

PEMANFAATAN PANAS PEMANGGANG SATE SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK BERBASIS TERMoeLEKTRIK GENERATOR

Lukman Nulhakim

Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur
Politeknik Enjinering Indorama
Email: lukman.nulhakim@pei.ac.id

Fatkur Rachmanu

Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur
Politeknik Enjinering Indorama
Email: fatkur.rachmanu@pei.ac.id

Ade Irvan Tauvana

Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur
Politeknik Enjinering Indorama
Email: ade.irvan@pei.ac.id

Widodo

Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur
Politeknik Enjinering Indorama
Email: widodo@pei.ac.id

Mirza Yusuf

Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Email: mirza@umy.ac.id

ABSTRAK

Termoelektrik generator merupakan teknologi pembangkit energi listrik dengan memanfaatkan efek Seebeck dikarenakan adanya perbedaan temperatur panas dan dingin pada kedua sisinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan oleh termoelektrik generator dari proses pembakaran sate dengan menggunakan arang tempurung kelapa. Pembangkit energi listrik menggunakan 7 keping termoelektrik generator tipe TEG SP 1848 dengan sambungan seri ditempelkan pada material aluminium dengan ukuran 280 x 40 x 15 mm dan *heatsink*. *Heatsink* sebagai pendingin menggunakan model *extrude*. Pengujian dimulai arang sudah berwarna merah, dimana tegangan maksimal yang dihasilkan sebesar 25,4 V, dengan waktu 7 menit pada perbedaan temperatur 45 °C, dimana sisi panas dengan temperatur 189 °C dan sisi dingin dengan temperatur sebesar 144 °C.

Kata kunci: TEG, termoelektrik generator, pembakaran, sate, aluminium

ABSTRACT

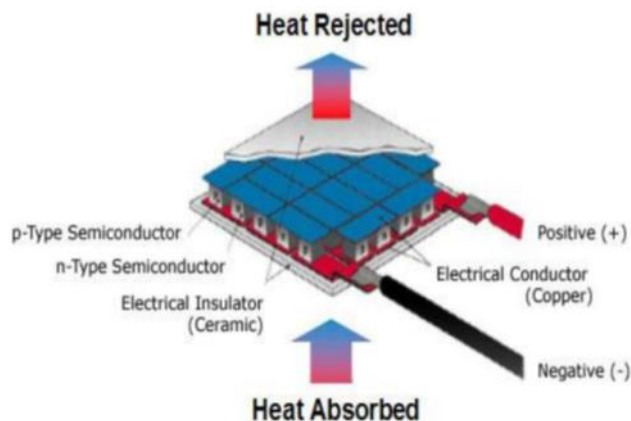
Thermoelectric generator is an electric energy generation technology by utilizing the Seebeck effect with the difference in hot and cold temperatures. This study aims to determine the voltage generated from the process of burning satay using coconut shell charcoal. The power plant uses 7 pieces of TEG SP 1848 thermoelectric generator with a series connection affixed to aluminum material with a size of 280 x 40 x 15 mm. Heatsink as a cooler using the extrude model. The test is carried out for 10 minutes, starting the charcoal is already red, where the maximum voltage generated is 25.4 V, with 7 minutes at a temperature difference of 45 °C, where the hot side with a temperature of 189 °C and the cold side with a temperature of 144 °C.

Keywords: TEG, thermoelectric generator, combustion, sate, aluminium

1. PENDAHULUAN

Sate diproses dengan cara dibakar menggunakan arang, tempurung kelapa atau menggunakan pemanggang dengan bahan bakar gas [1]. Proses pembakaran menggunakan arang pada sate membutuhkan udara dari kipas angin (*fan*) atau kipas tangan yang terbuat dari anyaman bambu. Dengan adanya udara dari kipas, bara api yang dihasilkan dari arang tetap menyala, sehingga dapat digunakan untuk membakar daging yang sudah disiapkan sebelumnya. Sisi lain, panas yang terbuang dari proses pembakaran sate dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik dengan menggunakan teknologi termoelektrik generator (TEG).

