

RANCANG BANGUN KOMPOR ARANG DENGAN MODIFIKASI TERMOELEKTRIK GENERATOR

¹Lukman Nulhakim, ²Syafrizal, ³Ade Irvan Tauvana, ⁴Endricko Fernandha

^{1,2,3,4}Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Politeknik Enjineri Indorama, Purwakarta.

¹e-mail: lukman.nulhakim@pei.ac.id

Abstrak

Termoelektrik generator merupakan sebuah teknologi yang digunakan untuk menghasilkan listrik dengan memanfaatkan efek Seebeck yang terjadi akibat perbedaan suhu panas dan dingin pada kedua sisinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan oleh termoelektrik generator dari proses pembakaran pada kompor dengan menggunakan arang tempurung kelapa sebagai bahan bakarnya. Pembangkit listrik ini memanfaatkan 7 termoelektrik generator tipe TEG1-241-1.4-1.2 yang disambungkan secara seri dan dipasang pada material logam sebagai penghantar panas pada kompor yang berukuran 270 x 270 x 250 mm serta dilengkapi dengan heatsink. Heatsink yang digunakan sebagai pendingin merupakan model extrude. Pengujian dilakukan selama 30 menit, dimana tegangan dan kuat arus maksimum yang dihasilkan mencapai 1,54 V dan 1,43 A dalam waktu 18 menit dengan perbedaan temperatur 13,5 °C, dimana sisi panas dan sisi dingin pada TEG memiliki temperatur sebesar 124,8 °C dan 111,3 °C. Semakin besar perbedaan temperatur panas dan dingin pada sisi TEG semakin besar pula tegangan yang dihasilkan.

Kata kunci: TEG, arang, kompor, heatsink, tegangan

Abstract

Thermoelectric generator is a technology used to generate electricity by utilizing the Seebeck effect that occurs due to the difference in hot and cold temperatures on both sides. This study aims to determine the voltage generated by the thermoelectric generator from the combustion process in a stove using coconut shell charcoal as fuel. This power plant utilizes 7 thermoelectric generators type TEG1-241-1.4-1.2 which are connected in series and mounted on metal material as a heat conductor on a stove measuring 270 x 270 x 250 mm and equipped with a heatsink. The heatsink used as a cooler is an extrude model. The test was carried out for 30 minutes, where the maximum voltage and current generated reached 1.54 V and 1.43 A in 18 minutes with a temperature difference of 13.5 °C, where the hot and cold sides of the TEG have temperatures of 124.8 °C and 111.3 °C. The greater the difference in hot and cold temperatures on the TEG side, the greater the voltage produced.

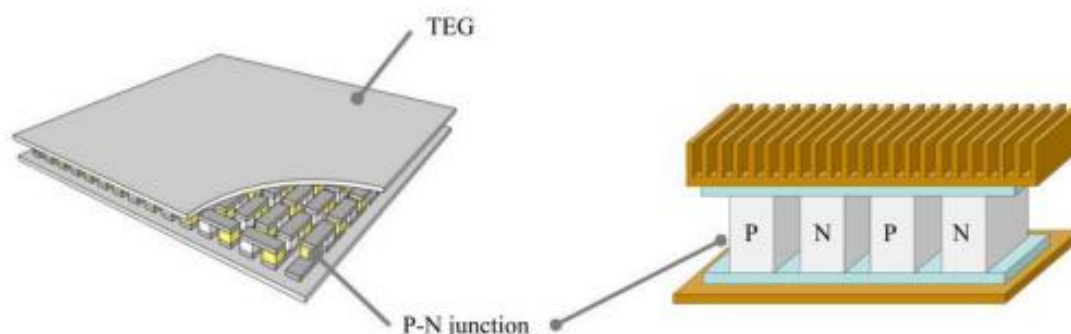
Keywords: TEG, charcoal, stove, heatsink, voltage

