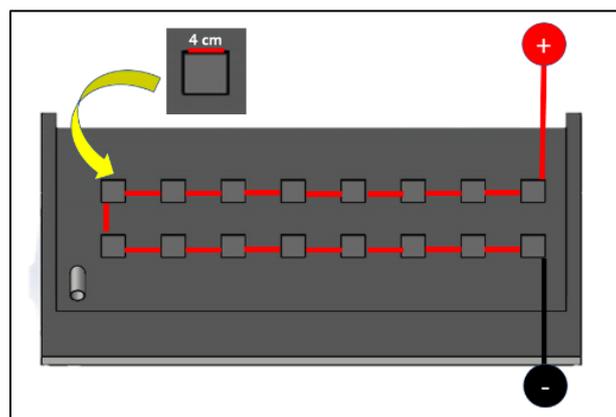
Gambar 2. Desain Prototipe Rumah Atap Dilapisi Kaca

Tabel 2. Dimensi Prototipe Rumah

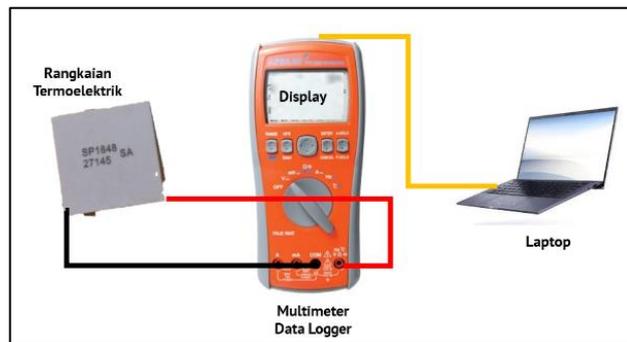
No	Spesifikasi	Nilai
1	Panjang	900 mm
2	Lebar	600 mm
3	Tinggi	500 mm

Instrumen Penelitian

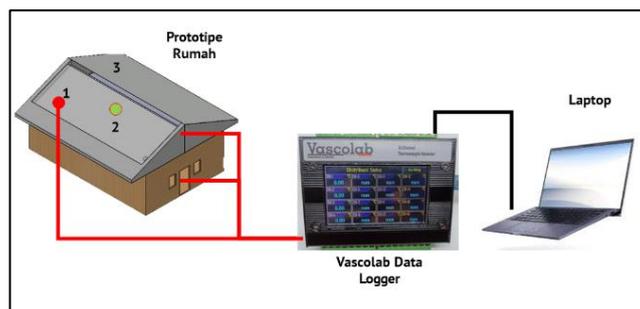
Termoelektrik pada penelitian ini dirangkai secara seri, dengan demikian kuat arus listrik pada rangkaian bernilai sama. Kabel *output* dari termoelektrik dihubungkan dengan multimeter data logger sehingga nilai dari besarnya tegangan yang dihasilkan dapat di *record* sesuai dengan interval waktu yang telah ditentukan. Model rangkaian seperti gambar 3. Pengambilan data tegangan listrik yang dihasilkan, menggunakan multimeter data logger. Seperti gambar 4, *probe* pada multimeter dihubungkan dengan kabel *output* dari termoelektrik generator. Hasil pengukuran yang ada kemudian dikeluarkan dan direkam dengan laptop/PC. Dari gambar 5, pengambilan data untuk temperatur menggunakan *Vascolab data Logger*. *Vascolab data Logger* memiliki 10 sensor temperatur yang dapat digunakan pada saat bersamaan. Hasil *logger* dapat disimpan di laptop/PC sesuai dengan waktu dan interval pengambilan data.



