

Pemanfaatan Panas Dinding Kompor Portabel untuk Charging Baterai Para Campers Berbasis Thermoelectric Generator

Farhan Murtadho, Rachmad Firdaus*

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Abstrak: *Camping ground* adalah sebuah kegiatan rekreasi *out door* (luar ruangan) dengan mendirikan tenda sebagai tempat penginapan dan membutuhkan sumber listrik. Dengan memanfaatkan panas dinding kompor portabel menggunakan sebanyak 5 buah *thermoelectric generator* (TEG) tipe SP 1848. Serta membandingkan efisiensi dan pengaruh *heatsink* pada variasi media pendingin menggunakan suhu udara di dataran tinggi (*natural ambient*) dibantu kipas (*fan*) dengan menggunakan variasi media air yang disemprotkan ke sisi dingin *heatsink* setiap 5 menit sekali. Dengan harapan panas buang dinding kompor portabel dapat menjadi sumber energi listrik guna untuk men-charger baterai. Pada percobaan pengambilan data didapatkan hasil dari variasi *cold side* menggunakan variasi *natural ambient* (udara sekitar) mengalami penurunan tegangan di temperatur 80 °C. Berbanding terbalik dari hasil variasi *cold side* menggunakan variasi air pada temperatur 80°C yang konstan. Hal ini disebabkan sisi dingin *thermoelectric* pada variasi udara mengalami ketidakstabilan pada suhu udara. Pada pengujian *output dc converter* ke baterai variasi *cold side* menggunakan udara sekitar (*natural ambient*), *dc converter* dapat menaikkan listrik dari input 2.80 v ke output 8.81 V di temperatur 60°C. Adapun pada pengujian *output dc converter* ke baterai variasi *cold side* menggunakan air, *dc converter* dapat menaikkan listrik dari input 2.76 v ke output 5.37 V di temperatur 80 °C. Akan tetapi Pada penelitian kompor portabel berbasis *thermoelectric generator* berbasis *thermoelectric generator* ini mampu mencukupi kebutuhan sumber listrik pada *campers*.

Kata Kunci: *Thermoelectric Generator, Dc – dc Converter (step up), Baterai*

DOI:

<https://doi.org/10.47134/innovative.v2i3.88>

*Correspondence: Rachmad Firdaus

Email: firdausr@umsida.ac.id

Received: 01-07-2023

Accepted: 15-08-2023

Published: 30-09-2023



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: *Camping ground* is an outdoor recreational activity by setting up a tent as a place to stay and requiring a power source. By utilizing the wall heat of a portable stove using as many as 5 *thermoelectric generators* (TEG) type SP 1848. As well as comparing the efficiency and influence of the *heatsink* on the variation of the cooling media using air temperature in the highlands (*natural ambient*) assisted by a fan (*fan*) by using a variety of water media sprayed onto the cold side of the *heatsink* every 5 minutes. With the hope that the exhaust heat in the portable stove can be a source of electrical energy to charge the battery. In the data collection experiment, the results of the cold side variation using *natural ambient* variations (around air) decreased the voltage at temperature 80 C. Inversely proportional to the results of the cold side variation using water variations at a constant 80°C temperature. This is due to the cold side of the *thermoelectric* in the air variation experiencing instability at air temperature. In testing the output of the *dc dc converter* to the cold side variation battery using *natural ambient* air, the *dc dc converter* can increase electricity from input 2.80 v to output 8.81 V at 60°C. As for testing the output of the *dc dc converter* to the cold side battery variation using water, the *dc dc converter* can increase electricity from input 2.76 v to output 5.37 V at 80 C. However, in research on portable stoves based on a *thermoelectric generator* based on a *thermoelectric generator*, this *thermoelectric generator* is able to meet the needs of a power source for *campers*.

Keywords: *thermoelectric generator, dc – dc converter (step up), battery*

Pendahuluan

Camping ground adalah sebuah kegiatan rekreasi *out door* (luar ruangan) yang biasa dilakukan dalam 1 hari bahkan berhari-hari. Dengan mendirikan tenda sebagai tempat penginapan. Aktivitas ini, biasanya dilakukan di sebuah dataran tinggi atau pegunungan yang sangat minim akan energi listrik. Tentu, aktivitas ini sangat membutuhkan energi listrik guna untuk penerangan lampu, pengisian baterai dan kebutuhan lain-lainnya.

