

**ANALISIS PERFORMA TERMoeLEKTRIK GENERATOR (TEG) DENGAN VARIASI
FLUIDA PENDINGIN PADA RESERVOIR**

Ben Vasco Tarigan¹, Muhammad Jafri² dan Juan Pratama Saekoko³

^{1,2}*Dosen Program Studi Teknik Mesin, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adi Sucipto Kupang*

³*Program Studi Teknik Mesin, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adi Sucipto Kupang*

Email: ben_tarigan@staf.undana.ac.id

ABSTRAK

Panas buang dari hasil pembakaran dan permesinan saat ini dapat digunakan sebagai salah satu sumber pembangkit listrik. Panas dirubah menjadi listrik menggunakan termoelektrik generator. Modul ini bekerja dengan menggunakan beda temperatur pada sisi panas dan dingin termoelektrik generator. Untuk menjaga performa modul, maka salah satu sisi modul harus didinginkan supaya tidak terjadi *overheating* yang berdampak pada rusaknya modul. Pendinginan pada penelitian ini menggunakan metode *passive cooling* dimana sisi yang akan didinginkan akan direkatkan pada bagian sebuah reservoir aluminium yang berisi fluida air dan oli. Data yang diambil dalam penelitian selain perubahan temperatur pada modul dan reservoir, juga dilihat perubahan tegangan dan arus yang dihasilkan 4 buah termoelektrik generator. Dari penelitian diperoleh tegangan dan arus terbesar diperoleh pada termoelektrik dengan berpendingin air. Tegangan dan arus tertinggi yang dihasilkan alat adalah 1,51 Volt dan 0,51 Ampere. Daya output tertinggi adalah 0,765 watt. Dengan demikian dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa daya keluaran yang dihasilkan termoelektrik generator dipengaruhi oleh jenis fluida pendingin pada reservoir.

Kata kunci: termoelektrik generator, tegangan, arus, pendingin, fluida

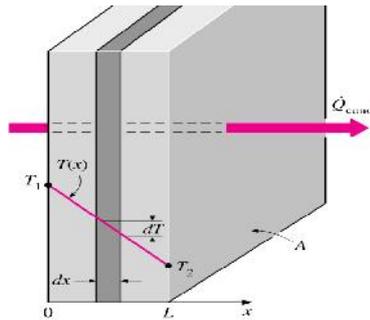
Author : Ben Vasco Tarigan, Muhammad Jafri dan Juan Pratama Saekoko

1. PENDAHULUAN

Banyak desa di Nusa Tenggara Timur belum mendapat akses listrik. Dari 3.270 desa dan kelurahan yang ada di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT), ada sekitar 1.205 desa belum teraliri listrik hingga April 2016. Hal ini bisa diatasi jika ada sumber energi lain yang dapat digunakan untuk mendapatkan listrik. Salah satu sumber energi yang ada di desa adalah biomasa. Umumnya penduduk di desa menggunakan biomasa yang umumnya kayu untuk memasak setiap harinya. Dalam proses ini akan dihasilkan panas buang yang terbuang begitu saja ke lingkungan tanpa dimanfaatkan. Padahal ini dapat menjadi salah satu sumber energi untuk memperoleh listrik dengan mengubahnya dengan menggunakan termoelektrik generator. Termoelektrik adalah perangkat generator listrik dapat mengubah panas menjadi listrik. Dalam pengoperasiannya, salah satu dari sisi modul harus didinginkan guna mendapat perfora yan baik. Jika tidak, maka modul akan mengalami *overheating* dan terjadi kerusakan. Pada umumnya modul ini didinginkan menggunakan fan/kipas. Namun performa dari pendinginan ini tidak terlalu baik dalam memindahkan sejumlah besar panas pada modul. Oleh karenanya maka digunakan *reservoir* yang dibuat dari *heatsink* 10 sirip yang berfungsi sebagai wadah fluida pendingin. Fluida pendingin sendiri memiliki kemampuan menyerap panas lebih baik dari pada pendinginan menggunakan fan. Penelitian tentang performa termoelektrik generator sudah pernah dilakukan oleh Krzysztof (2016) dengan memanfaatkan panas buang dari tungku untuk menghasilkan listrik. Montecucco (2015), menggunakan termoelektrik generator pada tungku yang digunakan untuk mengisi baterai *lead-acid* dan menggunakan panas buang tungku ke air untuk keperluan rumah tangga. Juanico (2013), mengembangkan desain tungku dengan menggunakan termoelektrik generator dengan sistem kontrol panas. Pada penelitian ini digunakan wadah penampung air dari material pelat aluminium yang berfungsi sebagai pendingin sekaligus sumber air panas. Perangkat ini mampu menghasilkan daya dengan sistem kontrolnya sebesar 19 Watt.

