

# Desain *Woodstove Portable* Untuk Menghasilkan Tenaga Listrik

Hendi Lilih Wijayanto<sup>(1)\*</sup>, Angga Tegar Setiawan<sup>(2)</sup>, Kadex Widhy<sup>(3)</sup>, Kadriadi<sup>(4)</sup>, Amiruddin<sup>(5)</sup>, Vincentius Sulistyoaji Nugroho<sup>(6)</sup>, Ageng Muhammad Raihan<sup>(7)</sup>, Dwika Dendrawan<sup>(8)</sup>

Politeknik Industri Logam Morowali  
Labota, Kec. Bahodopi, Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah, Indonesia

Email: <sup>1</sup>hendilw@gmail.com\*

---

## Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

---

## Sejarah Artikel

Diterima pada 25 Juni 2022  
Disetujui pada 11 Agustus 2022  
Dipublikasikan pada 22 November 2022  
Hal. 1047-1057

---

## Kata Kunci:

Panas; Tungku; Termoelektrik Generator; Listrik

---

## DOI:

<http://dx.doi.org/10.28926/briliant.v7i4.1034>

**Abstrak:** Saat ini penggunaan kayu bakar untuk kegiatan memasak serta sebagai pemanas telah menjadi sangat populer, terutama pada saat kegiatan berkemah. Perapian dan tungku dengan bahan bakar padat yang menghasilkan panas dengan biaya rendah dari kayu bakar yang ada disekitar fungsi utama menggunakan panas dari tungku adalah untuk memanaskan air dan panas tungku menghasilkan listrik merupakan manfaat tambahan. Manfaat tambahan juga dapat dihubungkan dengan pembangkit listrik skala mikro, diwujudkan dengan menggunakan termoelektrik generator. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan desain tungku berbahan bakar kayu yang terintegrasi dengan termoelektrik generator yang tersedia secara komersil. Sehingga mendapatkan tegangan dari termoelektrik generator yang dapat menghasilkan energi listrik yang maksimal. Tungku dirancang dengan dimensi panjang 30cm lebar 20cm dan tinggi 17cm yang menggunakan 4 buah termoelektrik generator yang dipasang secara parallel pada dinding tungku.

## PENDAHULUAN

Meningkatnya pemakaian limbah biomassa yang canangkan oleh Pemerintah pada tahun 2025 dapat terealisasikan dengan memanfaatkan limbah biomassa sebagai sumber energi alternatif. Pemanfaatan limbah biomassa yang digunakan diharapkan dapat menjadi sumber energi alternatif yang dapat direalisasikan pada daerah–daerah yang berpotensi memberikan kontribusi terhadap produk–produk limbah biomassa (Andrapica et al., 2017). Modul *thermoelectric generator* (TEG) menawarkan potensi untuk mengubah perbedaan suhu menjadi energi listrik melalui efek seebeck, namun material modul termoelektrik generator (TEG) yang digunakan pada kondisi panas yang tidak stabil atau mengalami siklus pemanasan akan mempengaruhi kinerja listrik yang dihasilkan (Riyadi et al., 2022). Besarnya energi panas yang terbuang pada dinding tungku menjadi perhatian para peneliti yang berusaha untuk memanfaatkan energi panas yang terbuang dari sebuah dinding tungku sebagai penghasil atau sumber

listrik. Panas buang dari hasil pembakaran pada tungku saat ini dapat digunakan sebagai sumber listrik (Riyadi et al., 2022).

Termoelektrik Generator (TEG) adalah perangkat yang berguna untuk memanen limbah panas untuk pembangkit listrik. Panas dapat diperoleh kembali dari berbagai perangkat pemanas skala mikro (seperti kompor dan ketel) dan digunakan untuk menyediakan operasi mandiri atau/dan memberi daya pada peralatan rumah tangga lainnya (Sornek et al., 2019). Pengujian juga pernah dilakukan pada tungku pembakaran yang terkontrol suhu dan menggunakan rangkain sirkuit terbuka (Nuwayhid et al., 2005). Termoelektrik adalah alat yang mempunyai prinsip fisika dalam kerjanya untuk mengubah energi listrik menjadi energi panas, namun memiliki fungsi lain yang dapat dimanfaatkan pada termoelektrik yang jarang diketahui masyarakat yaitu kebalikannya dengan mengubah energi panas menjadi energi listrik (Puspita et al., 2017). TEG dapat langsung mengubah energi panas menjadi energi listrik, dan semakin besar perbedaan suhu kedua sisi modul, semakin besar efisiensi konversi modul termoelektrik (Ge et al., 2021) (Shen et al., 2019).