Termoelektrik generator merupakan teknologi pembangkit listrik yang mempunyai ukuran kecil, ringan dan merupakan salah satu sumber energi alternatif serta dapat meningkatkan efisiensi secara keseluruhan antara 5 – 8 %, dimana sistem kerjanya memanfaatkan efek *Seebeck* dengan perbedaan temperatur pada sisi dingin dan sisi panasnya [2]. 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 [3]. Sebaliknya jika termoelektrik dialiri listrik DC akan menghasilkan beda temperatur antara dingin dan panas yang disebut termoelektrik pendingin, salah satunya sebagai pendingin ruangan yang menghasilkan temperatur hingga 20 °C [4].



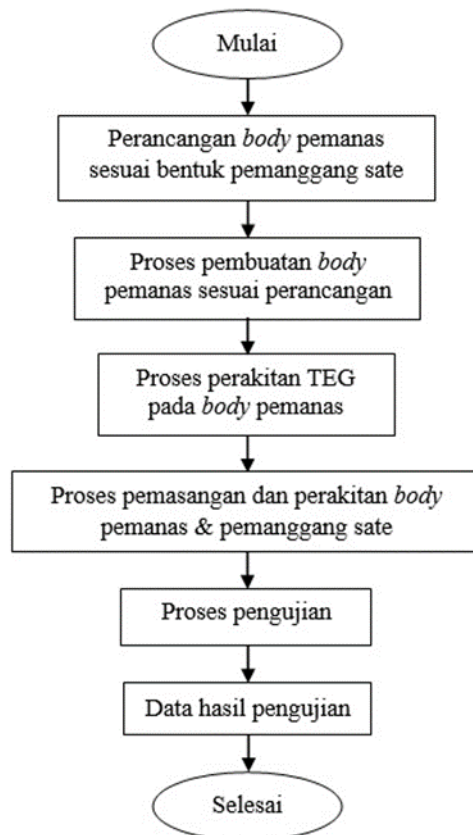
Gambar 1 . Termoelektrik Generator [2][3]

Penelitian termoelektrik generator sebagai pembangkit listrik beberapa sudah dilakukan. Pemanfaatan panas yang dihasilkan dari *heater* dengan menggunakan tegangan 60 V menghasilkan daya dan kuat arus tertinggi yaitu 0,055 W dan 0,279 A dengan perbedaan temperatur rata-rata sebesar 14,87 °C [5]. Memanfaatkan panas buang pada knalpot sepeda motor, tegangan yang dihasilkan hingga 14,44 V pada temperatur 90 °C [6]. Penelitian termoelektrik sebagai pembangkit listrik juga dilakukan dengan memanfaatkan energi limbah panas yang dihasilkan dari kondensor pada sistem pendingin ruangan (AC) menghasilkan tegangan sebesar 3,14 V dan daya sebesar 0,16 W [7]. Panas dari kompor berbahan gas LPG juga dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik menggunakan 10 keping TEG dengan sambungan seri menghasilkan tegangan sebesar 1,62 V pada selisih temperatur panas dan dingin sebesar 39 °C [8]. Selisih temperatur panas dan dingin sebesar 200 °C dengan menggunakan air sebagai media menghasilkan tegangan hingga 500 mV, sedangkan jika selisih temperatur panas dan dingin sebesar 80 °C menghasilkan tegangan sampai 160 mV dengan menggunakan 100 keping termoelektrik generator [9]. Penggunaan air sebagai media yang dipanaskan juga dilakukan oleh Lukman dkk dimana dengan menggunakan 1 termoelektrik menghasilkan tegangan dan daya sebesar 1,797 mV dan 125,79 mW dengan selisih temperatur pada 19,8 °C [10]. Jizhe Wang dkk membandingkan