2. LANDASAN TEORI

Perpindahan panas pada suatu bidang datar seperti pada Gambar 1 dapat diturunkan menjadi sebuah persamaan sebagai berikut



Gambar 1. Konduksi pada bidang datar

(Sumber :Yunus Cengel, 2011)

Jika persamaan hukum Fourier tentang konduksi diintegrasikan, maka akan diperoleh sebagai berikut :

$$q = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (1)$$

$$q \cdot x = -kA \cdot T \quad (2)$$

Maka akan diperoleh :

$$Q \cdot x = -kA \cdot T \quad (3)$$

$$Q = -\frac{kA}{\Delta x} (T_2 - T_1) \quad (4)$$

Energi panas yang dipindahkan ke air, Q_{Air} , dapat dihitung dari perbedaan suhu antara air di keluaran manifold, $T_{Air\ Keluar}$, dan air pada masukan manifold, $T_{Air\ Masuk}$, seperti persamaan berikut ini

$$Q_{Air} = m \cdot c \cdot (T) \quad (5)$$

Daya listrik yang dihasilkan oleh termoelektrik generator diperoleh dari pengukuran tegangan dan arus keluaran lalu dihitung dengan persamaan berikut ini

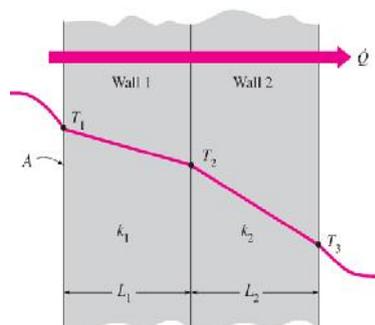
$$P_{OUT} = V \times I$$

Dari dua persamaan di atas maka kita dapat menentukan efisiensi dari termoelektrik generator dengan menggunakan persamaan berikut

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{Q_{Atr} + P_{OUT}} \quad (6)$$

Jika dalam sistem terdapat lebih dari satu jenis material, maka aliran panas dapat dituliskan sebagai :

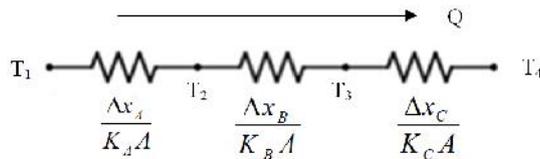
$$Q = -\frac{K_A A}{\Delta x_A} (T_2 - T_1) = -\frac{K_B A}{\Delta x_B} (T_3 - T_2) = -\frac{K_C A}{\Delta x_C} (T_4 - T_3) \quad (7)$$



Gambar 2 . Konduksi dinding berlapis

(Sumber:Yunus Cengel, 2011)

Persamaan di atas memiliki kemiripan dengan hukum Ohm dalam aliran listrik. Dengan demikian perpindahan panas dapat dianalogikan sama halnya dengan aliran arus listrik seperti ditunjukkan gambar di bawah ini



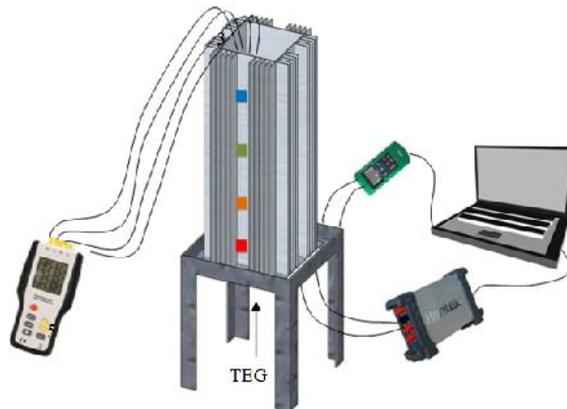
Gambar 3. Analogi perpindahan panas dalam aliran listrik

Menurut analogi di atas, perpindahan panas sama dengan :