Nuwayhid dkk mempresentasikan penelitian menggunakan kayu 20-50 kW atau kompor kayu. Tujuan mereka adalah untuk menghasilkan daya listrik hingga 100 W. Dalam percobaan pertama mereka menggunakan model Peltier untuk menghasilkan listrik. Output daya sangat rendah (1 w) karena dua alasan, pertama perbedaan suhu rendah di sepanjang sisi model dan kedua penggunaan model Peltier yang dibuat untuk pendinginan bukan untuk pembangkit listrik (Nuwayhid et al., 2003). Dalam percobaan kedua mereka menggunakan tiga model pembangkit listrik. Mereka didinginkan menggunakan heat sink. Mereka mendapatkan daya keluaran maksimum 4,2 W per model dan mereka menunjukkan bahwa daya keluaran telah meningkat secara signifikan (Nuwayhid et al., 2005).

Panas buangan yang dihasilkan mesin dengan suhu yang tinggi dapat mengurangi efisiensi kerja suatu tungku, sehingga alangkah lebih baiknya gas buangan yang bersuhu tinggi tersebut dapat dimanfaatkan kembali sebagai sumber energi listrik. Teknologi termoelektrik yang menjadi alternatif dalam memanfaatkan energi panas yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik sebagai energi alternatif dalam menanggulangi krisis energi dari tahun ketahun (Suryanto et al., 2017)

Dengan demikian untuk mendapatkan hasil daya dengan keluaran yang maksimal diperlukan desain tungku yang sesuai dengan kondisi *off grid* Dari permasalahan-permasalahan di atas, maka peneliti terdorong untuk melakukan penelitian memanfaatkan limbah panas dari *Woodstove portable* untuk menghasilkan tenaga listrik sehingga bisa memenuhi kebutuhan listrik skala micro pada saat kondisi darurat listrik.

## METODE

Pertama Merencana dan Pengumpulan Data dengan membaca dan mempelajari, sebagai referensi atau seperti literatur, laporan ilmiah dan tulisan lain yang bisa mendukung penelitian selanjutnya membahas tentang tungku kayu yang bisa dibawa kemana saja (*portable*), kemudian desain tungku kompor mampu mengalirkan panas secara maksimal ke TEG serta desain tungku berbasis

microkontroler. Studi mendalam dan analisis literatur yang sejalan dengan struktur, operasi dan bentuk tungku penghasil listrik perlu dilakukan antara lain:

### 1. Termoelektrik Generator

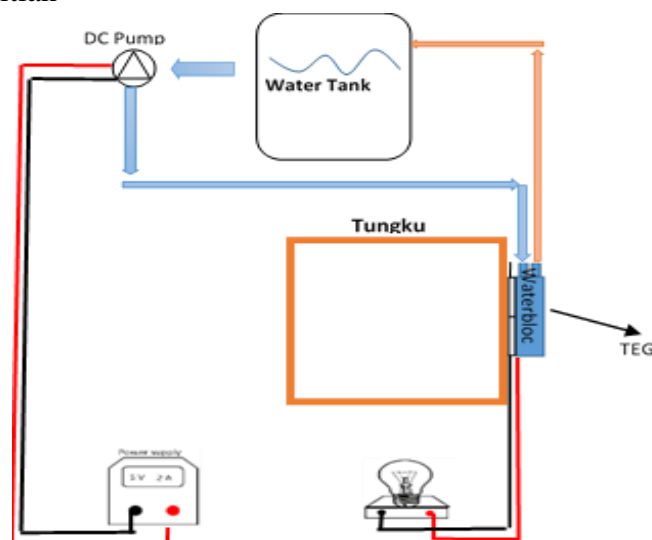
Efek termoelektrik tampaknya pertama kali ditemukan pada tahun 1822 oleh Seebeck, yang mengamati aliran listrik ketika satu persimpangan dua logam yang berbeda, bergabung di dua tempat, dipanaskan sementara persimpangan lainnya disimpan pada suhu yang lebih rendah (Ioffe, 1959). Modul TEG terdiri dari jumlah termokopel Tipe K, untuk rangkain kabel disambung secara seri secara elektrik untuk meningkatkan tegangan output dan terhubung secara paralel secara termal untuk mengurangi resistansi termal. Termokopel dipasang pada dua sisi TEG yaitu sisi *hot* dan *cold* (Wijayanto et al., 2022). Sebagian besar modul *Thermoelectrics* (Valderrama et al., 2022), yang komersial memiliki desain datar (Zoui et al., 2022). Teknologi termoelektrik dianggap sebagai solusi hebat dalam waktu dekat untuk memproduksi tenaga listrik dan memulihkan panas limbah kelas rendah untuk memotong biaya pembangkit listrik karena konsistensi dan keramahan ramah lingkungan (Sohel et al., 2018)



Gambar 1 Termoelektrik Generator

Penggunaan air sebagai media pendingin memberikan daya tertinggi karena konduktivitas termal air yang lebih tinggi dan suhu sisi dingin termoelektrik generator tidak akan melebihi suhu didih air yang memungkinkan kita untuk menaikkan suhu pada sisi panas.

### 2. Skema penelitian



Gambar 2. Skema penelitian

Alat Penelitian:

1. Mikrokontroler
2. Termoelektrik generator
3. Termokopel
4. DC power supply
6. DC pump

### 3. Deskripsi *Woodstove portable*

Metode perancangan meliputi yang pertama yaitu tahapan ini menentukan kebutuhan produk yang akan dibuat (Wijayanto, 2021). Desain *Woodstove portable* didesain dengan bentuk multifungsi dilengkapi dengan komponen-komponen pendukung

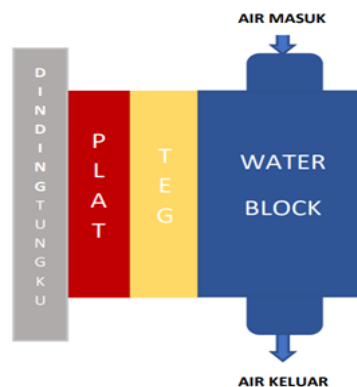
Adapun Komponen Utama *Woodstove portable*

- a. Dinding tungku
- b. *Hot Side Cook*
- c. *Rack Hot Source (Internal combustion)*
- d. *Window stove*
- e. Modul *thermoelectric generator*

### 4. Desain Rancangan *Part Woodstove*

#### a) Modul Termoelektrik Generator

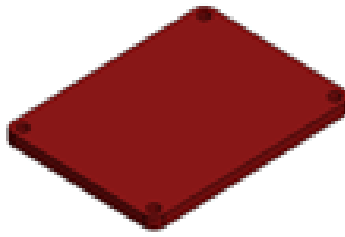
Skema geometri TEG terdiri dari dinding tungku sebagai *heatsource*, plat alumunium, TEG, kemudian sistem pendingin menggunakan *waterblock* (Kennedy et al., 2021), Daya keluaran TEG sangat bergantung pada perbedaan suhu antara sisi panas dan sisi dingin (Najjar & Kseibi, 2016)



Gambar 3. Modul Termoelektrik Generator

#### b) Plat Induksi

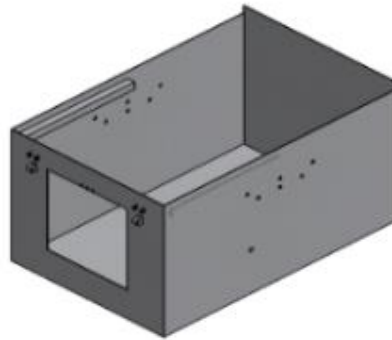
Pemanasan induksi bisa diaplikasikan dalam proses manufaktur logam di mana efisiensi energi yang tinggi dan waktu pemanasan yang singkat diperlukan (Kesangam et al., 2018), pada bagian ini sebagai penampang untuk memasak dengan bahan alumunium diharapkan mampu menyerap panas dari pembakaran untuk dialirkan untuk memasak air ataupun makananan.