1. PENDAHULUAN

Makanan merupakan materi atau bahan tertentu yang memberikan keuntungan jika dikonsumsi oleh manusia dan mengandung elemen kimia yang memungkinkan tubuh untuk memprosesnya menjadi nutrisi yang diperlukan. Secara biologis, makanan berperan penting dalam menyediakan nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh, seperti karbohidrat, protein, lemak, serta vitamin dan mineral, sehingga tubuh dapat menjalankan fungsi fisiologisnya dengan baik. Makanan yang sebelumnya melewati proses pengolahan pangan dengan menggunakan pemanasan bahan pangan dengan suhu 100 °C atau lebih yang disebut juga proses memasak dengan tujuan utama adalah memperoleh rasa yang lebih enak, aroma yang lebih baik, tekstur

yang lebih lunak, untuk membunuh mikroba dan mengaktifkan semua enzim [1]. Proses memasak ini melibatkan kompor sebagai salah satu media yang membantu kegiatan memasak. Kompor mempunyai ruang tertutup/terisolasi dari luar sebagai tempat bahan bakar diproses untuk memberikan pemanasan bagi barang-barang yang diletakkan di atasnya. Kompor menggunakan bahan bakar padatan (kayu, briket, arang), cair (minyak tanah dan spiritus bakar), gas (dalam bentuk padatan cair LPG atau lewat pipa saluran), atau elemen pemanas lainnya [2].

Termoelektrik generator (TEG) salah satu jenis pembangkit listrik yang memiliki ukuran kecil dan ringan. Alat ini termasuk salah satu sumber energi alternatif yang bisa meningkatkan efisiensi secara keseluruhan sekitar 5 hingga 8 %. Cara kerjanya dengan memanfaatkan efek Seebeck, yang bergantung pada perbedaan suhu antara sisi dingin dan sisi panas [3]. Termoelektrik generator merupakan perangkat yang terdiri dari material semikonduktor tipe-p dan tipe-n yang dihubungkan secara seri, ditampilkan pada Gambar 1. Ketika panas ditempelkan pada sisi panas termoelektrik generator, elektron dalam semikonduktor tipe-p dan tipe-n akan menjauh dari sumber panas sehingga menimbulkan arus listrik. Di sisi lain, jika arus DC mengalir ke termoelektrik, akan menghasilkan perbedaan suhu antara sisi bagian dingin dan panas, yang dikenal sebagai termoelektrik pendingin yang diakibatkan oleh adanya efek Peltier [4], [5], [6]. Salah satu pemanfaatan termoelektrik pendingin, dengan menggunakan 20 termoelektrik pendingin untuk mendinginkan ruangan kabin setrta menghilangkan embun kaca depan kendaraan tanpa menggunakan AC menghasilkan temperatur hingga 16,3 °C [5]. Pemanfaatan teknologi termoelektrik generator dengan memanfaatkan temperatur tanah dan udara sekitar menghasilkan tegangan dan daya sebesar 0,52 V dan 2,24 W dengan temperatur tanah 20 °C [7]. Panas knalpot pada kendaraan *pick-up* dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik dengan menggunakan 6 TEG menghasilkan daya hingga 1,4 W pada temperatur knalpot sebesar 180 °C dengan pendinginan udara bebas [8].

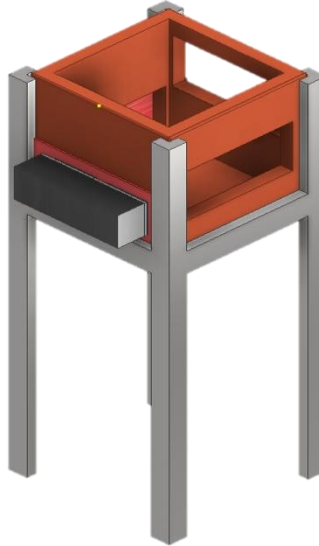


Gambar 1. Termoelektrik Generator [7].