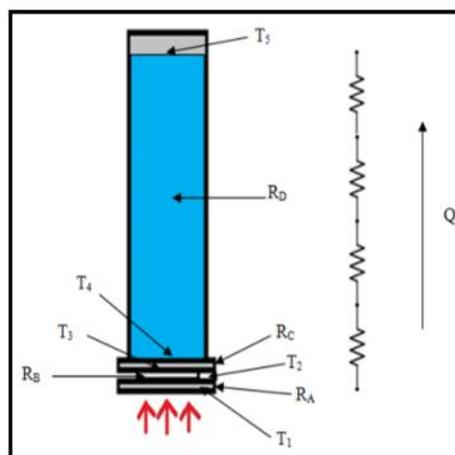
$$Q = \frac{\Delta T_{\text{menyeluruh}}}{\sum R_{th}} \quad (8)$$

3. METODE PENELITIAN

Reservoir dibuat menggunakan *heatsink* 10 sirip dengan dimensi 10 cm × 10 cm × 40 cm sebagai wadah penampung fluida pendingin. Modul termoelektrik generator yang digunakan sebanyak empat buah modul yang dirangkai secara paralel. Terdapat 4 titik pengambilan data temperatur pada reservoir yaitu 2 cm, 10 cm, 20 cm dan 35 cm dari bawah. Tujuannya untuk rambatan kalor pada fluida pendingin dengan variasi fluida pendingin. Tegangan dan arus keluaran dari termoelektrik generator dihubungkan dengan multimeter. Sumber panas yang digunakan adalah plat pemanas dengan suhu maksimum 170°C.



Gambar 4. Skema alat penelitian

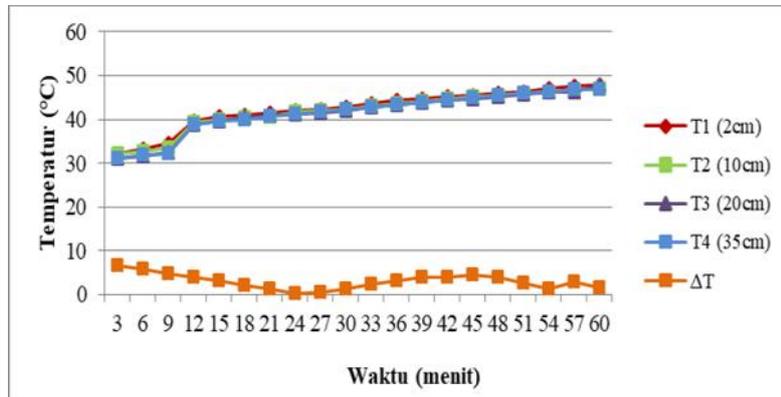


Gambar 5. Skema analogi rangkaian termal alat

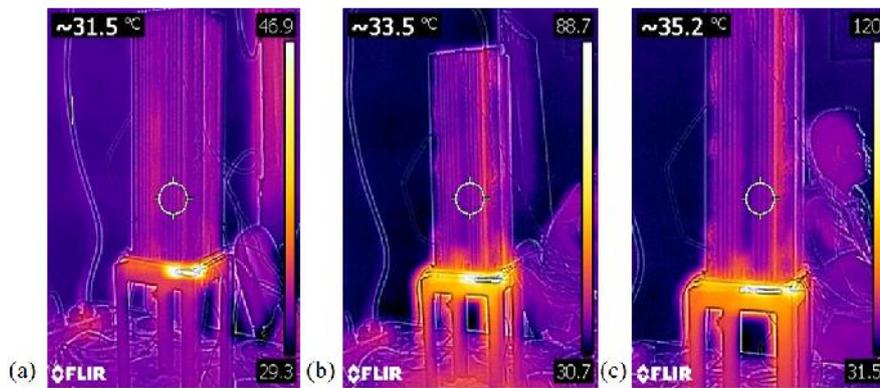
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada reservoir berpendingin air cenderung peningkatan temperatur pada setiap titik tidak jauh berbeda. Ini artinya, fluida pendingin air sangat mudah sekali menyerap kalor dari sisi panas modul

termoelektrik generator. Dari suhu awal air sekitar 32°C setelah enam puluh menit ternyata kenaikan temperatur memiliki kecenderungan yang sama berakhir pada 47°C. Suhu akhir pada masing-masing titik berturut-turut T₁, T₂, T₃, T₄ adalah 47,8°C, 47,9°C, 47°C, dan 46,9°C. Perbedaan temperatur pada termoelektri generator rata-rata sebesar 3,03°C. Grafik perubahan temperatur dan perubahan termal pada reservoir seperti pada gambar di bawah ini :