Gambar 4. Modul Termoelektrik Generator

c) Dinding Tungku

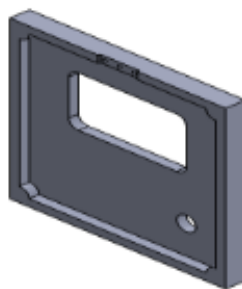
Sebagai tempat pembakaran serta memastikan sejauh mana pembakaran sempurna dimungkinkan dalam pembakaran bersama yang menggunakan udara primer saja atau menggunakan udara primer dan udara sekunder, mengeksplorasi variabel lain seperti bahan bakar kayu kering atau basah dan kontrol perpindahan panas dari zona pembakaran (Islam & Smith, 2019).



Gambar 5. Dinding Tungku

d) *Window stove*

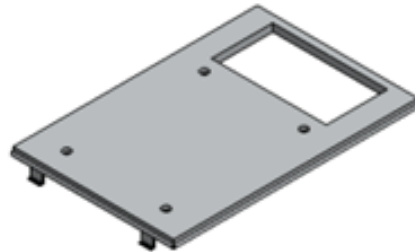
Stabilitas pembakaran dalam pembakar tungku sangat sensitif terhadap komposisi bahan bakar dan kondisi lingkungan setempat. Akibatnya, pada tingkat ketidakstabilan pembakaran dalam tungku pembakar stabil pada tekanan atmosfer, yang dimulai dalam keadaan tidak stabil dan stabil (Cadavid et al., 2021). Berfungsi untuk memasukan bahan bakar pada tungku selain itu berfungsi sebagai aliran masuk udara untuk membantu pembakaran pada tungku.



Gambar 6. Dinding Tungku

e) *Air Hole*

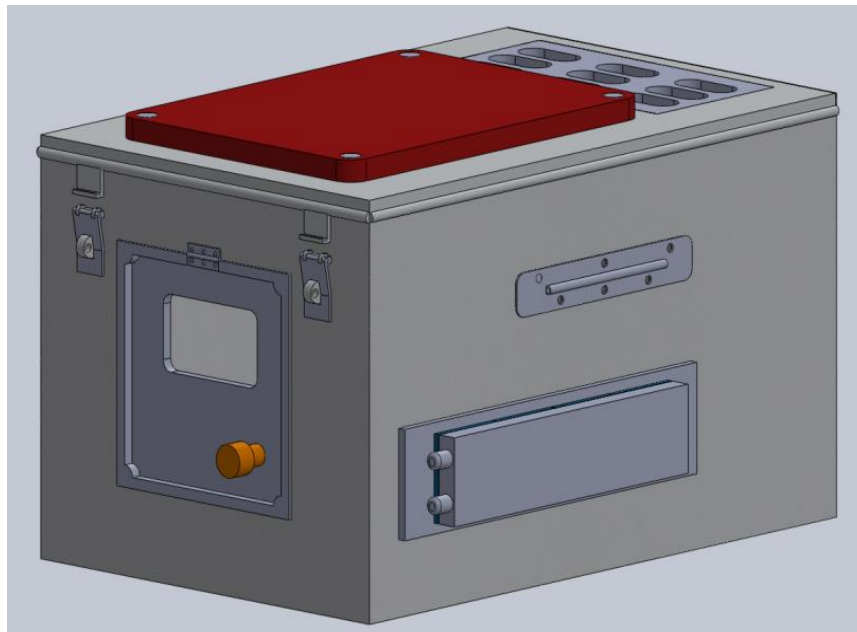
Model desain baru di mana ada lubang yang dibuat konvergen dan bahan bakar disuplai pada laju aliran dan volume yang sama. penelitian diambil sebagai referensi dan karenanya disimulasikan dengan kondisi yang tepat yang mirip dengan media sekitarnya di pembakaran(Jangala et al., 2022). Lubang angin pada sisi atas tungku dibuat menyerupai atau untuk mengganti cerobong asap pembakaran.



