

---

**PENINGKATAN LUAS PERMUKAAN KONVERTER RADIASI MATAHARI UNTUK MENINGKATKAN TEMPERATUR DAN DAYA LISTRIK YANG DIHASILKAN OLEH SISTEM GENERATOR TERMOLISTRIK**

Selestina Bame, Ishak Samuel Erari, Abdul Muis Muslimin, Sangaji Hasmi Maharani Ipa  
FMIPA Universitas Papua  
Email korespondensi: [ishakerari@yahoo.com](mailto:ishakerari@yahoo.com)

**ABSTRAK**

The development of the use of solar energy as a new renewable energy is being encouraged in various forms of its use, and one of them is the conversion of solar energy into electrical energy. The Thermoelectric Generator (TEG) module is a power generation system that utilizes temperature differences to produce electric power. The temperature difference can be obtained from solar radiation the metal will convert into heat energy, which will pass through the TEG and be discharged into the environment. The amount of solar radiation converted into heat depends on the area of the converter. This research aim is to increase the surface area of the solar converter to increase the temperature used in the TEG system to generate electric power. The areas used for capturing solar radiation are 0.06 m<sup>2</sup>, 0.12 m<sup>2</sup> and 0.16 m<sup>2</sup> which are made of black aluminum plates in a closed system. At the bottom of the aluminum are installed 7 thermoelectric modules connected to a water reservoir as a coolant. The results of the study showed that the highest temperatures that could be achieved were respectively 39.1, 52.5 and 61°C, and the temperature differences that could be achieved were respectively 9.1; 20.0 and 28 °C. A temperature difference of 7.1 °C produces an electric power of 64.2 mW, and a temperature difference of 28 oC produces an electric power of 282.8 mW.

Keywords: Thermoelectric Generator, converter area, temperature difference, electric power.

---

**PENDAHULUAN**

Penggunaan energi fosil telah menyebabkan berbagai dampak lingkungan terutama isu pemanasan global dan dampak ikutan lainnya, sehingga berbagai usaha dilakukan oleh manusia untuk menemukan energi baru terbarukan yang ramah lingkungan seperti konversi energi surya menjadi energi listrik melalui sel surya, pembangkit listrik tenaga air (PLTA), pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PTTMH), penggunaan arus laut dan gelombang laut untuk pembangkit tenaga listrik, pembangkit listrik tenaga angin,

pembangkit listrik akibat perbedaan suhu, dan beberapa pembangkit energi lainnya.

Thermoelectric Generator (TEG) adalah salah satu sistem pembangkit listrik berdasarkan Asas Seebeck yaitu pembangkit listrik dengan memanfaatkan pada perbedaan suhu (Rusli dkk, 2020). TEG memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan sistem pembangkit energi baru terbarukan lainnya, yaitu ringan, tahan lama, tidak berisik, dapat dipindahkan, mudah pemeliharaannya, dan hanya berdasarkan perbedaan suhu.

TEG bekerja berdasarkan Asas Seebeck yaitu jika duabua<sup>h</sup> konduktor atau semikonduktor yang memiliki konduktivitas berbeda di hubungan satu sama lainnya dan kedua ujung (Rafika dkk, 2016). Besarnya beda potensial di dalam rangkaian merupakan fungsi dari perbedaan temperatur (Alhidayat dkk, 2021) , yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\Delta V = \alpha \Delta T \quad (1)$$

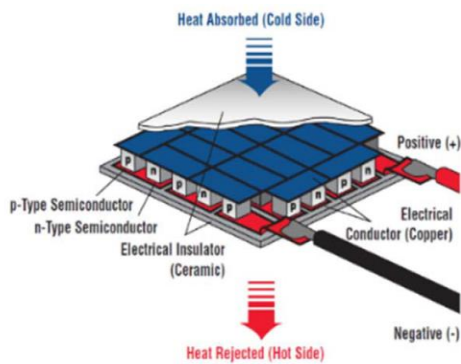
dengan  $\Delta V$  adalah beda potensial,  $\alpha$  adalah koefisien seebeck, dan  $\Delta T$  adalah perbedaan suhu di antara kedua sisi TEG. Persamaan (1) memperlihatkan bahwa semakin besar perbedaan suhu diantara sambungan kedua konduktor semakin tinggi beda potensial dan adanya arus yang timbul di dalam rangkaian

Modul termolistrik tersusun dari serangkaian semikonduktor tipe N dan tipe P yang dirangkai seri dan diselubungi dengan keramik tipis yang konduktif terhadap panas. Satu sisi akan menerima panas dan mengalirkan panas melewati semikonduktor dan diterima oleh sisi lainnya dan panas

sambungan memiliki suhu yang berbeda akan menimbulkan beda potensial di dalam rangkaian sehingga menghasilkan gaya gerak listrik

tersebut dilepas ke lingkungan. Adapun rangkaian semikonduktor tipe N dan tipe di dalam modul TEG dan bentuk TEG seperti pada Gambar 1.