Dengan berkembangnya zaman banyak inovasi-inovasi teknologi yang menghasilkan energi terbarukan untuk mengurangi dampak penyusutan sumber daya alam dan pemanasan global (Shoeibi, 2022; Jouhara, 2021; Ren, 2021; Nuraida et al., 2020). *Thermoelectric generator* sebagai salah satu solusi dari masalah yang ada sebagai sumber alternatif (Soleimani, 2021; Assareh, 2021; Li, 2021; Rösch, 2021; Puspita et al., 2017). *Thermoelectric generator* (TEG) sebuah alat yang dapat mengkonversikan energi panas menjadi energi listrik secara langsung (Manab & Fikri, 2020; Rafsanjani & Kurniawan, 2017). *Thermoelectric generator* juga memiliki biaya perawatan yang sangat murah dan tidak ada biaya tambahan untuk pengoperasiannya (Yuan, 2023; Lin, 2023; Luo, 2022; Tohidi, 2022; Allen et al., 2002). Teknologi ini menghasilkan listrik dari Efek termoelektrik atau biasa disebut efek *seeback*. Efek *seeback* adalah sebuah proses perpindahan energi panas berubah ke energi listrik (Li, 2022; Masoumi, 2022; Nabat, 2022; Klara & Sutrisno, 2016), begitu juga dari energi listrik menjadi energi panas dikarenakan adanya perubahan temperatur. Apabila pada 2 sisi logam dipanaskan atau didinginkan (Miao, 2022; Zhao, 2022; Umboh, 2012). Elektron pada sumber panas akan bergerak secara aktif dengan kecepatan aliran yang tinggi dibandingkan pada sisi dingin logam. Dengan demikian elektron akan mengalami elektron mengalami difusi dikarenakan terjadinya rapatan muatan tinggi dari kerapatan muatan rendah. Oleh sebab itu pada sisi panas ke sisi dingin *thermoelectric* dapat menimbulkan medan listrik (Pras Ley Bustomy, 2020).

Rosyidi et al. (2020), Rosyidi et al (2020) melakukan penelitian energi dari *thermoelectric generator* (TEG) yang menghubungkan baterai. Dengan menggunakan 5 TEG pada rangkaian seri dengan tipe TEG SP 1848–27145. Adapun pengujian pengisian baterai dilakukan dengan waktu selama 60 menit. Dari hasil pengujian pengisian baterai tersebut disimpulkan bahwa selama baterai terisi akan terjadi kenaikan tegangan sebesar 0,03 V.

Rafika et al. (2017) telah mengkaji eksperimennya pembangkit energi listrik menggunakan modul *thermoelectric generator* dengan media pendinginan udara. Eksperimen ini bertujuan guna mengetahui arus energi listrik pada *thermoelectric*. Dengan menggunakan 4 buah tipe TEG SP 1848 dan TEC 12706. Peneliti menggunakan sumber panas dari *heater*/pemanas dengan tegangan 60 V. Adapun media pendingin peneliti memakai kipas angin dengan kecepatan putar 3,5 m/s. Dari hasil pengujiannya didapatkan pada tipe *Thermoelectric* TEG SP 1848 mendapatkan daya maksimum sebesar 0.055 W dan

arus 0.279 A. Adapun TEC 12706 mendapatkan daya maksimum sebesar 0.109 W dan arus 0.147 A, saat dilakukan pengujian keduanya menggunakan temperatur 14.87 °C. Dari hasil pengujian di ketahui bahwa Kinerja pada *thermoelectric generator* jenis SP 1848 menghasilkan energi listrik yang lebih besar dibandingkan dengan *thermoelektrik cooler* jenis TEC 12706.

