JIUBJ

Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi, 22(1), Februari 2022, 477-481
Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat universitas Batanghari Jambi
ISSN 1411-8939 (Online), ISSN 2549-4236 (Print)
DOI 10.33087/jiubj.v22i1.2017

Pengaruh Variasi Daya Pompa pada System Pendinginan TEG terhadap Tegangan yang Dihasilkan TEG

Hendi Lilih Wijayanto[1]*, Amiruddin[2], Kadriadi[3], Kadex Widhy Wirakusuma[4], Nugroho Tri Atmoko[5]
[1,2,3,4]Politeknik Industri Logam Morowali, Morowali
[5]Sekolah Tinggi Teknologi Warga, Surakarta
*Correspondence email: hendilw@gmail.com

Abstrak. 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. Dari panas buang tersebut dirubah menjadi listrik menggunakan termoelektrik generator, pembangkit TEG adalah sebuah perangkat generator listrik yang mengkonversi panas(perbedaan suhu) langsung menjadi energi listrik. Dalam penelitian ini panas yang dimanfaatkan adalah dinding tungku berbentuk silinder dengan variasi besarnya daya pompa yang mengalirkan pendingin ke waterblok, untuk mengetahui efisiensi dan besarnya daya pompa yang digunakan untuk mendinginkan sisi hot pada TEG sehingga mengasilkan perbedaan suhu yang tinggi dan juga menghasilkan energi listrik yang besar.Jumlah modul termoelektrik generator yang digunakan berjumlah 4 buah modul SP1848 27145 SA.

Kata kunci: Daya; Termoelektrik; Listrik

Abstract. *The amount of heat energy wasted on the furnace wall is of concern to researchers who are trying to utilize the heat energy wasted from a furnace wall as a generator or source of electricity. The waste heat from the combustion in the furnace can now be used as a source of electricity. The waste heat is converted into electricity using a thermoelectric generator, the TEG generator is an electrical generator device that converts heat (temperature difference) directly into electrical energy. In this research, the heat used is the cylindrical wall of the furnace with variations in the size of the pump that flows the coolant to the waterblock, to determine the efficiency and magnitude of the power pump used to cool the hot side of the TEG, which produces a high temperature difference and also produces large electrical energy. thermoelectric generator module reused 4 pieces SP1848 27145 SA module.*

Keywords: *Power; Thermoelectric; Electricity*

PENDAHULUAN

Persoalan listrik pemerintah kabupaten Morowali dalam menyediakan pasokan listrik membuat peneliti berfikir untuk mencari solusi alternatif dari permasalahan pasokan listrik ke masyarakat. Pendekatan energi baru yang lebih inovatif adalah salah satu solusi efektif untuk menghasilkan listrik yang bebas dari polusi, pemansan global, fleksibel serta biaya investasi yang rendah.Dikutip dari laman morowalikab.go.id pemerintah kabupaten morowali menggelar rapat dengan pihak PLN untuk membahas persoalan listrik yang sering padam karena kekurangan daya pasok pada masyarakat(Sari 2021).

Termoelektrik generator (TEG) adalah perangkat solid state kecil yang menghasilkan listrik langsung dari panas. TEG memiliki potensi untuk diterapkan dalam sistem pemulihan panas limbah dan digunakan sebagai mesin panas primer sebagai generator(Orr and Akbarzadeh, 2017). Generator termoelektrik bertenaga kompor berpendingin air dirancang dan diuji untuk menyediakan listrik di area off-grid dan dalam kondisi darurat(G. Li et al. 2019). Teknologi termoelektrik dianggap sebagai salah satu metode yang layak untuk mengubah energi panas menjadi energi langsung listrik. Generator termoelektrik (TEG) adalah salah satu yang telah muncul sebagai sumber alternatif yang lebih baik untuk listrik pembangkit listrik dalam beberapa tahun terakhir(Twaha et al. 2016).