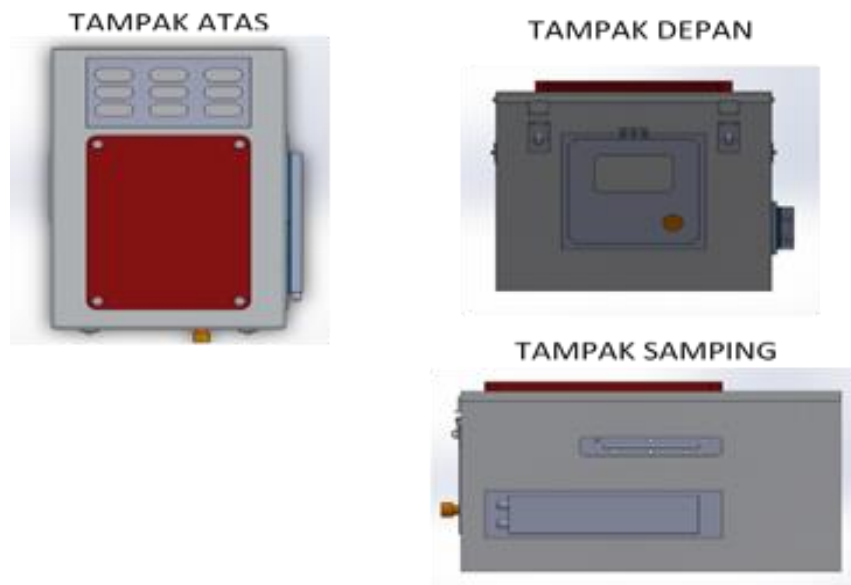
Gambar 7. *Air hole*

5. Desain Rancangan *Asembly Woodstove portable*

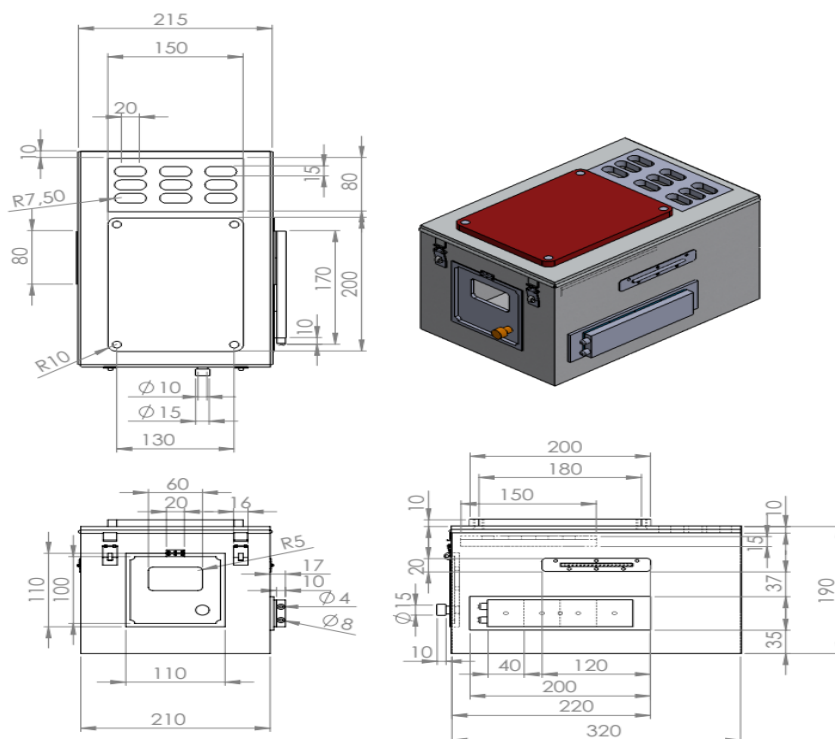
Kompor ini memiliki desain aerodinamis ruang bakar yang lebih baik dan berisi 4 modul TEG untuk pembangkit listrik, selain itu dengan permukaan bagian yang dirancang khusus. Ini memiliki permukaan yang datar, cukup baik sebagai sumber panas modul TEG. Panas dari pembakaran tungku sebagian diperoleh kembali dengan memasang *heatsink* pada sisi panas TEG. *heatsink* ini bertindak sebagai penyimpan energi dan memusatkan panas dari pembakaran di sepanjang *heatsink* yang diserap oleh TEG