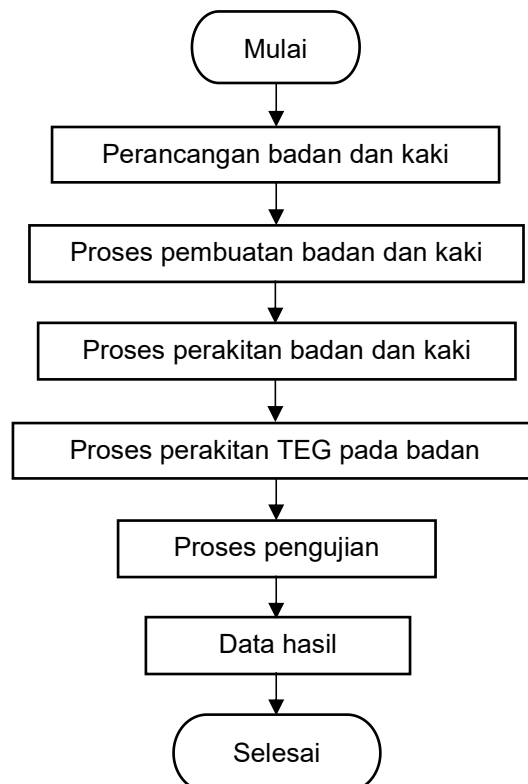
Termoelektrik generator digunakan untuk menghasilkan energi listrik menggunakan 7 TEG seri SP1848 memanfaatkan panas arang hasil dari proses pembakaran pada pemanggang sate menghasilkan tegangan hingga 25,4 V dengan perbedaan temperatur 45 °C menggunakan pendinginan udara bebas pada sisi dingin TEG melalui *heatsink* [9]. Selain itu juga penggunaan 6 TEG seri TEG1-241-1.4-1.2 untuk pemanggang sate dengan memanfaatkan panas buang dari hasil pembakaran arang sate menghasilkan tegangan sebesar 2,25 V dengan perbedaan temperatur 5,9 °C [10]. Air yang dialirkan dengan kecepatan 2,5 m/s pada bagian sisi dingin yang menempel pada 2 TEG sedangkan sisi panas TEG memanfaatkan panas *heater* dari *furnace* menghasilkan daya sebesar 11,23 W dengan perbedaan temperatur sebesar 21,27 °C [11]. Panas yang dihasilkan oleh mesin *diesel* pada kapal *boat* dengan temperatur rata-rata sebesar 110 °C menghasilkan tegangan dan daya sebesar 12,85 V dan 5,88 W untuk sambungan seri, sedangkan sambungan parallel menghasilkan tegangan dan daya sebesar 1,5 V dan 1,44 W [12].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan membuat desain kompor yang ditambahkan termoelektrik generator, *heatsink* dan material logam sebagai penghantar panas pada dinding badan/bodi kompor yang terlihat pada Gambar 2.



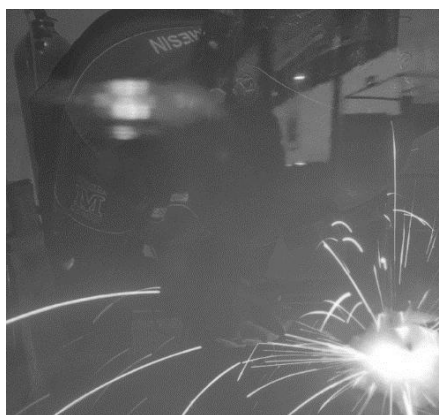
Gambar 2. Desain Kompor.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian.

Proses perancangan hingga pengujian tersajikan pada Gambar 3, dimana material badan kompor terbuat dari tanah liat, selain sebagai bodi juga sebagai isolator panas dari dalam ruang kompor ke udara bebas dengan diperkuat besi siku sebagai rangka penahan

sekaligus kaki kompor dengan menggunakan ukuran 270 x 270 x 650 mm sedangkan untuk ruang kompor sebesar 270 x 270 x 250 mm. Kompor ini menggunakan TEG1-241-1.4-1.2 sebagai penghasil energi listrik dengan memanfaatkan panas arang hasil dari proses pembakaran dari kompor sedangkan untuk pendinginnya menggunakan udara bebas. Bagian sisi panas TEG menempel pada material tembaga yang menempel pada badan kompor, sedangkan sisi dingin TEG menempel *heatsink* (sirip pendingin). *Heatsink* yang posisi terluar agar dapat dilalui udara bebas menggunakan material alumunium dengan model *heatsink extrude*, model ini memiliki kinerja lebih baik daripada model *heatsink slot* [13]. Sambungan antara TEG menggunakan sambungan seri untuk menghasilkan tegangan yang maksimal [12]. Proses pembuatan rangka dan kaki kompor menggunakan proses pengelasan SMAW yang terlihat pada Gambar 4, dimana proses ini adalah tahap dimana ikatan metalurgi pada sambungan logam terbentuk saat logam masih dalam keadaan cair dengan memanfaatkan energi panas [14], [15], [16].



Gambar 4. Proses Pengelasan Rangka Kompor.



Gambar 5. Proses Pengujian Kompor.