Dengan adanya problem permasalahan yang telah dijelaskan diatas dengan merujuk pada para penelitian sebelumnya, maka penulis ingin mengembangkan hasil dari penelitian sebelumnya. Dengan melakukan perancangan dan pengambilan data output dari pembangkit listrik dengan memanfaatkan panas dinding kompor portabel menggunakan sebanyak 5 buah *thermoelectric generator* (TEG) tipe SP 1848. Serta membandingkan pengaruh *heatsink* pada variasi media pendingin menggunakan suhu udara di dataran tinggi (*natural ambient*) dibantu kipas (*fan*) dengan menggunakan variasi media air yang di semprotkan ke sisi dingin *heatsink* setiap 5 menit sekali. Adapun komponen penunjang seperti *heat sink*, *dc-dc converter*, baterai dan lain-lainya. Dengan harapan panas buang dinding kompor portabel dapat menjadi sumber energi listrik guna untuk men-*charger* baterai. Selain itu dapat dimanfaatkan untuk keperluan lainnya.

Metode

Metode penelitian eksperimental yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian kinerja *thermoelectric generator* dan menambah perlakuan variasi pendinginan, sehingga dapat mengetahui perbedaan efisiensi listrik pada media pendinginan *thermoelectric generator* yang digunakan . Pada penelitian ini ada dua jenis variabel yang digunakan yaitu variabel bebas (independen) dan variabel terkait (dependen). Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi konfigurasi media pendinginan pada sisi dingin *thermoelectric* menggunakan udara pendinginan (*natural ambient*) dan menggunakan variasi media air. Adapun variabel terkait dalam penelitian adalah energi listrik yang dihasilkan dari *dc-dc konverter* menuju baterai.

A. Perancangan Desain & *Hard ware*

Implementasi perancangan kompor portabel berbasis *thermoelectric generator* (TEG) menggunakan modul TEG dengan tipe TEG SP 1848-27145 sebanyak 5 buah. Yang dirancang seri agar dapat menghasilkan tegangan yang tinggi. Sebelum TEG di susun pada dinding kompor portabel, terlebih dahulu pemasangan *hot heatsink* pada setiap modul TEG dengan tujuan panas pada plat seng dapat terserap dengan rata. Setelah TEG tersusun pada kompor portabel. Kemudian pada sisi pendingin TEG ditempel *cold heatsink* dengan menggunakan *thermal* pasta untuk lebih meningkatkan perpindahan panas dari *cold heatsink* ke bagian TEG.

Setelah modul TEG dan *cold heatsink* terpasang. Energi listrik yang keluar dari TEG akan melewati beberapa komponen yaitu modul XL 6009 *step up* yang memiliki input

tegangan 3 V sampai 32 volt dan output 5 V sampai 32 V. Selanjutnya aliran listrik menuju baterai yang memiliki tegangan 12.6 V dan dapat menampung energi listrik hingga 39000 Mah. Sehingga energi listrik yang tersimpan pada baterai dapat digunakan kebutuhan para *campers* semisal untuk *charger hp*, penerangan, dan lain-lain.

B. Tahap Penambahan *Fan* pada *Cold Heatsink*

Tahap ini, peneliti menambahkan *fan* (kipas angin) sebagai alat bantu pendinginan *heatsink* variasi udara sekitar (*natural ambient*). Dengan tujuan membandingkan pengaruh tegangan, daya, dan arus dengan variasi pendinginan menggunakan air.

Hasil dan Pembahasan

Pengujian kompor portabel berbasis *thermoelectric generator* dilakukan pengujian komponen *thermoelectric generator* yang dirangkai secara seri sebanyak 5 buah. Pada sisi dingin (*cold side*) peneliti menggunakan variasi pendinginan udara sekitar (*natural ambient*) dari pengunungan dan variasi pendinginan dengan menggunakan air. Dengan tujuan menganalisa efisiensi kinerja alat tersebut. Serta pengujian output *dc-dc converter step up* dengan tujuan mendapatkan daya listrik untuk *charger* baterai.