Gambar 3. Susunan Rangkaian Seri Termoelektrik Pada Atap



Gambar 4. Instrumen Pengambilan Data Tegangan



Gambar 5. Instrumen Pengambilan Data Temperatur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Gambar 6 merupakan model dari prototipe untuk pengambilan data. Terdapat dua buah prototipe rumah, salah satu atap rumah dilapisi dengan kaca. Posisi prototipe diletakan di atas tanah yang langsung terpapar sinar matahari. Tujuannya agar keadaan rumah seperti rumah pada umumnya. Gambar 7 merupakan pemasangan termoelektrik generator pada bagian bawah atap rumah. Masing-masing prototipe dipasang 12 buah termoelektrik generator. Sisi panas termoelektrik generator ditempelkan pada sisi bawah atap rumah. Sehingga panas yang diserap oleh atap dapat dipindahkan langsung ke termoelektrik generator.



Gambar 6. Prototipe Rumah



Gambar 7. Pemasangan Termoelektrik Generator Pada Atap

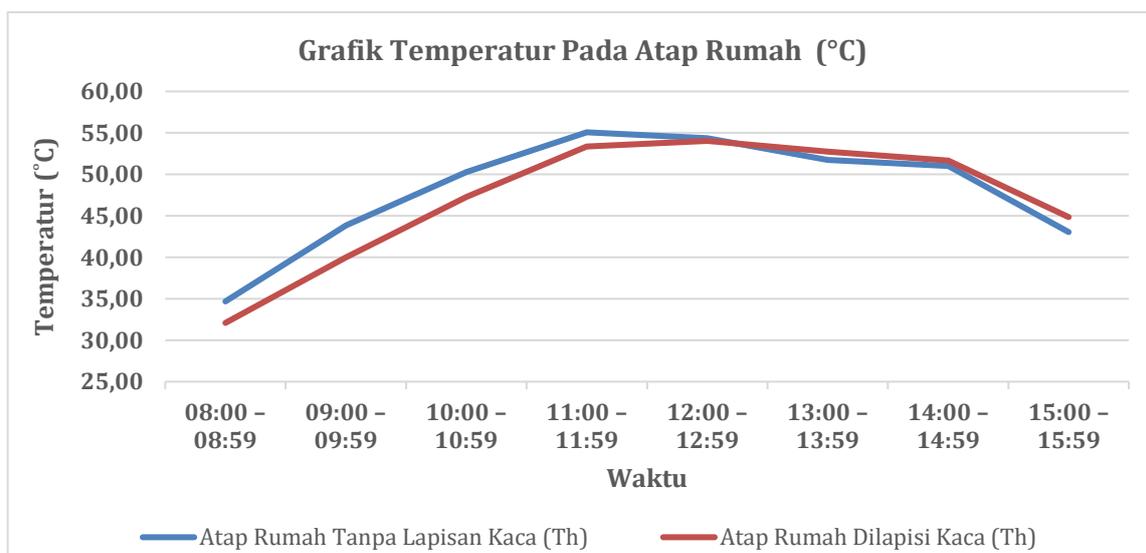
Tabel 3 merupakan rata-rata nilai dari hasil pengukuran temperatur dan tegangan listrik yang dihasilkan oleh termoelektrik generator pada prototipe rumah dari pukul 08.00 – 15.59. Dapat dilihat bahwa pada pukul 11.00 – 13.59 waktu untuk mendapatkan panas matahari maksimal. Pada rumah dengan atap tanpa lapisan kaca temperatur atap mencapai 55,07 – 51,75°C. Sedangkan pada rumah dengan atap yang dilapisi kaca temperaturnya 53,36 – 56,60°C. Pada keadaan ini tegangan listrik yang dihasilkan juga besar diantara waktu lainnya, mencapai 0,654 – 0,527 V pada rumah dengan atap tanpa lapisan kaca dan 0,215 – 0,183 V pada rumah dengan dilapisi kaca. Pada pagi hari pukul 08.00 – 08.59 temperatur pada masing-masing atap rumah tidak jauh berbeda yaitu 34,69°C pada atap rumah tanpa lapisan kaca dan 32,09°C pada rumah dengan atap yang dilapisi kaca, pada saat ini perbedaan temperatur dari masing-masing juga tidak terlalu besar yaitu 2,42°C pada rumah dengan atap tanpa lapisan kaca dan 1,88°C pada rumah dengan atap dilapisi kaca, tegangan listrik yang dihasilkan masing-masingnya 0,169 Volt dan 0,052 Volt.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Pada Prototipe Rumah