Proses pengujian kompor menggunakan arang dari tempurung kelapa sebagai bahan bakarnya terlihat pada Gambar 5, dimana tempurung kelapa memiliki kemampuan difusi panas yang baik yang disebabkan oleh tingginya kadar selulosa dan lignin. Komposisi kimia dari tempurung kelapa adalah 26,6 % selulosa, 27,7 % pentosan, dan 29,4 % lignin [10], [17]. Selain itu, tempurung kelapa termasuk dalam kategori kayu keras, dengan kadar kelembapan sekitar 9 % - 10 % yang diukur berdasarkan berat yang sudah kering [18]. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui temperatur sisi panas dan sisi dingin TEG, tegangan serta kuat arus yang dihasilkan oleh TEG pada kompor dengan bahan bakar arang tempurung kelapa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pembuatan kompor yang sudah dibuat terlihat pada Gambar 6, dimana terdapat 2 lubang bagian tengah pada 2 sisi yang berbeda, keberadaan lubang ini untuk sirkulasi udara agar arang tetap menyala. Pengujian kompor dilakukan setelah arang mulai berwarna merah, pengujian ini dilakukan selama 30 menit dengan mengukur temperatur panas didalam kompor, temperatur disisi panas TEG, temperatur disisi dingin TEG, temperatur *heatsink* yang dialiri oleh udara bebas, tegangan dan kuat arus yang dihasilkan oleh TEG dengan hambatan konstan sebesar 300 Ω.



Gambar 6. Kompor Arang.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kompor Modifikasi Termoelektrik Generator.

Waktu (menit)	Temperatur (°C)				Tegangan (V)	Arus (A)
	Heatsink	Sisi Dingin TEG	Sisi Panas TEG	Kompor		
0	27.3	25.5	25.5	24.5	0	0
3	28	28.7	29.5	30.3	0.31	0.27
6	28.3	29.1	30.4	37.4	0.31	0.29
9	29.5	32	33.1	41	0.58	0.41
12	33.2	35.6	39	46.2	0.73	0.66
15	38.3	48.5	55.3	83.2	0.81	0.75
18	56.3	67.4	76.5	104.5	0.94	0.8
21	74.4	81.6	91.2	117.9	1.1	0.93
24	77.3	84.5	93.1	124	1.24	1.13
27	86.5	92.3	105	137.5	1.37	1.21
30	95.2	111.3	124.8	159.3	1.54	1.43

Tabel 1 menunjukan bahwa tegangan dan arus terbesar terjadi pada temperatur 111,3 °C pada sisi dingin TEG dan 124,8 °C pada sisi panas TEG. Temperatur sisi panas TEG mulai naik signifikan pada menit ke 18 yang menyebabkan perbedaan temperatur yang cukup besar menghasilkan tegangan dan arus yang besar juga, dimana nilai hasil tegangan dan arus sebesar 1,54 V dan 1,43 A. Perbedaan temperatur mempengaruhi tegangan yang dihasilkan, semakin tinggi menyebabkan tegangan yang dihasilkan semakin tinggi juga [8], [10], [11], [12].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan selama 30 menit, dimana TEG dapat menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan paans arang dari proses pembakaran pada kompor dengan tegangan dan kuat arus maksimum yang dihasilkan oleh TEG1-241-1.4-1.2 dengan menggunakan sambungan seri sebesar 1,54 V dan 1,43 A, yang terjadi setelah 18 menit berlangsung. Pada saat itu, temperatur sisi panas TEG mencapai 124,8 °C dan temperatur sisi dingin TEG mencapai 111,3 °C. Selisih antara temperatur panas dan temperatur dingin pada TEG ini berpengaruh pada tegangan dan kuat arus yang dihasilkan oleh termoelektrik generator, dimana semakin besar selisih temperatur, semakin tinggi pula tegangan dan kuat arus yang dihasilkan. Pada penelitian berikutnya dapat ditambahkan media air pada *heatsink* yang terpasang di sisi dingin TEG sebagai pendingin agar perbedaan temperatur dapat mencapai hasil yang maksimal, sehingga tegangan yang dihasilkan juga menjadi optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. A. Pasaribu, "Pembahasan Literatur pada Makanan dalam Perspektif Islam dan Kesehatan Kepada Mahasiswa Farmasi Universitas Aafa Royhan Di Kota Padangsidempuan," *J. Kesehat. Ilm. Indones. (Indonesian Heal. Sci. Journal)*, vol. 8, no. 2, pp. 15–27, 2023, doi: 10.51933/health.v8i2.1068.
- [2] A. Y. Nasution, F. Hiro, and L. Taringan, "Jurnal Dinamis Tempurung Kelapa Menggunakan Ansys," *J. Din.*, vol. 10, no. 1, pp. 22–29, 2022.
- [3] S. Wango, "Smart Power Generation From Waste Heat By Thermo Electric Generator," *Int. J. Mech. Prod. Eng.*, pp. 2320–2092, 2016.
- [4] L. Nulhakim, "Uji Unjuk Kerja Pendingin Ruangan Berbasis Thermoelectric Cooling," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 85–90, 2017, doi: 10.24176/simet.v8i1.829.
- [5] L. Nulhakim and F. Rachmanu, "Pemanfaatan Thermoelectric Cooling Sebagai Penghilang Embun Kaca Depan Angkutan Umum Perkotaan (Angkot)," *Elektra*, vol. 3, no. 2, pp. 29–34, 2018.
- [6] L. Nulhakim, "Optimalisasi Thermoelectric Cooling Sebagai Alat Penghilang Embun Kaca Depan Kendaraan," *Energi & Kelistrikan*, vol. 13, no. 2, pp. 223–230, 2021, doi: 10.33322/energi.v13i2.1522.
- [7] L. Ga, S. Huang, Y. Zhang, D. Xu, and W. Li, "Thermal resistances model for a soil-to-air thermoelectric generator device," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 39, no. September, 2022, doi: 10.1016/j.csite.2022.102475.
- [8] R. Sukarno *et al.*, "Experimental investigation of a thermoelectric generator assisted with heat pipe sinks for pickup car exhaust waste heat recovery," *Commun. Sci. Technol.*, vol. 10, no. 1, pp. 106–116, 2025, doi: 10.21924/cst.10.1.2025.1661.
- [9] L. Nulhakim *et al.*, "PEMANFAATAN PANAS PEMANGGANG SATE SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK," vol. 15, no. 2, pp. 1–7, 2024.
- [10] L. Nulhakim, A. Irvan Tauvana, and F. Nurhidayatuloh, "Design and Construction of a Satay Grill Based on Thermoelectric Generator as a Source of Electrical Energy," *Pist. J. Tech. Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 45–50, 2025.
- [11] X. Li, X. Meng, Z. Miao, B. Liang, and R. Yang, "Optimizing thermoelectric generator performance in blast furnace slag Runners: Impact of cooling water flow velocity and enhanced heat transfer," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 71, no. April, 2025, doi: 10.1016/j.csite.2025.106212.
- [12] Y. S. Perdana and C. Kusuma, "Development of Thermoelectric Generator for Energy Saving Device Using Exhaust Waste Heat in Patrol Boat," *Int. J. Mar. Eng. Innov. Res.*, vol. 8, no. 3, pp. 391–398, 2023, doi: 10.12962/j25481479.v8i3.16249.
- [13] J. E. Poetro and C. R. Handoko, "ANALISIS KINERJA SISTEM PENDINGIN ARUS SEARAH YANG MENGGUNAKAN HEATSINK JENIS EXTRUDED DIBANDINGKAN