Pengaplikasian TEG sudah pernah diteliti pada kompor kayu. Cedar dan Drummond mempresentasikan design untuk memperbaiki sistem perpindahan kalor kompor dengan menambahkan blower dan memasangkan generator thermoelektrik untuk memanfaatkan sebagian panas hasil pembakarannya menjadi sumber energi listrik alternatif (Cedar and Drummond 2009).Generator termoelektrik terintegrasi (TEG) dan sistem pendingin regeneratif untuk pembangkit listrik. Analisis energi telah dilakukan pada panas yang mendorong TEG terintegrasi dan sistem pendingin regeneratif. Temperatur dinding dan fluks panas telah dihitung, dan energi di tempat yang berbeda dari sistem telah dinilai(X. Li and Wang 2017)

Sebuah studi kasus praktis dari pemulihan panas limbah dari rotary kiln semen diterapkan.Dengan dua metode pendinginan, aktif dan pasif, telah dipertimbangkan. Untuk metode pendinginan aktif, sistem pendinginan air loop tertutup paksa dipertimbangkan. Heat sink paksa yang digunakan dengan pendinginan pasif. Dua metrik utama dipertimbangkan dalam perbandingan; efisiensi konversi

dan waktu pengembalian. Temuan utama hasil menegaskan bahwa kinerja pasif heat sink berbasis paksa lebih baik dari sistem pendingin air loop tertutup. NS efisiensi konversi telah meningkat sebesar 5,8%. Juga, pendinginan pasif mengurangi waktu pengembalian sebesar 50,34% dibandingkan dengan air tertutup(Gomaa and Rezk 2020).

Thermoelectric generator

Modul TEG terdiri dari jumlah termokopel Tipe K, untuk rangakain kabel disambung secar 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.

Berdasarkan efek Seebeck, tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) dari TEG dapat dihitung sebagai berikut(Cheng et al. 2019)

$VOC = \propto (Th - Tc) = \propto \Delta T$

Dimana *Th* dan *Tc* adalah sisi panas dan sisi dingin TEG, ΔT adalah perbedaan suhu, α adalah Koefisien seeback

Berdasarkan prinsip keseimbangan energi pada keadaan stabil, aliran panas pada sisi panas dan pada sisi dingin dapat direpresentasikan sebagai berikut(Rezk et al. 2019):

$Q_h = \alpha I\, T_h - k_{tc}\, \Delta T - 0.5\, I^2\, R_{int}$

$Q_h = \alpha I\, T_c - k_{tc}\, \Delta T - 0.5\, I^2\, R_{int}$

dimana *Tc* adalah Konduktivitas therma

METODE

Pada penelitian ini menggunakan 3 modul TEG dengan sistem pendinginan menggunakan waterblock yang berisi sirkulasi air yang masuk dan keluar waterblock. Untuk pada penelitian ini modul TEG di tempelkan pada dinding tungku arang yang berbentuk silinder. Dengan memvariasikan daya yang digunakan pompa untuk mengetahui daya pompa yang efisien untuk mendinginka sisi cold pada TEG. Pengambilan data dimulai dengan memvariasikan daya pompa dari 1watt sampai dengan 5watt sehingga mempengaruhi laju alrian yang masuk dan keluar waterblock

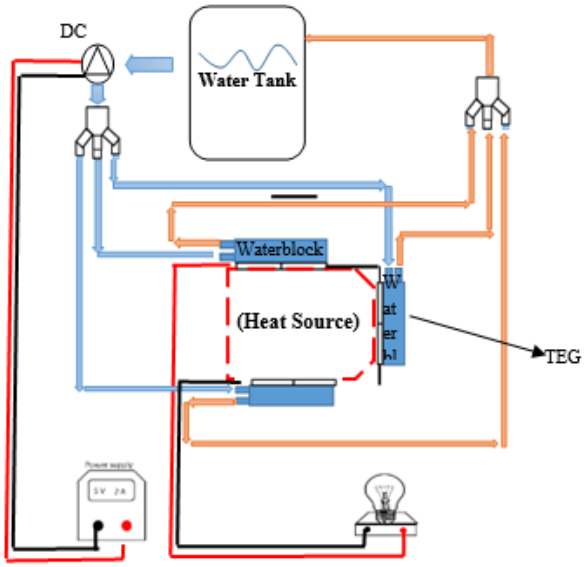
Bahan dan Alat

1. Arduino Mega 2560
2. Termoelektrik generator SP1848 27145 SA
3. Termokopel tipe K
4. DC digital power supply
5. Flow meter
6. Mini submersible water pump