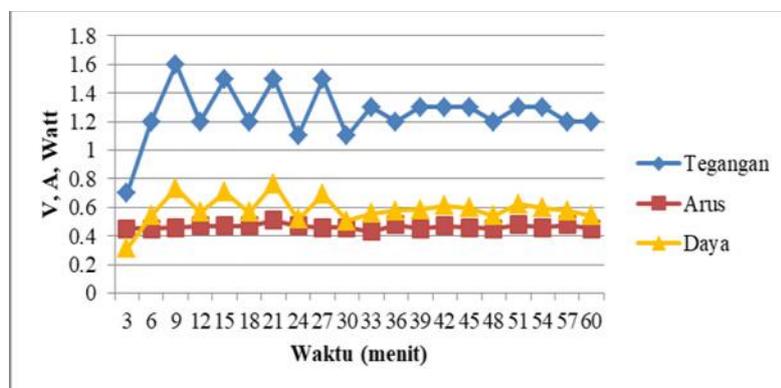


Gambar 6. Grafik perubahan temperatur pada 4 titik reservoir terhadap waktu pada reservoir berpendingin air



Gambar 7. Foto termal pada reservoir berpendingin air pada posisi T₂ (10 cm) saat waktu 5 menit (a), 15 menit (b), 45 menit (c)

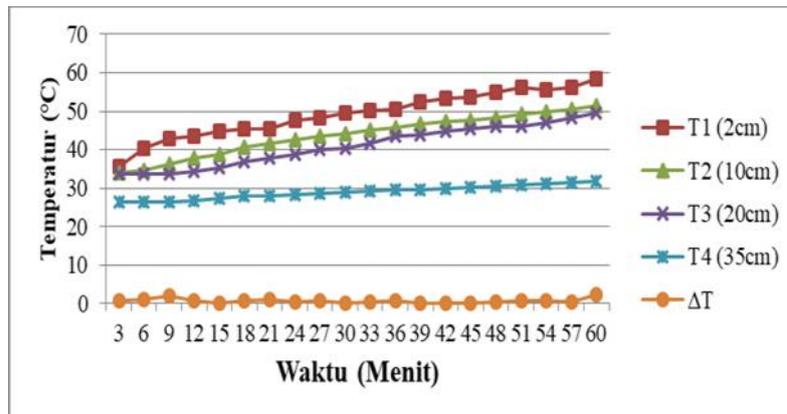
Kondisi ini mengakibatkan tegangan yang dihasilkan sangat fluktuatif namun tidak dengan arus yang lebih stabil. Dari pengambilan data diperoleh bahwa tegangan dan arus tertinggi yang dihasilkan sekitar 1,6 Volt dan 0,51 Ampere. Daya tertinggi yang dihasilkan termoelektrik generator selama enam puluh menit adalah 0,76 Watt. Adapaun gambar grafik tegangan, arus dan daya seperti pada gambar di bawah ini :



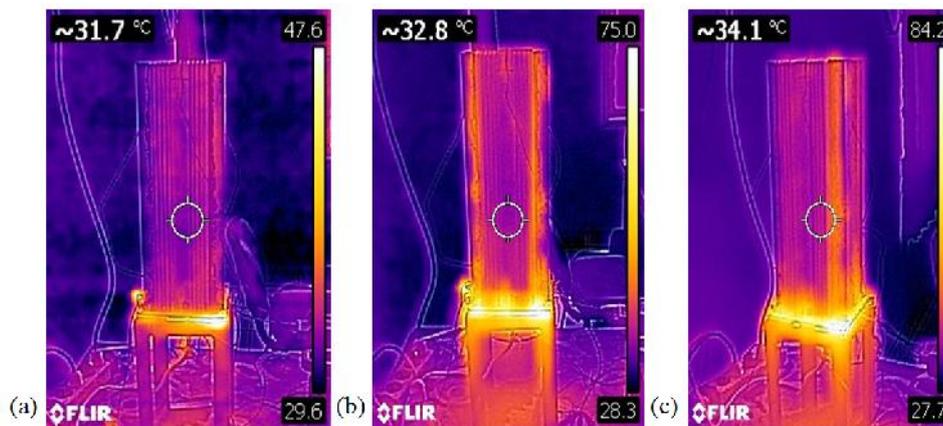
Gambar 8. Grafik perubahan tegangan, arus dan daya keluaran pada reservoir berpendingin air