A. Pengujian *Cold Side Thermoelectric Generator* Variasi Pendinginan Udara Sekitar (*natural ambient*)

Pengujian *thermoelectric generator* dengan pendinginan udara sekitar (*natural ambient*) dilakukan dengan menyalakan kompor portabel yang ada *thermoelectric generator* pada dinding luar kompor sebanyak 5 buah yang dirangkai seri. Pada sisi dingin peneliti menggunakan *heatsink* yang dibantu oleh sirkulasi kipas. Dalam penelitian ini kinerja dari komponen *thermoelectric generator* dengan sirkulasi udara sekitar (*natural ambient*) pada suhu 21 – 22 °C. Terdapat beberapa data percobaan yang diambil diantaranya, tegangan (volt), temperatur sisi panas (°C), temperatur sisi dingin (°C), perbedaan temperatur (°C). Berikut adalah hasil data dari perhitungan dari percobaan *prototype thermoelectric* pada variasi sisi dingin menggunakan udara sekitar.

Tabel 1. Hasil Data Perhitungan TEG Variasi Pendinginan Udara Sekitar (*natural ambient*)

T_h (°C)	T_c (°C)	ΔT_{max} (°C)	Volt (V)	Z (v/°k)	α_m (v/°k)	ε	Qc (w)
40	21.5	18,5	2,47	0,639	0.076	0,473	0,0057
60	21.4	38,6	2.80	0,690	0.072	0,615	0,012
80	21.9	58,1	2,76	0,693	0.067	0,965	0,018
100	21.9	78,1	2,90	0,735	0.052	0,746	0,024

B. Pengujian *Cold Side Thermoelectric Generator* Variasi Pendinginan Air

Pengujian *thermoelectric generator* (TEG) dengan pendinginan air dilakukan dengan menggunakan kompor portabel yang tertempel TEG pada dinding luar kompor sebanyak 5 buah yang dirangkai seri. Pada sisi dingin peneliti menggunakan *heatsink* dengan bantuan penyemprotan air setiap 5 menit pada sisi dingin *heatsink*.

Dalam pengujian ini, sisi dingin *heatsink* bersuhu 20 sampai 21 °C. Terdapat beberapa data percobaan yang diambil diantaranya, tegangan (volt), temperatur sisi panas (°C), temperatur sisi dingin (°C), perbedaan temperatur (°C).

Berikut adalah hasil data dari perhitungan dari percobaan *Prototype Thermoelectric* pada variasi sisi dingin menggunakan air.

Tabel 2. Hasil Data Perhitungan TEG Variasi Pendinginan Air

T_h (°C)	T_c (°C)	ΔT (°C)	Volt (V)	Z (v/°k)	α_m (v/°k)	ε	Q pendingin (w)
40	20,7	19,3	1,63	0,680	0.076	0,442	19.3
60	20,7	39,3	2,21	0,739	0.072	0,625	39.3
80	20,7	59,3	2,78	0,783	0.067	0,708	59.3
100	20,8	79,2	2,84	0,82	0.052	0,756	79.2

Setelah dilakukan perhitungan dari hasil pengambilan data, langkah selanjutnya melakukan analisa data dan grafik terkait hasil percobaan tersebut.

Adapun grafik yang akan dibahas tentang perbandingan hasil data dari percobaan pada 2 variasi macam pendingin (*cold side*) pada *thermoelectric generator* yaitu:

1. Variasi pendinginan (*cold side*) menggunakan udara sekitar (*natural ambient*)
2. Variasi pendinginan (*cold side*) menggunakan air

C. Grafik Perbandingan Tegangan *Thermoelectric Generator* terhadap Temperatur

Semakin tinggi temperatur panas kompor maka semakin besar pula sumber arus listrik yang dihasilkan, akan tetapi pada percobaan pengambilan data didapatkan hasil dari variasi *cold side* menggunakan variasi *natural ambient* (udara sekitar) mengalami penurunan tegangan di temperatur 80 (°C). Berbanding terbalik dari hasil variasi *cold side* menggunakan variasi air pada temperatur 80 (°C). Hal ini disebabkan sisi dingin *thermoelectric* pada variasi udara mengalami ketidakstabilan pada suhu udara.

D. Grafik Perbandingan *Seebeck Coefficient* terhadap Temperatur Sisi Panas

Nilai dari koefisien *seebeck* bergantung pada material *thermoelectric* dan juga panas yang dihasilkan dari *hot side thermoelectric generator*. Prinsip dari koefisien *seebeck* adalah semakin panas sisi panas pada *thermoelectric generator* maka semakin turun nilai dari

koefisien *seebeck*. Koefisien *seebeck* pada percobaan *cold side* dengan variasi udara atau air tidak mempengaruhi nilai koefisien *seebeck* pada *thermoelectric generator*.