Metode Konveksi paksa yang didinginkan dengan air

Cara pendinginan pada penelitian dengan mengalirkan air kedalam Waterblock pendingin dengan bantuan sistem pompa untuk mencapai resistansi panas yang sangat rendah, Montecucco et al., (2017) menggunakan sumber panas dari pemanas listrik untuk mensimulasikan kompor rumah kayu bakar dan mengatur daya pompa air dingin untuk mengendalikan temperatur sisi dingin modul(Montecucco et al., 2017). untuk meningkatkan efisiensi TEG merancang saluran aluminium kubik berisi air dengan melekatkan pada sisi dingin modul(Hasan Nia et al. 2014). Metode pendinginan air membutuhkan ruang tempat yang lebih dalam sistem, dan sirkulasi dari air panas sisa sistem TEG masih harus perlu disalurkan ke sistem lain untuk mengalami proses pendinginan seperti jenis radiator sistem air konveksi paksa. Komponen utama metode ini diantaranya, waterpump, waterblock pendingin, radiator(Gao et al. 2016)

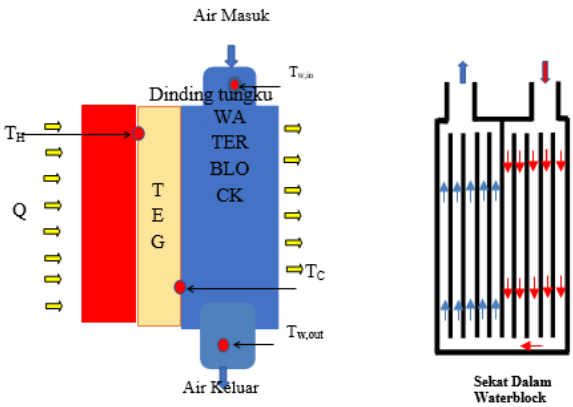
Skema penelitian



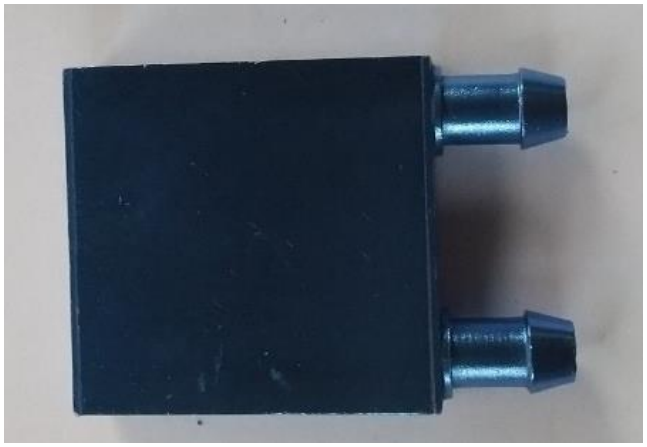
Gambar 1. Skema Penelitian

Design Sistem Pendingin TEG

Bentuk Modul TEG dengan sistem pendinginan pada gambar 2 dimana TEG ditempelkan pada dinding tungku kemudian diikuti dengan waterblock yang berukuran 40x40mm menggunakan air sebagai media pendingin.



Gambar 2. Geometri pendingin TEG



Gambar 3. Waterblock



Gambar 4. Prototipe tungku dengan Modul TE

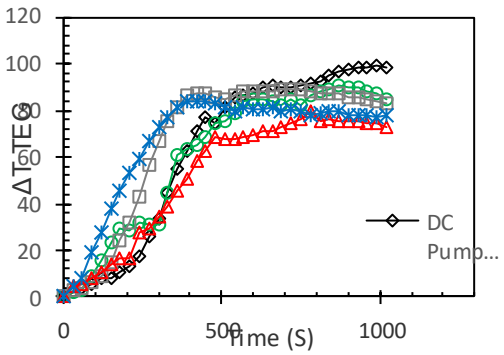
HASIL DAN PEMBAHASAN

Variasi daya pompa terhadap tegangan yang dihasilkan TEG Pada pengambilan data diawali dengan variasi diantaranya yaitu 1, 2, 3, 4 dan 5Watt Pada pengambilan data daya pompa tanpa adanya pembebanan, lama waktu pengambilan data tiap-tiap variasi daya pompa selama 10 menit.