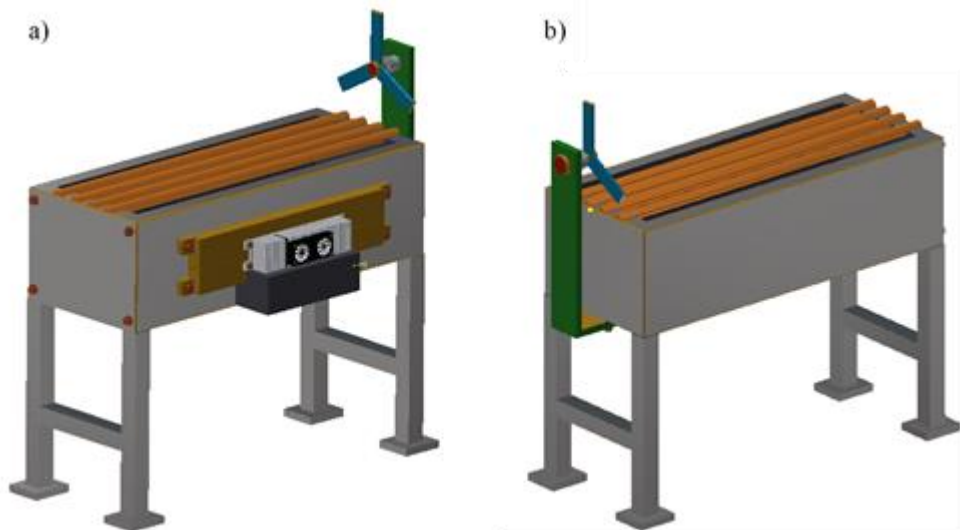
eksperimen dengan simulasi penggunaan termoelektrik generator dengan memanfaatkan air panas yang lewat pipa dengan perbedaan temperatur yang terjadi 10,5 K menghasilkan tegangan dan daya sebesar 3,4 mV dan 126 nW [11].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan perancangan pemanggang sate yang tersajikan pada Gambar 2, dimana pemanggang sate ini ukurannya disesuaikan dengan ukuran yang pada umumnya digunakan oleh para pedagang sate dan ditambahkan beberapa komponen, lalu dilakukan pembuatan *body* pemanggang sate menggunakan material besi pelat dengan ukuran 520 x 95 x 50 mm, dan tinggi kaki sebagai penyangga pemanggang sebesar 850 mm dengan material besi *hollow* ukuran 3 x 3 mm, dimana material ini selain lebih murah juga memiliki nilai konduktivitas cukup tinggi dan mudah dibentuk, sedangkan untuk bagian tengah dudukan daging yang sudah ditusuk menggunakan besi pejal ukuran diameter 6 mm. Pembangkit energi listrik yang digunakan yaitu termoelektrik tipe TEG SP 1848. Dimana sebanyak 7 keping TEG dihubungkan dengan sambungan seri pada bagian sisi panasnya ditempelkan dengan pasta pada material aluminium pejal dengan ukuran 280 x 40 x 15 mm, setelah itu bagian sisi lainnya material aluminium pejal ditempelkan pada sisi depan pemanggang sate, sedangkan bagian sisi dingin TEG ditempelkan pada *heatshink* yang sebelumnya sudah dilakukan pengolesan pasta yang berfungsi sebagai perekat sekaligus penghantar panas, posisi *heatshink* terletak dibagian terluar agar dapat dilalui oleh udara bebas selain dari kipas angin (*fan*) yang terlihat pada Gambar 3. *Heatsink* sebagai pendingin menggunakan material aluminium dengan model *extrude* karena memiliki kinerja lebih baik daripada model *heatsink slot* [12].



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian



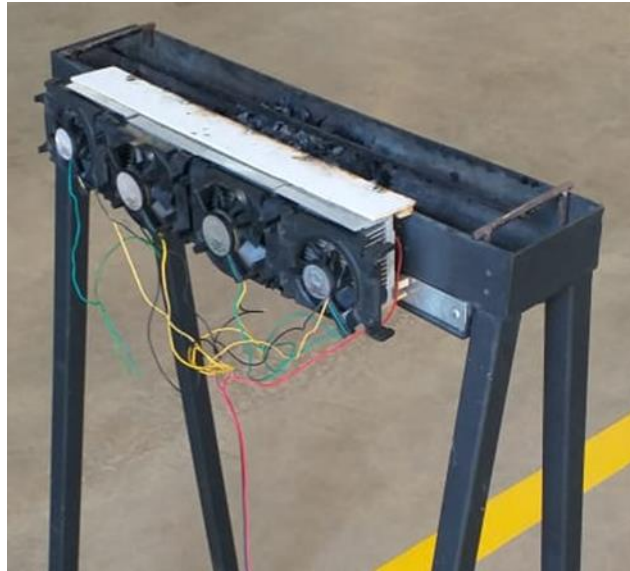
Gambar 3. Rancangan Pemanggang Sate, a). Tampak depan, dan b). Tampak belakang