Seperti contoh hasil data perhitungan pada temperatur 100°C dengan variasi sisi dingin menggunakan udara menghasilkan nilai coefficient *seebeck* (α_m) sebesar:

$$\alpha_m = \frac{24}{(100+273)}$$

$$\alpha_m = 0,052 \text{ V/}^\circ\text{K}$$

Keterangan :

α_m : koefisien *seebeck* (V/ $^\circ\text{K}$)

Vmax : Tegangan maksimum *thermoelectric* (V)

Th : Temperatur sisi panas ($^\circ\text{C}$)

E. Grafik Perbandingan *Figure Of Merit* terhadap Temperatur

Figure of merit adalah persamaan yang terdapat pada material *thermoelectric generator*. Prinsip dari nilai *figure of merit*, semakin besar nilai ZT maka semakin besar pula daya yang diperoleh *thermoelectric generator*. Z adalah satuan per derajat suhu, adapun Tm merupakan rata-rata temperatur kerja. *Figure of merit* (ZT) terhadap perbedaan temperatur dengan media pendinginan air lebih tinggi dibandingkan dengan media pendingin udara. Akan tetapi media pendingin udara lebih stabil dibandingkan dengan media pendinginan air yang ada penurunan.

Seperti contoh hasil data perhitungan pada temperatur 100°C dengan variasi sisi dingin menggunakan udara menghasilkan nilai *Efficiency thermoelectric* (η) sebesar:

$$\eta = \frac{79.2}{100} \cdot \frac{\sqrt{1+61.17-1}}{\sqrt{1+61.17+\frac{100}{20.8}}}$$

$$\eta = 0,756$$

Keterangan:

η : efisiensi *thermoelectric*

ΔT : perbedaan temperatur kedua sisi ($^\circ\text{C}$)

Tc : temperatur sisi dingin (*cold side*) ($^\circ\text{C}$)

ZT : *figure of merit*

F. Grafik Perbandingan Efisiensi *Thermoelectric Generator* terhadap Perbedaan Temperatur

Nilai efisiensi *thermoelectric generator* (TEG) bergantung dengan nilai dari perbedaan temperatur dan nilai *figure of merit* (ZT). Semakin tinggi perbedaan temperatur dan ZT maka semakin tinggi pula nilai dari efisiensi dari efisiensi *thermoelectric generator*. Variasi pendinginan lebih besar dibandingkan dengan pendinginan menggunakan air.

Seperti contoh hasil data perhitungan pada temperatur 100°C dengan variasi sisi dingin menggunakan udara menghasilkan nilai *Efficiency thermoelectric* (η) sebesar:

$$\eta = \frac{79.2}{100} \cdot \frac{\sqrt{1+61.17-1}}{\sqrt{1+61.17+\frac{100}{20.8}}}$$

$$\eta = 0,756$$

Keterangan =

η : efisiensi *thermoelectric*

ΔT : perbedaan temperatur kedua sisi (°C)

T_c : temperatur sisi dingin (*cold side*) (°C)

ZT : *figure of merit*

G. Grafik Cold Transfer terhadap Temperatur

Heat transfer (Q) merupakan laju alir temperatur pada pendingin. Semakin tinggi nilai dari perbedaan temperatur pendingin maka semakin kecil pula nilai dari aliran temperatur pendingin tersebut. Nilai *cold temperature* pada temperatur air sangat tinggi dibandingkan dengan temperatur udara. Seperti contoh hasil data perhitungan pada temperatur 100°C dengan variasi sisi dingin menggunakan air menghasilkan nilai laju pendinginan (Q) sebesar:

$$Q = 1000 \times 1.00 \times 19.3$$

$$Q = 19.3 \text{ watt}$$

Keterangan :

Q : laju perpindahan pendingin (W)

M : berat jenis

Cp : massa jenis

ΔT : perbedaan temperatur (°C)