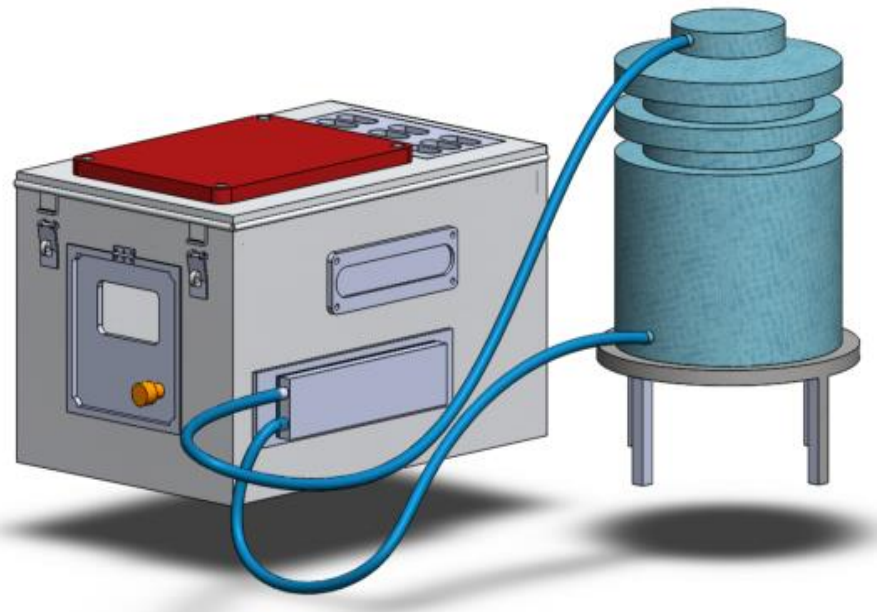
Gambar 8. Desain *Woodstove portable*



Gambar 9. Gambar Pandangan *Woodstove portable*



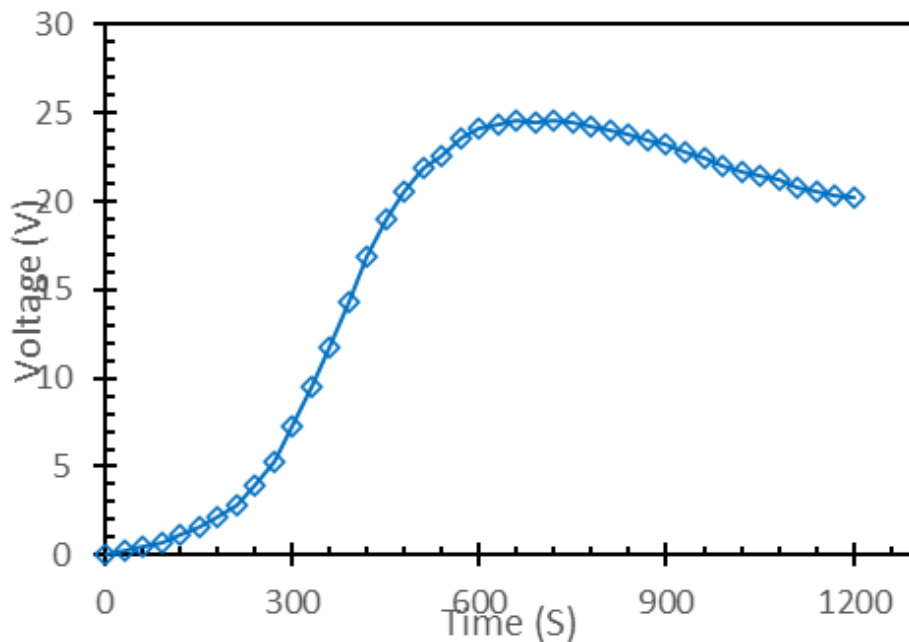
Gambar 10. Gambar detail ukuran *Woodstove portable*