Perbedaan suhu yang besar dapat diperoleh melalui konversi radiasi matahari menjadi radiasi panas melalui konverter dan diperlukan pula reservoir pendingin yang dapat berupa air atau pendingin berupa kipas. Pendistribusian panas yang melewati TEG dan akan dilepaskan ke reservoir air, memerlukan heatsink yang terbuat dari aluminium berbentuk sirip. Konversi radiasi matahari menjadi radiasi panas yang dapat terus menerus memberikan suhu yang tinggi, diperlukan konverter dengan sistem tertutup. Konverter tertutup tersebut mampu mengkonversi energi radiasi matahari menjadi energi panas yang kontinu untuk sistem TEG (Jarman et.al, 2013). Tujuan penelitian ini adalah melihat hubungan luas permukaan konverter terhadap perbedaan temperatur dan daya listrik yang dihasilkan.



(a)



(b)

Gambar 1. (a) Rangkaian semikonduktor tipe N dan P, dan (b) modul TEG

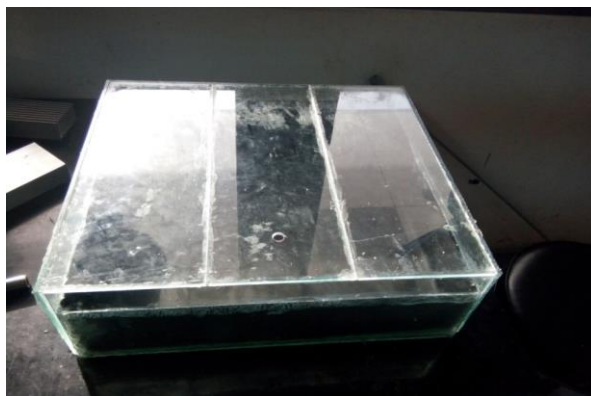
**METODE**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan tiga luas permukaan konverter radiasi matahari yaitu 40 cm x 15 cm (0,06 m<sup>2</sup>), 40 cm x 30 cm (0,12 m<sup>2</sup>) dan luas 40 cm x 40 cm (0,16 m<sup>2</sup>), yang terbuat dari bahan aluminium yang diberi warna hitam, dan konverter ini diselubungi oleh kotak kaca untuk meningkatkan dan mempertahankan panas matahari yang dihasilkan oleh konverter. Sisi panas modul TEG bersentuhan dengan bagian bawah pelat konverter sedangkan sisi dingin TEG tersambung dengan heatsink aluminium untuk melepaskan panas ke dalam air. Volume air yang digunakan sebanyak 30 liter, sebagai reservoir untuk mempertahankan suhu rendah pada heatsink. Didalam eksperimen ini digunakan 7 buah modul termolistrik tipe 12706 yang dirangkai seri pada setiap konverter, dimana

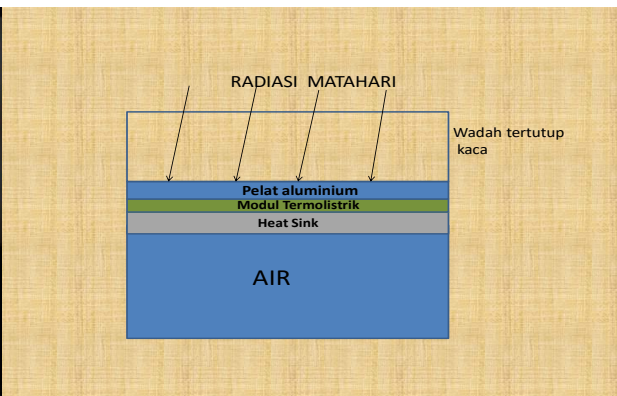
rangkaian seri memberikan daya listrik lebih tinggi 20 kali lebih tinggi daripada rangkaian paralel pada sistem termolistrik (Rifky dkk, 2021). Adapun kotak kaca dan susunan peralatan eksperimen seperti Gambar 2.