Waktu	Atap Rumah Tanpa Dilapisi Kaca				Atap Rumah Dilapisi Kaca			
	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	V (Volt)	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	V (Volt)
08:00 – 08:59	34,68	32,26	2,42	0,169	32,09	30,21	1,88	0,052
09:00 – 09:59	43,86	38,97	4,90	0,403	39,99	36,83	3,16	0,105
10:00 – 10:59	50,28	43,40	6,88	0,461	47,29	41,98	5,31	0,205
11:00 – 11:59	55,07	47,72	7,36	0,654	53,36	46,60	6,76	0,215
12:00 – 12:59	54,34	47,34	7,00	0,660	54,04	47,16	6,87	0,229
13:00 – 13:59	51,75	45,73	6,02	0,527	52,76	46,60	6,16	0,183
14:00 – 14:59	51,02	45,49	5,53	0,466	51,68	46,44	5,24	0,136
15:00 – 15:59	43,05	39,83	3,22	0,325	44,87	41,09	3,78	0,139

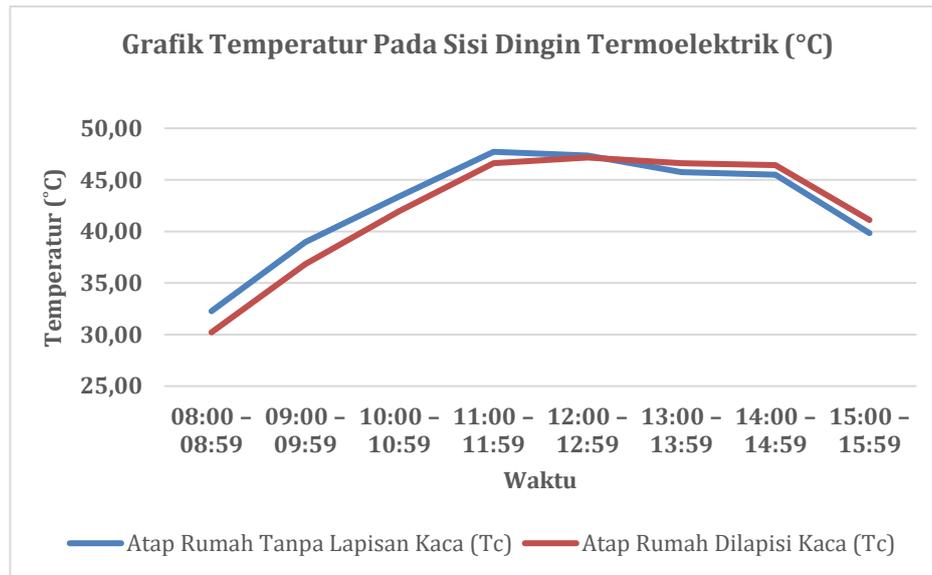
Pembahasan

Gambar 8 dibuat berdasarkan tabel 3. Berdasarkan gambar 8 terlihat panas radiasi matahari yang diserap oleh atap rumah dengan lapisan kaca dengan atap rumah tanpa lapisan kaca tidak berbeda jauh berbeda. Namun hasil dari penelitian ini melihat bahwa panas dari yang diserap oleh atap yang terpapar sinar matahari langsung lebih panas dari pada atap yang dilapisi dengan kaca.