Berikut tahapan-tahapan pengambilan data:

1. Pastikan semua alat pengujian termoelektrik terinstalasi dengan baik dan benar.
2. Siapkan *stopwatch*.
3. Menyiapkan arang kurang lebih 400 gram sebagai bahan bakar.
4. Atur *powersupply* untuk menyalakan *waterpump* sesuai variasi yaitu 1, 2, 3, 4 dan 5Watt.
5. Nyalakan data logger tegangan.
6. Start pada porgram *data logger* dan *stopwatch* memulai pengambilan data.
7. Tunggu dan amati 10 menit.
8. kemudian *save* data yang di peroleh ke komputer.

Grafik hubungan Selisih Suhu atau ΔT TEG terhadap daya pompa



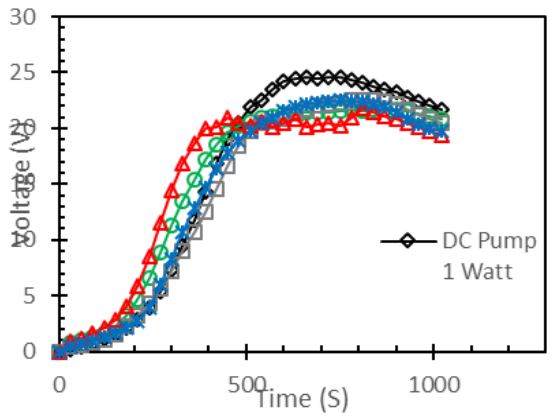
Gambar 5. Grafik hubungan antara Daya pompa terhadap ΔT TEG yang dihasilkan

Gambar 5 Menunjukan Kurva hubungan antara Daya pompa dengan tegangan yang dihasilkan TEG. Dari data tersebut diperoleh informasi bahwa:

1. Tren kenaikan kurva pada tiap variasi cenderung sama yaitu naik secara cepat pada 200 detik pertama, kemudian tren kurva cenderung naik secara perlahan hingga mencapai titik puncak.
2. Kemudian mencapai pada titik puncak selisih suhu permukaan, kurva dengan variasi daya pompa air pendingin 1,2,3,4 dan 5Watt selisih temperatur TEG terlihat stabil.
3. Kemudian kurva selisih suhu permukaan akan turun seiring dengan temperatur permukaan dingin TEG juga meningkat. Daya pompa air pendingin 5Watt mengalami kenaikan dan penurunan selisih suhu pada TEG yang signifikan menjadikan grafik tidak stabil. Daya pompa pada variasi daya pompa air pendingin 1Watt cenderung konstan pada detik ke 240 tetapi dengan berjalanya waktu juga mengalami penurunan.
4. Berdasarkan hasil pengukuran suhu TEG dengan variasi daya pompa air pendingin maka dapat dinyatakan bahwa semua daya pompa dapat menyerap panas yang mempengaruhi selisih suhu pada TEG meskipun demikian, kurva menunjukkan grafik naik turun pada saat pengukuran. Hal ini dikarenakan suhu arang yang tidak stabil atau tidak sama pada tiap-tiap TEG.

Jika dilihat dari tren kurva yang terjadi maka daya pompa air pendingin 1 Watt menghasilkan selisih suhu permukaan TEG tertinggi, sehingga penggunaan daya pompa air pendingin yang optimal untuk mendinginkan permukaan sisi dingin TEG adalah daya pompa air pendingin 1 Watt

Grafik hubungan variasi daya pompa dengan tegangan yang dihasilkan



Gambar 6. Grafik hubungan variasi daya pompa dengan tegangan yang dihasilkan

Gambar 6 menunjukkan pengaruh antara daya pompa pendingin terhadap tegangan yang dihasilkan TEG. Kenaikan kurva untuk seluruh variasi cenderung sama yaitu mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada 600 detik pertama. Selanjutnya tegangan akan cenderung turun. Pada gambar 5 kurva yang mendominasi kenaikan tegangan dihasilkan oleh TEG diperoleh pada variasi daya pompa 1watt dengan keluaran voltase maksimal pada kisaran 23.5 - 24.8 volt. Hal ini dikarenakan pada daya pompa air 1watt yang optimal untuk mendinginkan permukaan TEG

Tabel 1. Pengaruh variasi daya pompa daya pompa air pendingin terhadap suhu dan tegangan

Daya	T Hot (^{0}C)	T Cold (^{0}C)	T In (^{0}C)	T Out (^{0}C)	ΔT (^{0}C)	Voltage (V)	ΔT.wb (^{0}C)
1	140.25	50	31	39.25	93.75	24.6	8.75
2	140.25	60.25	31	37.5	84.05	21.13	6.75
3	140.25	60.75	31	36	86	22.53	5
4	140.25	64	31	35	86	21.35	4
5	140.25	61.25	31	33.5	86.5	22.09	2.25