Dua termometer digital tipe K digunakan untuk mengukur suhu di dalam wadah kaca dan suhu air. Untuk mengukur tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh TEG, terpasang secara tetap dua multimeter digital selama pengamatan dilakukan. Variabel yang diamati adalah temperatur konverter di dalam wadah kaca dan temperatur pada heatsink, tegangan dan arus listrik, yang dilakukan setiap 2 menit, selama 30 menit, mulai pukul 11.00 hingga 11.30. Daya listrik P keluaran diperoleh dari arus dan tegangan searah (Wei et al., 2012), dihitung menggunakan persamaan:

$$P_{out} = V.I \tag{2}$$



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Kotak kaca beserta converter, (b) Susunan peralatan eksperimen

dengan  $V$  adalah tegangan DC ( $V$ ) yang timbul pada modul termolistrik dan  $I$  adalah arus listrik ( $A$ ).

Analisis dilakukan pada variabel perbedaan suhu di dalam wadah dengan temperatur air, temperatur tertinggi yang dapat dicapai, tegangan, arus listrik dan daya listrik maksimum yang dapat dicapai oleh ketiga konverter. Data-data tersebut akan dianalisis secara tabulasi dan akan diperbandingkan diantara luas konverter.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data pengamatan terhadap suhu air, suhu maksimum di dalam wadah, perbedaan suhu, tegangan, arus listrik dan daya listrik maksimum yang dapat dicapai oleh ketiga konverter di tampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 memperlihatkan bahwa suhu air rata-rata selama eksperimen berlangsung

Tabel 1. Data pengamatan suhu, perbedaan suhu, tegangan, arus listrik dan daya listrik maksimum yang dapat dicapai oleh ketiga converter.

Parameter	Luas Konverter		
	0,06 m <sup>2</sup> (Box 1)	0,12 m <sup>2</sup> (Box 2)	0,18 m <sup>2</sup> (Box 3)
T <sub>c</sub> (°C)	32	32	32
T <sub>h<sub>mak</sub></sub> konverter (°C)	39,1	52,5	61
ΔT (°C)	7,1	20,5	28
I (mA)	31	50	70
ΔV (V)	2,07	3,12	4,04

relatif sama untuk ketiga luas konverter yang digunakan yaitu 32°C. Hal ini memperlihatkan bahwa air sebanyak 30 liter yang digunakan sebagai reservoir untuk mempertahankan suhu sisi dingin TEG berfungsi dengan baik sehingga aliran transfer aliran kalor melewati modul termolistrik berlangsung secara konstan.

Suhu maksimum yang dapat tercapai di dalam konverter yang diuji meningkat dengan bertambahnya luas konverter. Suhu maksimum terendah terjadi pada box 1 yaitu 39,1 °C sedangkan suhu maksimum tertinggi terjadi pada box 3 yaitu sebesar 61,0 °C, yang mengindikasikan bahwa setiap pertambahan luas konverter sebesar 1,0 cm<sup>2</sup> akan menyebabkan kenaikan temperatur sebesar 0,012 °C pada luasan konverter yang diobservasi.

---

P (mW)	64,2	156	282,8
--------	------	-----	-------

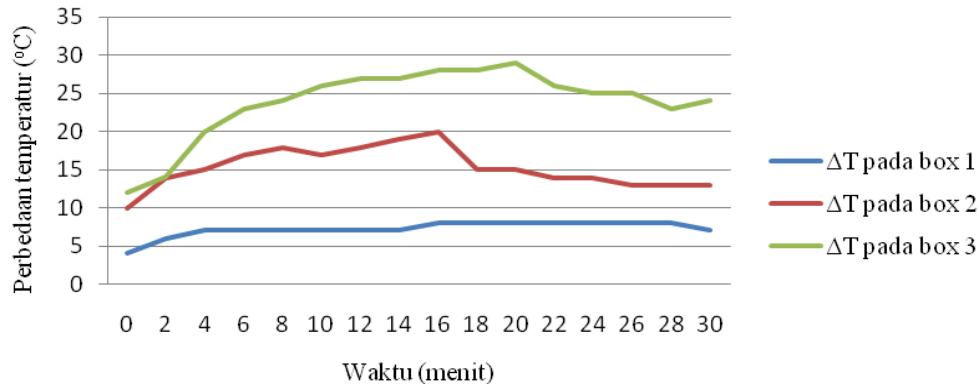
---

Sistem termolistrik bekerja mengubah perbedaan temperatur antara sisi panas dengan sisi dingin pada TEG menjadi energi listrik. Semakin besar perbedaan temperatur di antara kedua sisi TEG semakin besar daya listrik yang dihasilkan. Adapun perbedaan suhu pada ketiga luas konverter selama pengamatan ditampilkan pada Gambar 3.