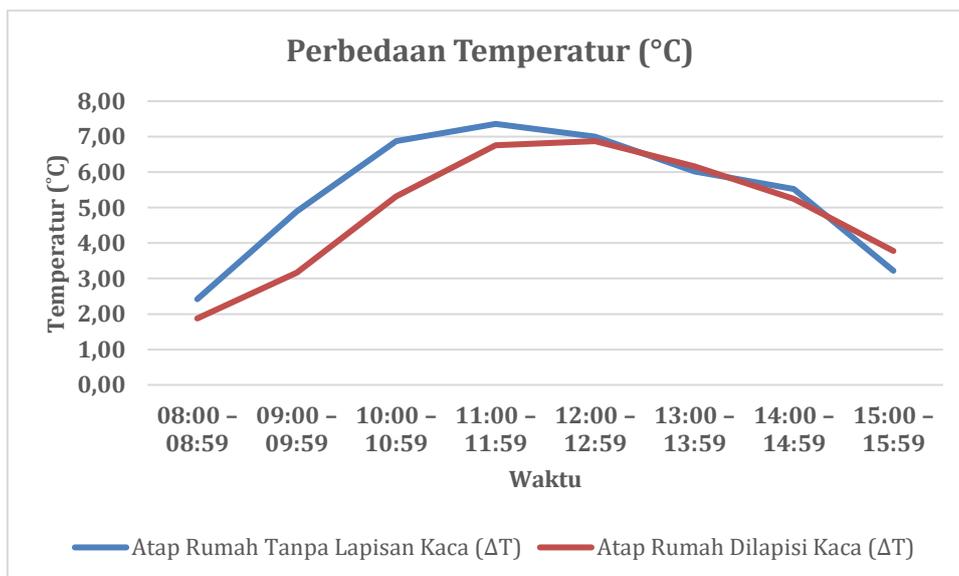
Gambar 8. Grafik Temperatur Pada Atap Rumah (Th)

Gambar 9 menampilkan grafik temperatur pada sisi dingin termoelektrik generator yang dipasang pada prototipe rumah. Pada sisi dingin termoelektrik, temperatur pada atap rumah tanpa lapisan kaca dan rumah dengan atap dilapisi kaca memiliki temperatur yang tidak terlalu berbeda. Posisi termoelektrik yang berada di bawah atap seng, sehingga perubahan temperatur tidak terlalu besar. Karena proses pendinginan pada termoelektrik dilakukan secara alami, dengan memanfaatkan fluida udara yang mengalir di bagian bawah atap rumah prototipe. Perpindahan panas yang terjadi secara konveksi [8]. Sehingga terlihat seperti keadaan sebenarnya.



Gambar 9. Grafik Temperatur Pada Sisi Dingin Termoelektrik (Tc)

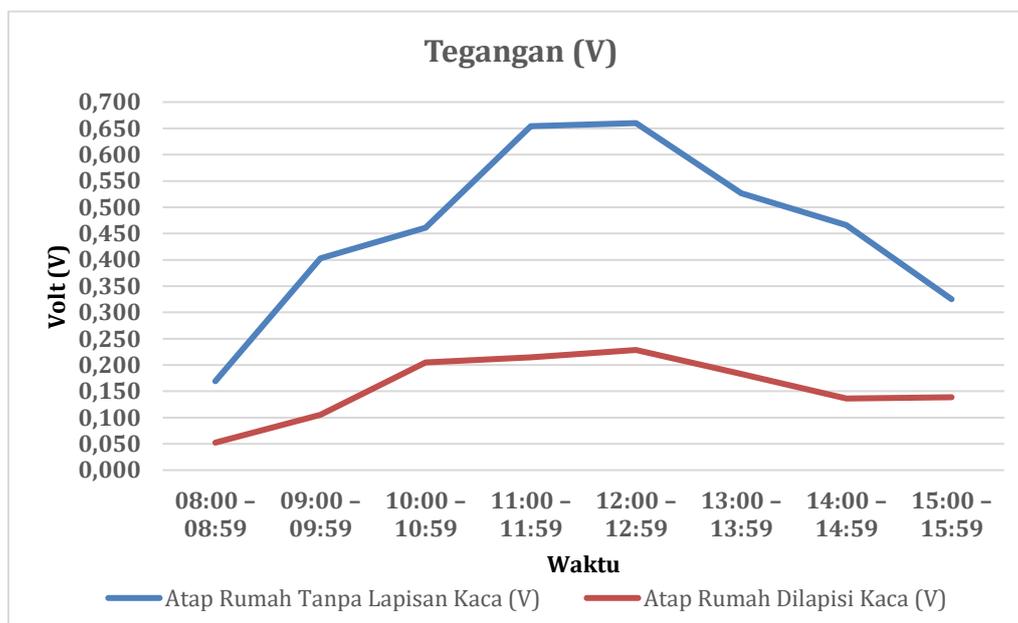
Gambar 10 menampilkan grafik perbedaan temperatur yang terjadi pada prototipe rumah dengan atap dilapisi kaca dan atap tanpa dilapisi kaca. Hasilnya berbentuk seperti parabola, perbedaan temperatur dihitung dengan menggunakan persamaan (1).