Tabel 1 menunjukkan perbandingan variasi daya pompa air pendingin terhadap suhu dan tegangan yang dihasilkan. Untuk itu maka temperatur TEG diambil pada saat temperatur yang sama yaitu 140.25 ^{0}C. Hal ini disebabkan karena temperatur maksimal sisi Thot TEG paling rendah diantara variasi daya pompa air air pendingin dihasilkan oleh aliran air pendingin dengan daya pompa 4watt menunjukkan temperatur sisi panas (Thot) pada 140.25 ^{0}C. Dengan daya pompa air yang berbeda, maka pada temperatur Thot TEG yang sama diperoleh Tcold, Tin, Tout, ΔTwater, ΔTEG dan tegamgan yang berbeda. Dari keliam variasi daya pompa aliran air pendingin dapat disimpulkan bahwa daya pompa terbaik diperoleh ketika selisih suhu TEG tertingi dan voltase tertingi pada variasi daya pompa 1watt.

SIMPULAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan yaitu variasi daya pompa aliran air pada sistem pendinginan TEG dengan menggunakan *waterblock* sebagai media konveksi pendinginan sangat mempengaruhi:

1. Mempengaruhi tegangan yang dihasilkan Termoelektrik generator
2. Mempengaruhi ΔT Termoelektrik generator atau perbedaan suhu pada sisi termoelektrik generator

DAFTAR PUSTAKA

Cedar, Jonathan, and Alec Drummond. 2009. "The BioLite Woodgas Campstove." http://www.vrac.iastate.edu/ethos/files/ethos2009/Manufacturing/BioliteEthos.pdf.

Cheng, Fuqiang et al. 2019. "Fabrication of Nanostructured Skutterudite-Based Thermoelectric Module and Design of a Maximum Power Point Tracking System for the Thermoelectric Pile." *IEEE Sensors Journal* 19(14): 5885–94.

Gao, H. B. et al. 2016. "Development of Stove-Powered Thermoelectric Generators: A Review." *Applied Thermal Engineering* 96: 297–310.

Gomaa, Mohamed R., and Hegazy Rezk. 2020. "Passive Cooling System for Enhancement the Energy Conversion Efficiency of Thermo-Electric Generator." *Energy Reports* 6: 687–92. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.11.149.

Hasan Nia, M. et al. 2014. "Cogeneration Solar System Using Thermoelectric Module and Fresnel Lens." *Energy Conversion and Management* 84(June 2021): 305–10. http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2014.04.041.

Li, Guoneng, Youqu Zheng, Jiangen Hu, and Wenwen Guo. 2019. "Experiments and a Simplified Theoretical Model for a Water-Cooled, Stove-Powered Thermoelectric Generator." *Energy* 185: 437–48. https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.07.023.

Li, Xinchun, and Zhongwei Wang. 2017. "Exergy Analysis of Integrated TEG and Regenerative Cooling System for Power Generation from the Scramjet Cooling Heat." *Aerospace Science and Technology* 66: 12–19.

http://dx.doi.org/10.1016/j.ast.2017.02.021.

Montecucco, A., J. Siviter, and A. R. Knox. 2017. "Combined Heat and Power System for Stoves with Thermoelectric Generators." *Applied Energy* 185: 1336–42.

Orr, Bradley, and Aliakbar Akbarzadeh. 2017. "Prospects of Waste Heat Recovery and Power Generation Using Thermoelectric Generators." *Energy Procedia* 110(December 2016): 250–55. http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.135.

Rezk, Hegazy et al. 2019. "Hybrid Moth-Flame Optimization Algorithm and Incremental Conductance for Tracking Maximum Power of Solar PV/Thermoelectric System under Different Conditions." *Mathematics* 7(10).

Sari, Citra. 2021. "Morowalikab.Go.Id." https://morowalikab.go.id/home/read/atasi-persoalan-listrik-pemkab-morowali-gelar-rapat-dengan-pihak-pln.

Twaha, Ssennoga, Jie Zhu, Yuying Yan, and Bo Li. 2016. "A Comprehensive Review of Thermoelectric Technology : Materials , Applications , Modelling and Performance Improvement." 65: 698–726.