Perbedaan suhu tertinggi di antara kedua sisi TEG terjadi pada 15 – 22 menit pertama, dimana wadah box 3 yang memiliki luasan terbesar memiliki laju kenaikan suhu lebih cepat pada awal penyinaran jika dibandingkan kedua box yang lain. Luasan konverter yang lebih besar akan lebih banyak mengkonversi radiasi matahari menjadi energi panas yang dibutuhkan oleh sistem termolistrik. Pemakaian 7 buah modul termolistrik pada setiap konverter, memperlihatkan bahwa box 1 dengan luasan konverter terkecil hanya mampu mencapai perbedaan suhu tertinggi sebesar 7,9 °C dan box 2 hanya mencapai perbedaan suhu tertinggi sebesar 20,5 °C, sedangkan box 3 mampu mencapai perbedaan temperatur tertinggi sebesar 28 °C, hal ini menunjukkan bahwa laju konversi radiasi

matahari menjadi panas sama dengan laju perpindahan panas melalui termolistrik. Semakin besar laju aliran panas semakin besar pula aliran elektron sebagai pembawa muatan melewati modul termolistrik.

Sistem TEG bekerja mengubah perbedaan temperatur antara sisi panas dengan sisi dingin pada menjadi energi listrik. Semakin besar perbedaan suhu di antara kedua sisi modul semakin besar daya listrik yang dihasilkan (Vedanayakam dan Suvarna, 2018). Perbedaan suhu sebagai input akan menghasilkan daya listrik sebagai keluaran. Pada rangkaian seri dengan 7 buah modul termolistrik, memperlihatkan kenaikan perbedaan temperatur lebih mempengaruhi kenaikan arus listrik daripada kenaikan tegangan listrik, sehingga kenaikan daya listrik sangat dipengaruhi oleh kenaikan arus listrik. Daya listrik keluaran merupakan fungsi dari perbedaan tegangan dengan arus listrik, sehingga diperoleh perbedaan suhu dan daya listrik yang dihasilkan adalah 7,1 °C pada box 1 menghasilkan daya listrik sebesar 64,2 mW dan perbedaan temperatur 28 °C pada box 3 menghasilkan daya listrik tertinggi sebesar 282,8 mW.



Gambar 3. Perbedaan suhu pada ketiga konverter yang diobservasi

**KESIMPULAN**

Hasil penelitian dengan menggunakan tiga luasan konverter yang berbeda dan 7 buah TEG yang dirangkai secara seri memberikan hasil bahwa semakin luas konverter yang digunakan semakin besar perbedaan suhu yang dihasilkan. Kenaikan perbedaan suhu lebih mempengaruhi kenaikan arus listrik daripada tegangan listrik. Pada perbedaan suhu 7,1 °C menghasilkan daya listrik sebesar 64,2 mW, dan perbedaan suhu sebesar 28 °C menghasilkan daya listrik sebesar 282,8 mW.

**DAFTAR PUSTAKA**

Alhidayat, S. Bakhri, S. Dinata, 2019. Rancangan Bangun Generator Thermal Dengan Pemanfaatan Limbah Panas Knalpot Motor Replika. Majala Ilmiah Teknologi Elektro Vol. 20, No. 1

Jarman.J.T., E. E. Khalil, and E. Khalaf, 2013. “Energy Analyses of Thermoelectric Renewable Energy Sources,” *Open J. Energy Effic.*, vol. 02, no. 04, pp. 143–153, 2013.

Rafika H., R. I. Mainil, dan A. Aziz, 2016. “Kaji Eksperimental Pembangkit Listrik Berbasis Thermoelectric Generator (TEG) Dengan Pendingin Menggunakan Udara”. Universitas Riau.

Rifky., A. Fikri., M. Mujirudin, 2021. Konversi Energi Termal Surya Menjadi Energi Listrik Menggunakan Generator Termolistrik. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, Vol 6 No. 1.

Rusli, Adriyani. Djabbar, Rahmania, 2020. “Konversi Energi Panas Menjadi Energi Listrik Dengan Menggunakan Generator Termoelektrik”.*Jurnal Logitech*. 2020.

Vedanayakam. V and P. Suvarna, 2018. Study Of Thermoelectric Generator In

Different Combinations Of Series And Parallel Configurations – Calculation Of Power And Efficiency,” vol. 8, no. 7, pp. 30–34, 2018

Jarman.J.T., E. E. Khalil, and E. Khalaf, 2013. “Energy Analyses of Thermoelectric Renewable Energy Sources,” *Open J. Energy Effic.*, vol. 02, no. 04, pp. 143–153, 2013.

Wei-Hsin Chen, Chen-Yeh Liao, Chen-I Hung, Wei-Lun Huang, 2012. Experimental Study on Thermoelectric Modules for Power Generation at Various Operating Conditions. *Energy* 45 (2012) 874-881