Arang yang digunakan untuk proses pembakaran sate dan sekaligus untuk proses pengujian menggunakan arang dari tempurung kelapa, karena tempurung kelapa memiliki sifat difusi termal yang baik yang diakibatkan oleh tingginya kandungan selulosa dan lignin dimana komposisi kimia tempurung yaitu selulosa 26,6 %, pentosan 27,7 %, dan lignin 29,4 % [13]. Selain itu tempurung kelapa merupakan golongan kayu keras, dengan kadar air sekitar 9 % - 10 % dihitung berdasarkan berat kering [14]. Panas arang tempurung kelapa yang dihasilkan dapat diserap oleh bagian sisi panas TEG melalui material aluminium yang menempel pada sisi bagian depan *body* pemanggang sate.

Pengujian dilakukan dengan mengukur temperatur panas dan temperatur dingin serta tegangan yang dihasilkan oleh termoelektrik generator dengan menjaga bara api arang tetap menyala dan berwarna merah, dimana kipas angin sebagai pendingin terpasang dan berputar pada *heatsink*. Pengujian mulai dilakukan pada saat arang sudah mulai berwarna merah (panas), dimana temperatur panas didapatkan dari material aluminium yang menempel pada sisi panas termoelektrik generator sedangkan untuk temperatur dingin didapatkan dari *heatsink* yang menempel pada sisi dingin termoelektrik generator dengan menggunakan kipas angin yang dialiri listrik dari PLN serta dibantu oleh hembusan udara sekitar lingkungan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan pada saat arang mulai berwarna merah yang menandakan arang mulai terbakar agar panas yang dihasilkan maksimal. Pengujian dilakukan selama 10 menit dengan mengukur temperatur panas, temperatur dingin dan tegangan pada pemanggang sate yang tersaji pada Gambar 4. Tabel 1 menunjukkan hasil temperatur panas, temperatur dingin dan tegangan yang dihasilkan oleh termoelektrik generator, terlihat bahwa tegangan terbesar terjadi pada sisi panas dengan temperatur 189 °C dan sisi dingin temperatur 144 °C setelah 7 menit arang mulai membara (berwarna merah), setelah itu tegangan naik turun dikarenakan perbedaan temperatur pada sisi panas dan dingin tidak terjadi perubahan yang signifikan walaupun temperatur pada sisi panas dan dingin sama-sama mengalami kenaikan. Tegangan sebesar 25,4 V terjadi dikarenakan panas arang yang terjadi semakin merata menyebabkan panas yang diserap oleh aluminium semakin merata pula yang menyebabkan sisi panas termoelektrik generator terserap maksimal. Semakin besar perbedaan temperatur yang terjadi semakin besar pula tegangan yang dihasilkan oleh termoelektrik generator [8].



Gambar 4. Pemanggang Sate

Tabel 1. Hasil Pengujian Pemanggang Sate

Waktu (menit)	Temperatur Panas (°C)	Temperatur Dingin (°C)	Selisih Temperatur Panas & Dingin (°C)	Tegangan (Volt)
1	166	130	36	19,6
2	170	132	38	20,8
3	174	135	39	21,2
4	180	138	42	22,7
5	182	140	42	23,6
6	186	142	44	24,5
7	189	144	45	25,4
8	190	146	44	25,0
9	193	150	43	24,6
10	197	153	44	25,1