Gambar 11. *Woodstove portable* dengan system pendingin TEG

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil-hasil analisis data dan hasil pengujian



Gambar 12. Grafik hubungan waktu dengan tegangan yang dihasilkan

Gambar 12 Menunjukkan Kurva hubungan antara waktu dengan tegangan yang dihasilkan TEG. Dari grafik diperoleh informasi bahwa:

- 1) Kurva menaik naik secara cepat pada detik 300.
- 2) Kemudian mencapai pada titik puncak selisih suhu permukaan, setelah itu temperatur pada TEG cenderung konstan.



- 3) Selisih suhu permukaan TEG paling tinggi sebesar 98 °C
- 4) Pada titik puncak kurva menunjukkan tegangan sebesar 25,30 Volt
- 5) Kemudian kurva perbedaan suhu permukaan akan turun seiring dengan temperatur permukaan dingin TEG juga meningkat.
- 6) Berdasarkan hasil pengukuran suhu sisi hot dan cold pada TEG bahwa selisih suhu pada permukaan TEG mempengaruhi besar tegangan yang dihasilkan

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat ditarik kesimpulan bahwa dalam penelitian ini menghasilkan desain tungku (*Woodstove Portable*) dengan empat modul Termoelektrik generator mampu menghasilkan energi listrik dengan tegangan sebesar 25,30 Volt. sehingga dengan menggunakan termoelektrik generator (TEG) yang memanfaatkan limbah panas dari dinding tungku yang didesain dan terintegrasi dengan termoelektrik generator (TEG) mampu memenuhi kebutuhan listrik skala micro saat keadaan *off grid*

## SARAN

Perlu adanya pengembangan lagi mengenai sistem pendinginan yang lebih efisien dalam mendinginkan sisi cold pada TEG sehingga mendapatkan selisih temperatur yang tinggi dan perlu ada penambahan radiator collant untuk membantu mendinginkan air yang masuk pada *waterblock* kemudian perlu adanya pengembangan dari termoelektrik generator mampu menghasilkan besaran daya yang dihasilkan kemudian juga perlu adanya penelitian lebih lanjut bagaimana cara mempertahankan temperatur sumber panas pada tungku.

## DAFTAR RUJUKAN

- Andrapica, G., Mainil, R. I., & Aziz, A. (2017). Pengujian Thermoelectric Generator Sebagai Pembangkit Listrik Dengan Sisi Dingin Menggunakan Air Bertemperatur 10 °c. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 14(2), 45–50. <https://ejournal.unri.ac.id/index.php/JST/article/view/3983/3867>
- Cadavid, Y., Obando, J., Vandell, A., Cabot, G., & Amell, A. (2021). Effect of air humidity and natural gas composition on swirl burner combustion under unstable conditions. *Fuel*, 306, 121601. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121601>
- Ge, M., Li, Z., Wang, Y., Zhao, Y., Zhu, Y., Wang, S., & Liu, L. (2021). Experimental study on thermoelectric power generation based on cryogenic liquid cold energy. *Energy*, 220. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119746>
- Ioffe, A. F. (1959). Semiconductor thermoelements and thermoelec. *Physics Today*, 12(5), 42. <https://doi.org/10.1063/1.3060810>
- Islam, N., & Smith, K. R. (2019). Finding a clean woodstove – A 300-year quest. *Energy for Sustainable Development*, 52, 147–153. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2019.07.005>
- Jangala, S. S. L., Kakumani, V. S. P., Vunnam, N. S., & Sreekanth, P. S. R. (2022). A novel brass metal burner design for conventional LPG stove with convergent holes and swirl flow. *Materials Today: Proceedings*, 56, 1068–