Perubahan temperatur fluida pendingin oli memiliki perbedaan dengan air. Pada oli, kenaikan temperatur pada setiap titik pengamatan memiliki perbedaan. Terlihat beda temperatur antara T₁ dan T₄ memiliki perbedaan sekitar 29 derajat. Ini berarti, oli tidak mudah menyerap dan meneruskan kalor yang dikondusikan dari sisi panas modul

termoelektrik generator. Cenderung kenaikan signifikan temperatur terjadi hanya pada titik T₁ hingga T₃. Sedangkan T₄ perubahan temperaturnya sangat kecil. Grafik perubahan tersebut seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 9. Grafik perubahan temperatur pada 4 titik reservoir terhadap waktu pada reservoir berpendingin oli



Gambar 10. Foto termal pada reservoir berpendingin oli pada posisi T₂ (10 cm) saat waktu 5 menit (a), 15 menit (b), 45 menit (c)

Penyerapan kalor oleh oli yang tidak secepat pada pendingin air menyebabkan performa dari termoelektrik generator juga tidak sebaik yang dihasilkan oleh air. Tegangan maksimum yang bisa dihasilkan sebesar 1,36 Volt dengan arus 0,45 Ampere. Daya maksimum yang dihasilkan selama enam puluh menit sebesar 0,55 Watt.

Fluida oli lebih lambat meneruskan kalor kelapisan berikutnya karena lebih lama menahan panas. Hal ini mengakibatkan posisi yang lebih dekat dengan sisi panas modul temperaturnya lebih tinggi dibanding pada fluida air. Akibat panas yang ditahan cukup lama membuat sisi modul tidak cepat didinginkan dan berdampak pada performa dari termoelektrik generator dimana tegangan dan arus yang dihasilkan tidak sebesar pada pendingin air.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa jenis fluida pendingin mempengaruhi performa dari termoelektrik generator. Semakin cepat fluida meneruskan kalor pada lapisan di atasnya maka makin cepat juga sisi modul akan turun temperaturnya dan membuat performa termoelektrik generator lebih baik.

Termoelektrik generator berpendingin air menunjukkan performa yang lebih baik dibanding yang menggunakan berpendingin oli. Dimana tegangan tertinggi yang diperoleh adalah 1,6 Volt dan arus 0,51 Ampere.

DAFTAR PUSTAKA (DAN PENULISAN PUSTAKA)

- A. Montecucco, J. Siviter, and A. R. Knox, "A Combined Heat and Power System for Solid-fuel Stoves Using Thermoelectric Generators," Clean Effic. Afford. Energy Sustain. Future 7th Int. Conf. Appl. Energy ICAE2015, vol. 75, pp. 597–602, Aug. 2015.

- A.M. Goudarzi, A. Rezaia, P. Mazandarani, L.A. Rosendahl, R. Panahi, H. Behsaz, "Integration of Thermoelectric Generators and Wood Stoves to Produce Heat, Hot Water, and Electrical Power," *Journal of ELECTRONIC MATERIALS*, Vol. 42, No. 7, 2013 DOI: 10.1007/s11664-013-2545-8 2013.
- A. Rezaia, L.A. Rosendahl, "A comparison of micro-structured flat-plate and cross-cut heat sinks for thermoelectric generation application," Department of Energy Technology, Aalborg University, DK-9220 Aalborg, Denmark, *Energy Conversion and Management* 101 (2015).
- F. Keith dan A. Priyono, "Prinsip-prinsip Perpindahan Panas, Vol 3, Erlangga, Indonesia.
- F. P. I. David P. Dewitt, *Fundamentals of HEAT and MASS Transfer*, Seventh. John Wiley and Sons.
- H. Julian Goldsmid, *Introduction to Thermoelectricity*. 2010.
- Krzysztof Sornek, "A Study Of Selected Aspects Of The Operation Of Thermoelectric Generator Incorporated In A Biomass-Fired Stove," *E3S Web of Conferences* 10, SEED 2016.
- "Listrik Belum Mengalir di 1.205 Desa NTT," *Energi*, 09-May-2016.
- Luis E. Juanico, Fabian Rinalde, Eduardo Tagliavore and Marcelo Molina, "Novel Heat Controller for Thermogenerators Working on Uncontrolled Stoves," *Journal of ELECTRONIC MATERIAL*, Vol. 42, No. 7, 2013.
- Yunus A. Cengel, Afshin J. Ghajar, *Heat and Mass Transfer: Fundamentals & Applications* Fourth Edition, McGraw-Hill, 2011