- DENGAN HEATSINK JENIS SLOT,” *J. Tek. MESIN*, vol. 21, no. 2, pp. 178–189, 2013.
- [14] L.Nulhakim; Syafrizal; A.I.Tauvana; Widodo; F.Rachmanu; M.I.Subekti; Musawarman, “Rancang Bangun Pemanggang Sate untuk Pedagang Sate Desa Kembangkuning, Jatiluhur, Purwakarta,” vol. 8, no. 3, 2025.
- [15] L. Nulhakim, A. I. Tauvana, W. Widodo, F. Rachmanu, S. Syafrizal, and M. I. Subekti, “Perbaikan Jalan Desa Kembangkuning Kecamatan Jatiluhur Kabupaten Purwakarta,” *BERNAS J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 2, no. 4, pp. 841–847, 2021, doi: 10.31949/jb.v2i4.1497.
- [16] A. I. Tauvana, W. Widodo, F. Rachmanu, and ..., “Pelatihan Pengelasan Smaw Ig Smk Se-Kabupaten Purwakarta, Karawang Dan Bogor,” *BERNAS J. ...*, vol. 2, no. 2, pp. 546–551, 2021, doi: 10.31949/jb.v2i2.955.
- [17] N. Tumbel, A. K. Makalalag, and S. Manurung, “Proses Pengolahan Arang Tempurung Kelapa Menggunakan Tungku Pembakaran Termodifikasi,” *J. Penelit. Teknol. Ind.*, vol. 11, no. 2, pp. 83–92, 2019.
- [18] M. T. Ali Sabit, “EFEK SUHU PADA PROSES PENGARANGAN TERHADAP NILAI KALOR ARANG TEMPURUNG KELAPA (Coconut Shell Charcoal),” *J. Neutrino*, vol. 3, no. 2, pp. 143–152, 2012, doi: 10.18860/neu.v0i0.1647.