1074. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.10.056>
- Kennedy, Anwar, K., Muis, A., Basri, B., & Ilhamsyah, M. (2021). Erratum: Effect of thermoelectric placement on the commercial waterblock to the liquid cooling system performance (J. Phys.: Conf. Ser. (2021) 1763 (012039) DOI: 10.1088/1742-6596/1763/1/012039). *Journal of Physics: Conference Series*, 1763(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1763/1/012095>
- Kesangam, N., Pinitsoontorn, S., & Srimanosawapak, S. (2018). Effect of initial microstructure on induction heating of A319 aluminium alloy. *Materials Today: Proceedings*, 5(3), 9615–9623. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.10.148>
- Najjar, Y. S. H., & Kseibi, M. M. (2016). Heat transfer and performance analysis of thermoelectric stoves. *Applied Thermal Engineering*, 102(March), 1045–1058. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.03.114>
- Nuwayhid, R. Y., Rowe, D. M., & Min, G. (2003). Low cost stove-top thermoelectric generator for regions with unreliable electricity supply. *Renewable Energy*, 28(2), 205–222. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(02\)00024-1](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(02)00024-1)
- Nuwayhid, R. Y., Shihadeh, A., & Ghaddar, N. (2005). Development and testing of a domestic woodstove thermoelectric generator with natural convection cooling. *Energy Conversion and Management*, 46(9–10), 1631–1643. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2004.07.006>
- Puspita, S. C., Sunarno, H., & Indarto, B. (2017). Generator Termoelektrik untuk Pengisian Aki. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 13(2), 84–87.
- Riyadi, T. W. B., Utomo, B. R., Effendy, M., Wijayanta, A. T., & Al-Kayiem, H. H. (2022). Effect of thermal cycling with various heating rates on the performance of thermoelectric modules. *International Journal of Thermal Sciences*, 178(March), 107601. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2022.107601>
- Shen, Z. G., Tian, L. L., & Liu, X. (2019). Automotive exhaust thermoelectric generators: Current status, challenges and future prospects. In *Energy Conversion and Management* (Vol. 195, pp. 1138–1173). Pergamon. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.05.087>
- Sohel, R., Arbab, I., Abhijit, D., & Aliakbar, A. (2018). Power generation from low grade waste heat using thermoelectric generator. *E3S Web of Conferences*, 64, 3–7. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186406005>
- Sornek, K., Filipowicz, M., Żołądek, M., Kot, R., & Mikrut, M. (2019). Comparative analysis of selected thermoelectric generators operating with wood-fired stove. *Energy*, 166, 1303–1313. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.10.140>
- Suryanto, N., Aziz, A., Mainil, R. I., Energi, L. K., Mesin, J. T., Teknik, F., & Riau, U. (2017). *PENGUJIAN THERMOELECTRIC GENERATOR ( TEG ) DENGAN SUMBER KALOR ELECTRIC HEATER 60 VOLT MENGGUNAKAN AIR PENDINGIN PADA Jom FTEKNIK Volume 4 No . 2 Oktober 2017 Jom FTEKNIK Volume 4 No . 2 Oktober 2017*. 4(2), 3–7.
- Valderrama, C., Cortina, J. L., Akbarzadeh, A., Bawahab, M., Faqeha, H., & Date, A. (2022). Solar ponds. *Storing Energy: With Special Reference to Renewable Energy Sources*, 537–558. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12->

824510-1.00004-0

- Wijayanto, H. L. (2021). *PERANCANGAN RANGKA KENDARAAN MICRO CAR*. 2(2), 6.
- Wijayanto, H. L., Wirakusuma, K. W., & Atmoko, N. T. (2022). *Pengaruh Variasi Daya Pompa pada System Pendinginan TEG terhadap Tegangan yang Dihasilkan TEG*. 22(1), 477–481. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v22i1.2017>
- Zoui, M. A., Bentouba, S., Velauthapillai, D., Zioui, N., & Bourouis, M. (2022). Design and characterization of a novel finned tubular thermoelectric generator for waste heat recovery. *Energy*, 253, 124083. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2022.124083>