H. Perhitungan Daya Thermoelectric Generator (TEG)

Dari percobaan yang sudah dilakukan pada 5 buah teg yang menghasilkan besaran tegangan dan besaran arus dengan temperatur yang sudah ditentukan dengan perbandingan media pendingin air dan udara sekitar. Berikut merupakan tabel hasil pengambilan data dari percobaan *prototype thermoelectric generator*:

1. Percobaan menggunakan pendinginan dengan media air

Tabel 3. Hasil Data Perhitungan daya TEG Variasi Pendinginan Air

(s)	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	(I)	(W)	V Sebelum converter	V Sesudah converter
10	40	20.7	19.3	0,00016	0,0026	1.63	0
16	60	20,7	39.3	0,00022	0,0048	2.21	0
19	80	20,7	59.3	0,00027	0,0075	2.76	5.37
25	100	20.8	79.2	0,00028	0,0079	2.84	10.1

2. Percobaan menggunakan pendinginan dengan media udara

Tabel 4. Hasil Data Perhitungan daya TEG Variasi Pendinginan udara sekitar (*natural ambient*)

(s)	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	(I)	(W)	V Sebelum converter	V Sesudah converter
6	40	20.7	19.3	0,00094	0,0023	2,47	0
10	60	20,7	39.3	0,00056	0,0015	2.80	8.81
14	80	20,7	59.3	0,00055	0,0015	2,76	11.1
20	100	20.8	79.2	0,00058	0,0010	2,90	12.7

I. Analisa Percobaan Tegangan *Thermoelectric Generator* Variasi Sisi Dingin Menggunakan Udara

Percobaan tegangan *thermoelectric generator* dilakukan 5 buah yang dirangkai seri dengan sisi dingin menggunakan udara sekitar yang dibantu sirkulasi kipas. Adanya perbedaan temperatur yang tinggi diantara sisi panas (*hot side*) dan sisi dingin (*cold side*). Semakin tinggi perbedaan temperatur semakin tinggi pula sumber arus listrik yang dihasilkan. Akan tetapi di menit 14 ada penurunan tegangan. Hal ini dikarenakan ada ketidakstabilan suhu udara sekitar akan tetapi di menit 20 ada peningkatan tegangan.

J. Analisa Percobaan Tegangan *Thermoelectric Generator* Variasi Sisi Dingin Menggunakan Air

Pengujian tegangan *thermoelectric generator* (TEG) dengan pendinginan air dilakukan dengan menggunakan kompor portabel yang ditempel TEG pada dinding luar kompor sebanyak 5 buah yang dirangkai seri dan dilakukan penyemprotan dengan air setiap 5 menit pada sisi dingin *heatsink*.

Terjadi kenaikan tegangan beban pada 6 menit sampai 20 menit. Hal ini disebabkan adanya perbedaan temperatur yang tinggi diantara sisi panas (*hot side*) dan sisi dingin (*cold*

side). Semakin tinggi perbedaan temperatur semakin tinggi pula sumber arus listrik yang dihasilkan. Pada variasi menggunakan air tidak penurunan tegangan di sebabkan pada sisi dingin menggunakan variasi air memiliki temperatur konstan. Kenaikan tegangannya juga konstan dan tidak ada penurunan tegangan pada kenaikan temperatur.

K. Analisa Percobaan Tegangan Sebelum dan Sesudah Masuk Dc-Dc Converter

Percobaan ini dilakukan menggunakan *dc-dc converter step up* XL 6009 dengan input *voltage* 3-35 volt dan output 5-35 V. Pada percobaan ini menggunakan *settingan* 13 V dikarenakan input baterai 12 V.

1. Percobaan Tegangan Dc-dc Converter Variasi Sisi Dingin Udara Sekitar

Tegangan 2,47 (V) pada temperatur 40°C menggunakan variasi sisi dingin udara sekitar pada sisi dingin, *dc-dc converter step up* belum dapat menaikkan tegangan listrik. Tetapi di tegangan 2.8 V pada temperatur 60°C ada kenaikan 8,81 V. Pada tegangan 2,76 pada temperatur 80°C ada penurunan tegangan yang disebabkan ketidakstabilan udara sekitar, tidak mempengaruhi pada *step up dc-dc converter* yang tetap ada kenaikan *voltage*.