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan selama 10 menit. Tegangan terbesar yang dihasilkan oleh 7 keping termoelektrik generator dengan menggunakan sambungan seri sebesar 25,4 V, terjadi pada menit ke 7, dimana sisi panas dengan temperatur 189 °C dan sisi dingin dengan temperatur 144 °C. Perbedaan temperatur panas dan temperatur dingin ini mempengaruhi hasil tegangan yang dihasilkan termoelektrik generator, semakin besar perbedaannya semakin besar pula tegangan yang dihasilkan [8]. Selanjutnya dapat ditambahkan media air pada *heatsink* yang menempel pada sisi dingin TEG sebagai pendingin agar perbedaan tempearturnya dapat maksimal sehingga tegangan yang dihasilkan juga maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang telah memberikan kesempatan dan dukungan pendanaan dalam penelitian ini melalui Program Hibah Dana Penelitian dengan skema Penelitian Dosen Pemula (PDP).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adiyastiti, B. E. T., Suryanto, E., & Rusman, R. (2014). Pengaruh Lama Pembakaran Dan Jenis Bahan Bakar Terhadap Kualitas Sensoris Dan Kadar Benzo(a)Piren Sate Daging Kambing. *Bul. Peternak*, 38(3), 189. doi: <https://dx.doi.org/10.21059/buletinpeternak.v38i3.5255>
- [2] Krushi, P. & Wango, S. (2016). Smart Power Generation From Waste Heat By Thermo Electric Generator. *Int. J. Mech. Prod. Eng.*, 45–49.
- [3] David, A. P. J. (2017). Thermoelectric Generator: Mobile Device Charger. doi: <https://dx.doi.org/10.17758/uruae.ae09171002>
- [4] Nulhakim, L. (2017). Uji Unjuk Kerja Pendingin Ruangan Berbasis Thermoelectric Cooling. *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, 8(1), 85–90. doi: <https://dx.doi.org/10.24176/simet.v8i1.829>
- [5] Suryanto, N., et al. (2017). PENGUJIAN THERMOELECTRIC GENERATOR (TEG) DENGAN SUMBER KALOR ELECTRIC HEATER 60 VOLT MENGGUNAKAN AIR PENDINGIN PADA Jom FTEKNIK, 4(2), 3–7.
- [6] Al Farissy, F. (2018). STUDI EKSPERIMENTAL TERMOELEKTRIK GENERATOR (TEG) DENGAN VARIASI FIN DAN NON FIN PADA FLUIDA PANAS SUPRA X 125 CC. UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA.
- [7] Anwar, R., S., & Sari, S. P. (2014). Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin. *J. Rekayasa Elektr.*, 10(4), 180–185. doi: <https://dx.doi.org/10.17529/jre.v10i4.1108>
- [8] Sumarjo, J. A., Santosa, & Permana, M. I. (2017). Pemanfaatan Sumber Panas Pada Kompor Menggunakan 10 Termoelektrik Generator Dirangkai Secara Seri Untuk Aplikasi Lampu Penerangan. *J. Mesin Teknol. (SINTEK Jurnal)*, 11(2), 123–128. [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php?journal=sintek>
- [9] Liu, C., Chen, P., & Li, K. (2014). A 1 kW thermoelectric generator for low-temperature geothermal resources. *Trans. - Geotherm. Resour. Counc.*, 38(2001), 749–754.
- [10] Nulhakim, L., Subekti, M. I., & Rahmat, D. (2019). OPTIMALISASI TERMOELEKTRIK MELALUI HEAT GAIN SEBAGAI PENGHASIL LISTRIK. *ELEKTRA*, 4(2), 1–6. [Online]. Available: <https://pei.e-journal.id/jea/article/view/119>
- [11] Wang, J., Liu, S., & Li, L. (2019). Experiments and modeling on thermoelectric power generators used for waste heat recovery from hot water pipes. *Energy Procedia*, 158, 1052–1058. doi: <https://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.254>
- [12] Poetro, J. E. & Handoko, C. R. (2013). ANALISIS KINERJA SISTEM PENDINGIN ARUS SEARAH YANG MENGGUNAKAN HEATSINK JENIS EXTRUDED DIBANDINGKAN DENGAN HEATSINK JENIS SLOT. *J. Tek. MESIN*, 21(2), 178–189. [Online]. Available:

<http://journal.um.ac.id/index.php/teknik-mesin/article/view/3816>

- [13] Tumbel, N., Makalalag, A. K., & Manurung, S. (2019). Proses Pengolahan Arang Tempurung Kelapa Menggunakan Tungku Pembakaran Termodifikasi. *J. Penelit. Teknol. Ind.*, 11(2), 83–92.
- [14] Ali Sabit, M. T. (2012). EFEK SUHU PADA PROSES PENGARANGAN TERHADAP NILAI KALOR ARANG TEMPURUNG KELAPA (Coconut Shell Charcoal). *J. Neutrino*, 3(2), 143–152. doi: <https://dx.doi.org/10.18860/neu.v0i0.1647>