Gambar 10. Grafik Perbedaan Temperatur Pada Sisi Termoelektrik (ΔT)

Sesuai dengan grafik pada gambar 8 dan gambar 9, perbedaan temperatur sangat besar terjadi mulai pukul 10.00 – 13.59 namun perbedaan temperatur sudah terjadi pada masing-masing prototipe sejak pagi hari pukul 08.00 sampai 15.59. Puncak perbedaan temperatur terjadi pada siang hari, karena posisi matahari hampir mendekati dan tepat berada di atas permukaan bumi serta tegak lurus dengan permukaan bumi. Sehingga pancaran panas matahari dapat diserap secara maksimal. Pada pagi hari, karena posisi matahari yang belum tegak lurus, kemudian pancaran panas dari radiasi matahari belum maksimal dengan keadaan masih dingin, sehingga temperatur udara di lingkungan masih rendah. Jika dibandingkan dengan keadaan pada sore hari, perbedaan temperatur pada pagi hari dengan sore hari lebih tinggi pada sore hari. Ini terjadi karena temperatur udara telah naik, dan benda-benda yang terpapar sinar matahari telah menyerap panas dari radiasi matahari.

Grafik dari hasil tegangan listrik dapat dilihat pada gambar 11. Dapat dibuktikan bahwa semakin besar perbedaan temperatur yang terjadi, maka akan semakin besar tegangan listrik yang dihasilkan oleh termoelektrik generator. Ini sesuai dengan persamaan (3) perbedaan temperatur mempengaruhi besarnya tegangan listrik yang dihasilkan oleh termoelektrik generator.