2. Percobaan Tegangan Dc-dc Converter Variasi Sisi Dingin Air

Tegangan 1,63 V pada temperatur 40 °C dan tegangan 2.21 V pada temperatur 60 °C menggunakan variasi sisi dingin air. *Dc-dc converter step up* belum mampu mengeluarkan tegangan listrik. Akan tetapi pada tegangan 2,76 volt pada temperatur 80°C *dc-dc converter step up* dapat mengeluarkan tegangan 5,37 volt pada temperatur 80°C. Pada sisi dingin dengan variasi air tidak ada penurunan tegangan ataupun tegangan dari *dc-dc converter step up* hal ini disebabkan temperatur pada sisi dingin air memiliki temperatur konstan.

Simpulan

Pada kompor portabel berbasis *thermoelectric generator* berbasis *thermoelectric generator* yang dibuat pada penelitian ini mampu mencukupi kebutuhan sumber listrik pada *campers*. Berdasarkan hasil percobaan *thermoelectric generator* dapat mengeluarkan tegangan 12,7 V pada temperatur 100 °C (*hot side*) dan 20,8 °C (*cold side*) sehingga sumber listrik dapat masuk pada baterai. Daya listrik *thermoelectric generator* pada variasi pendinginan dengan media udara (*natural ambient*) lebih besar dibandingkan dengan media air. Hal ini disebabkan variasi pendinginan media udara (*natural ambient*) memiliki laju panas dan laju dingin yang cepat dengan waktu rentang 20 menit dibandingkan dengan variasi pendinginan media air dengan rentang waktu 25 menit. Akan tetapi pada media udara memiliki ketidakstabilan tegangan listrik. Pada pengujian daya listrik pada *out put dc-dc converter (step up)* didapatkan output daya listrik dengan variasi dingin menggunakan udara sekitar (*natural ambient*) mampu mengeluarkan tegangan 8.81 V di temperatur (*hot side*) 60 dan di temperatur 100 mengeluarkan tegangan 12.7 V. Sedangkan variasi dingin menggunakan air mampu mengeluarkan tegangan 5.37 V di temperatur (*hot side*) 80 dan di temperatur 100 mengeluarkan tegangan 10.1 V. Hal ini dapat dipengaruhi dari laju panas dan laju dingin dari ke dua variasi pendinginan.

Daftar Pustaka

- Allen, D., Haugeto, R., Kajor, M., & Namazian, M. (2002). Small thermoelectric generators. *International Conference on Thermoelectrics, ICT, Proceedings, 2002-Janua*(2), 424–426. <https://doi.org/10.1109/ICT.2002.1190351>
- Assareh, E. (2021). A Sustainable model for the integration of solar and geothermal energy boosted with thermoelectric generators (TEGs) for electricity, cooling and desalination purpose. *Geothermics*, 92. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2021.102042>
- Jouhara, H. (2021). Thermoelectric generator (TEG) technologies and applications. *International Journal of Thermofluids*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2021.100063>
- Klara, S., & Sutrisno. (2016). Pemanfaatan Panas Gas Buang Mesin Diesel sebagai Energi Listrik. *Jurnal Riset Dan Teknologi Kelautan (JRTK)*, 14, 113–128.
- Li, Y. (2021). Si and SiGe Nanowire for Micro-Thermoelectric Generator: A Review of the Current State of the Art. *Frontiers in Materials*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmats.2021.611078>
- Li, Y. (2022). Exceptionally High Power Factor Ag₂Se/Se/Polypyrrole Composite Films for Flexible Thermoelectric Generators. *Advanced Functional Materials*, 32(7). <https://doi.org/10.1002/adfm.202106902>
- Lin, Y. (2023). Flexible, Highly Thermally Conductive and Electrically Insulating Phase Change Materials for Advanced Thermal Management of 5G Base Stations and Thermoelectric Generators. *Nano-Micro Letters*, 15(1). <https://doi.org/10.1007/s40820-022-01003-3>
- Luo, D. (2022). Performance investigation of a thermoelectric generator system applied in automobile exhaust waste heat recovery. *Energy*, 238. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121816>
- Manab, M. A., & Fikri, A. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Alternatif Menggunakan Termoelektrik dengan Memanfaatkan pada Tungku Pemanas. 3(2), 53–58. <https://doi.org/10.33087/jepca.v3i2.41>
- Masoumi, S. (2022). Organic-based flexible thermoelectric generators: From materials to devices. *Nano Energy*, 92. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2021.106774>
- Miao, Z. (2022). Analyzing and optimizing the power generation performance of thermoelectric generators based on an industrial environment. *Journal of Power Sources*, 541. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2022.231699>
- Nabat, M. H. (2022). Thermodynamic and economic analyses of a novel liquid air energy storage (LAES) coupled with thermoelectric generator and Kalina cycle. *Journal of Energy Storage*, 45. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103711>