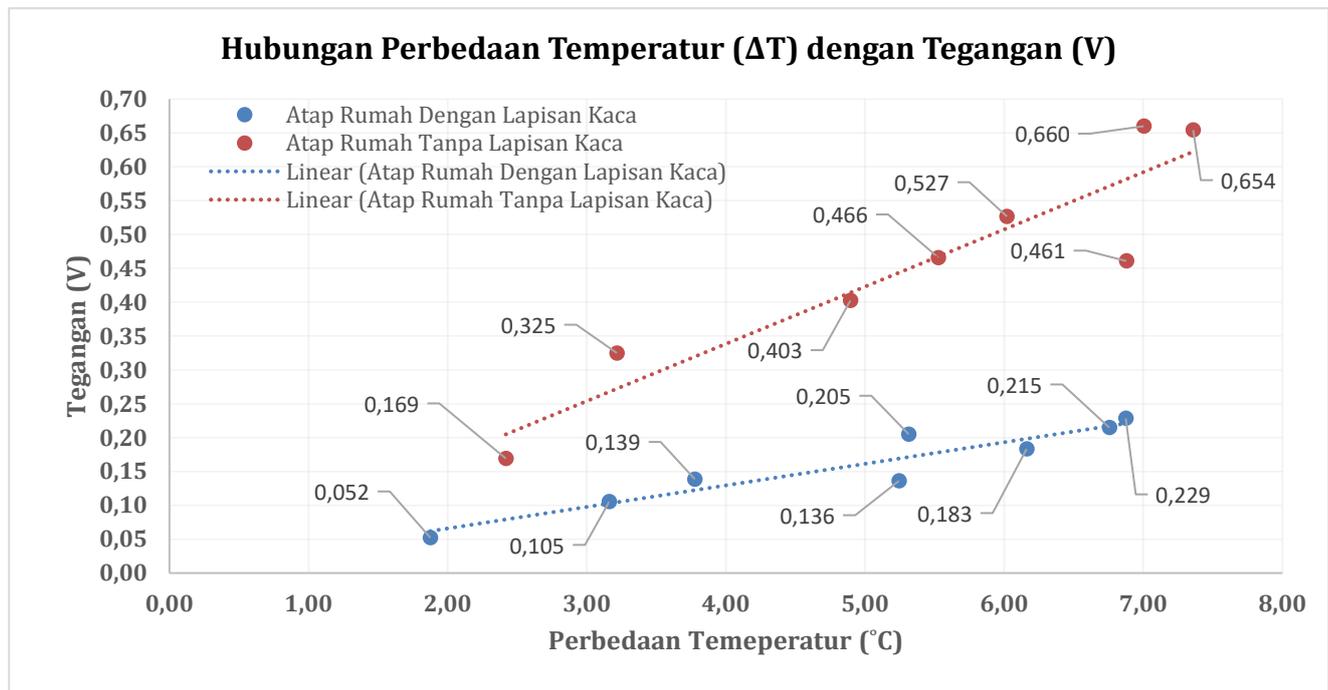


Gambar 11. Grafik Tegangan Listrik Yang Dihasilkan (V)

Dari grafik 11 masing-masing prototipe rumah mendapatkan tegangan maksimal pada siang hari yaitu dari pukul 11.00 – 13.59. Jika dibandingkan antara kedua prototipe tersebut. Rumah dengan atap tanpa dilapisi kaca memiliki tegangan yang lebih besar daripada rumah dengan atap yang dilapisi kaca. Namun tegangan listrik yang dihasilkan pada rumah dengan atap dilapisi kaca relatif konstan. Hal ini karena panas yang diserap ditahan oleh kaca sehingga mempengaruhi temperatur pada atap dan termolektrik. Berbeda dengan prototipe rumah dengan atap tanpa dilapisi kaca, tegangan yang dihasilkan berubah secara signifikan berdasarkan waktu dan relatif tidak stabil.

Gambar 12 menunjukkan hubungan antara perbedaan temperatur dengan tegangan listrik yang dihasilkan oleh termoelektrik generator. Terlihat pada gambar tersebut, besarnya tegangan yang dihasilkan oleh termoelektrik generator dipengaruhi oleh besarnya perbedaan temperatur yang terjadi antara sisi panas dengan sisi dingin termoelektrik generator sesuai dengan persamaan (3). Sehingga semakin besar perbedaan temperatur pada termoelektrik, semakin besar tegangan listrik yang akan dihasilkan. Pada rumah dengan atap dilapisi kaca

kenaikan tegangan tidak terlalu signifikan, dan tegangan relatif stabil. Pada rumah dengan atap tanpa lapisan kaca, tegangan listrik relatif tidak stabil. Namun kedua nya memiliki linear positif yang dapat membuktikan bahwa tegangan yang dihasilkan oleh termoelektrik dipengaruhi oleh besarnya perbedaan temperatur yang terjadi.



Gambar 12. Grafik Hubungan Perbedaan Temperatur Tegangan

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil penelitian didapatkan perbedaan temperatur mempengaruhi besarnya tegangan listrik yang dihasilkan oleh termoelektrik generator. Tegangan listrik maksimal didapatkan pada pukul 11.00 – 13.59, karena pada saat itu posisi matahari berada di atas permukaan bumi dan tegak lurus. Akibatnya panas matahari yang terpancar dapat diserap secara maksimal. Tegangan maksimal yang dihasilkan oleh termoelektrik generator mencapai 0,654 – 0,527 Volt pada rumah dengan atap tanpa lapisan kaca dan 0,215 – 0,183 Volt pada rumah dengan atap dilapisi kaca. Dari penelitian ini didapatkan pengaruh lapisan kaca dapat mempertahankan temperatur, sehingga tegangan yang dihasilkan pada rumah dengan atap dilapisi kaca relatif konstan. Berbeda dengan rumah dengan atap tanpa lapisan kaca, tegangan listrik yang dihasilkan lebih besar daripada tegangan pada rumah dengan atap dilapisi kaca. Tetapi tegangannya relatif tidak stabil.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, untuk penelitian selanjutnya perlu menambahkan pendingin (*cooler*) pada bagian sisi dingin termoelektrik. Sehingga akan terjadi perbedaan temperatur yang tinggi nantinya.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] L. Parinduri and T. Parinduri, "Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan," *JET (Journal Electr. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 88–92, Jun. 2020, Accessed: Sep. 30, 2021. [Online]. Available: <https://www.jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/2885>

-
- [2] Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, *Indonesia Energy Out Look 2019*. 2019.
- [3] G. Widayana, "Prototipe Sistem Pengeriing Cengkeh Dengan Energi Surya," Sep. 2015, Accessed: Sep. 30, 2021. [Online]. Available: <http://eprints.ulm.ac.id/607/>
- [4] Ginanjar, A. Hiendro, and D. Suryadi, "Perancangan Dan Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik dengan Menggunakan Kompor Surya sebagai Media Pemusat Panas," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, Sep. 2019, Accessed: Oct. 02, 2021. [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/35278>
- [5] A. Alashkar and A. H. Alami, "Overview of Thermoelectric Materials," *Encycl. Smart Mater.*, pp. 319–325, Jan. 2022, doi: 10.1016/B978-0-12-815732-9.00093-0.
- [6] R. (Universitas N. J. Sukarno, "Pemanfaatan Panas Gas Buang Sepeda Motor Sebagai Sumber Energi Alternatif Menggunakan Teknologi Thermoelektrik," *journal.unj.ac.id*, vol. 57, pp. 149–156, 2016, Accessed: Oct. 06, 2021. [Online]. Available: <http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jkem/article/download/6373/4615>
- [7] S. Klara and S. Sutrisno, "Pemanfaatan Gas Buang Mesin Diesel Sebagai Energi Listrik," *J. Ris. Teknol. Kelaut.*, vol. 14, no. 1, 2016, Accessed: May 18, 2022. [Online]. Available: <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jrtk/article/view/694>
- [8] J. P. Holman, *Perpindahan Kalor*, 6th ed. Jakarta: Erlangga, 1997.
- [9] N. Nazaruddin, T. Zulfadli, and A. Mulkan, "Studi Kemampuan Penyerapan Panas pada Atap Rumah Seng Berwarna Terhadap Intensitas Matahari dalam Mengatasi Global Warming," *Int. J. Nat. Sci. Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 114–121, Dec. 2020, doi: 10.23887/IJNSE.V4I3.30065.
- [10] A. Syuhada and S. Ratna, "Pengujian Pengaruh Penghambatan Kebeningan Kaca Terhadap Transfer Intensitas Cahaya pada Pemanasan Ruangan Mobil," in *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin Indonesia XIV*, Jan. 2016. Accessed: May 18, 2022. [Online]. Available: <http://eprints.ulm.ac.id/590/>
- [11] S. M. Pourkiaei *et al.*, "Thermoelectric cooler and thermoelectric generator devices: A review of present and potential applications, modeling and materials," *Energy*, vol. 186, p. 115849, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.07.179.
- [12] Arikunto, *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: PT. Rineka Cipta, 2006.

Halaman ini sengaja dikosongkan