- Nuraida, F., Taryana, E., & Winanti, N. (2020). Pemanfaatan Panas Pada Kompor Gas Sebagai Energi Alternatif Menggunakan Generator Termoelektrik. *Proceedings Title*, 23–29.
- Pahleviannur, M. R. (2022). *Penentuan Prioritas Pilar Satuan Pendidikan Aman Bencana (SPAB) menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Pena Persada.
- Pahleviannur, M. R., Wulandari, D. A., Sochiba, S. L., & Santoso, R. R. (2020). Strategi Perencanaan Pengembangan Pariwisata untuk Mewujudkan Destinasi Tangguh Bencana di Wilayah Kepesisiran Drini Gunungkidul. *Jurnal Pendidikan Ilmu Sosial*, 29(2), 116–126.
- Pras Ley Bustomy, M. W. (2020). Generator Termoelektrik Dengan Memanfaatkan Panas. *Jurnal Teknik Elektro*, 09(02), 451–457.
- Puspita, S. C., Sunarno, H., & Indarto, B. (2017). Generator Termoelektrik untuk Pengisian Aki. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 13(2), 84. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v13i2.2748>
- Rafika, H., Mainil, R. I., & Aziz, A. (2017). Kaji Eksperimental Pembangkit Listrik Berbasis Thermoelectric Generator (Teg) Dengan Pendinginan Menggunakan Udara. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 15(1), 7–11.
- Rafsanjani, A. A., & Kurniawan, E. (2017). Desain Dan Implementasi Generator Termoelektrik Sebagai Sumber Energi Alternatif Untuk Keperluan Darurat Design and Implementation Thermoelectric Generator. *E-Proceeding of Engineering*, 4(3), 3311–3316.
- Ren, W. (2021). High-performance wearable thermoelectric generator with self-healing, recycling, and Lego-like reconfiguring capabilities. *Science Advances*, 7(7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abe0586>
- Rösch, A. G. (2021). Fully printed origami thermoelectric generators for energy-harvesting. *Npj Flexible Electronics*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/s41528-020-00098-1>
- Rosyidi, M. F., Santoso, D. B., & Nurpulaela, L. (2020). Rancang bangun kompor biomassa penghasil energi listrik untuk mengisi baterai 12 V. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 16(2), 279. <https://doi.org/10.36055/tjst.v16i2.9112>
- Shoeibi, S. (2022). A review on using thermoelectric cooling, heating, and electricity generators in solar energy applications. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102105>
- Soleimani, Z. (2021). A comprehensive review on the output voltage/power of wearable thermoelectric generators concerning their geometry and thermoelectric materials. *Nano Energy*, 89. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2021.106325>

-
- Tohidi, F. (2022). Thermoelectric Generators: A comprehensive review of characteristics and applications. *Applied Thermal Engineering*, 201. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.117793>
- Umboh, R. (2012). Perancangan Alat Pendinginan Portable Menggunakan Elemen Peltier. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 1(3), 1–6.
- Yuan, D. (2023). Technology method and functional characteristics of road thermoelectric generator system based on Seebeck effect. *Applied Energy*, 331. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120459>
- Zhao, Y. (2022). Experimental investigation of heat pipe thermoelectric generator. *Energy Conversion and Management*, 252. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.115123>