

ANALISIS PERBANDINGAN JUMLAH *THERMOELECTRIC GENERATOR* MENGGUNAKAN RANGKAIAN SERI DAN PARALEL

Irwan Ardiansyah^{1*}, Rudi Irawan¹

¹Fakultas Teknik dan Sains, Departemen Teknik Mesin, Universitas Ibn Khaldun Bogor, Indonesia
*e-mail: irwanardiansyah01@gmail.com

ABSTRAK

Elemen peltier merupakan alat *thermoelectric* yang di dalamnya terdapat bahan semi konduktor. Thermoelectric merupakan alat yang mempunyai 2 fungsi penggunaan, yaitu sebagai pembangkit energi listrik (TEG) dan sebagai penghasil dingin (TEC). Hasil dari penelitian ini ingin diaplikasikan salah satunya dengan mendesain mini generator 12V dengan menggunakan energi panas dari hasil pembakaran atau kompor biomasa. Hal ini nantinya akan bermanfaat untuk digunakan di daerah-daerah atau di pegunungan yang belum teraliri listrik. Pada metode penggunaan TEG dilakukan metode seri karena metode ini lebih efektif dibanding metode paralel. Setelah melakukan Analisis uji performa TEG 12V dengan menggunakan heatsink tembaga, didapatkan hasil maksimal banyaknya TEG yang digunakan dari hasil pengujian adalah 4 buah TEG menghasilkan 4,2V DC, 8 buah TEG rangkaian seri menghasilkan 10V DC, 8 buah TEG rangkaian seri + paralel 1,8V DC, dan 12 buah TEG menghasilkan 14V DC. Dari hasil uji performa yang dilakukan dapat disimpulkan banyaknya TEG yang digunakan dalam uji performa TEG sebanyak 12 buah.

Kata kunci : *thermoelectric generator, TEG, TEC*

ABSTRACT

Peltier element is a thermoelectric device in which there is a semi-conductor material. Thermoelectric is a device that has dual functions, namely as a power plant (TEG) and as a cold generator (TEC). From the results of these studies the authors want to apply. to design a 12V mini generator by using heat energy from combustion or biomass stoves. This will be useful for use in village areas or mountains that have not been electrified. The method of this study used TEG which is series in method because this method was more effective than the parallel method. After performing the TEG 12V performance test analysis using a copper heatsink, the maximum numbers of TEG used from the test results are 4 pieces TEG producing 4.2V DC, 8 pieces TEG series producing 10V DC, 8 pieces TEG series + parallel producing 1.8V DC, and 12 pieces TEGs producing 14V DC. From the results of the performance test carried out, it can be concluded that the number of TEGs used in the TEG performance test was 12 pieces.

Keywords : *thermoelectric generator, TEG*

1. PENDAHULUAN

Sebagian besar pembangkit energi panas termal harus mengubah energi panas menjadi pekerjaan mekanik sebelum dapat menghasilkan listrik. Beberapa teknologi yang telah diciptakan untuk merubah energi panas menjadi energi listrik adalah *solar cell*, *solar thermal*, dan *ORC*. Namun, semua itu memerlukan energi panas yang tinggi dan biaya pembuatan yang mahal (Chow, T.T. et al., 2012; Reddy, V.S., et al., 2013; Kim, K.H., and Han, C.H., 2015; Bishoyi, D and Sudhakar, K, 2017). Saat ini,

terdapat metode perubah energi panas menjadi energi listrik dengan biaya produksi (*cost benefit*) yang relatif murah. Teknologi itu adalah *Thermoelectric Generator (TEG)* (Zhang, X. and Zhao, L-D, 2015). Teknologi generasi TEG, sebagai satu metode konversi energi *solid-state* sepenuhnya, tidak ada pergerakan *parts*, sangat handal, dan memiliki pengukuran yang baik serta dapat langsung merubah energi panas menjadi energi listrik dengan menggunakan bahan transformasi *thermoelectric* (Gou, X., et al, 2010). Hal ini menjadikannya ideal sebagai pembangkit listrik skala kecil dan mudah

untuk didistribusikan (Rowe, D. M., 1995; Ahiska, R. and Mamur, H., 2014).

Untuk memaksimalkan kerja TEG. Pada penelitian ini berharap mendapatkan besaran energi listrik sebesar 12V DC dengan menggunakan heatsink tembaga sebagai media pendingin untuk teknologi *Thermoelectric Generator*. Untuk mendapatkan besaran tegangan tersebut, dengan energi panas yang berskala kecil. Permasalahan yang akan dikaji adalah jumlah penggunaan TEG, metode penggunaan TEG dengan sistem paralel atau seri, dan perbedaan suhu antara *hotside* dan *coldside* (Tian, Z. et al., 2014)

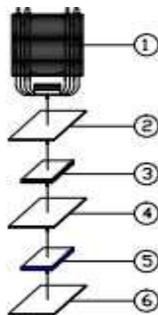
Pada analisis uji peforma TEG ini penulis menargetkan hasil sebesar 12V, karena 12V ini bisa disimpan energinya pada sebuah accu atau untuk mencharger accu itu sendiri.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Lab Energi Universitas Ibn Khaldun Bogor yang menggunakan energi panas yang langsung dikonversi menjadi energi listrik menggunakan efek *thermoelectric*. Tujuannya untuk memanen kerja panas *entalpi* rendah, biaya rendah dan efisiensi termal yang tinggi terhadap efisiensi listrik.

Sumber panas yang digunakan berasal dari *heater*. *Heater* dapat memaksimalkan kerja *therrmoelectric* karena diperlukan panas yang dapat diatur sebelum nantinya menggunakan *panas* hasil pembakaran dari kompor *biomassa*. Panas di atas 150°C diabaikan karena beban maksimal tempereatur *hotside* TEG hanya mencapai batas maksimum 140°C.

Peralatan yang digunakan yaitu *heatsink* tembaga, plat tembaga, TEG, plat *stainless*, *heater*, isolator (pertinak), dan *potensio*



Gambar 1. Pengaturan peralatan

2.1 Heatsink Tembaga

Heatsink tembaga ini terbuat dari full tembaga, mulai dari heatpipe dan sirip heatsink. Heatsink ini

mempunyai dimensi sirip total 88mm x 90mm.x 1.2mm.



Gambar 2. Heatsink tembaga

2.3 Heater

Pada uji daya Thermoelectric Generator 12V sumber panas yang digunakan adalah heater karena panas dari heater dapat dikontrol dengan menggunakan potensio. Dengan dimensi 100mm x 100mm. heater ini terbuat dari bahan *stainless steel* dengan menggunakan dengan daya 220V – 230V AC. *Heater*. Yang kenaikan suhunya dipantau pada data *logger*.



Gambar 3. Heater

2.4 Potensio

Potensio ini merupakan sebagai alat untuk mengatur daya yang dibutuhkan oleh heater yang berpengaruh terhadap panas yang dihasilkan heater. Pada potensio terdapat 4 buah terminal dimana 2 terminal berfungsi sebagai incoming yaitu 220V AC dan 2 pin lain sebagai output pada heater. Pada penggunaan potensio untuk menaikkan tegangan putar rotasi potensio ke arah kanan, dan untuk menurunkan tegangan putar potensio ke arah kiri.



Gambar 4. Potensio

2.4 Isolator

Pertinak adalah bahan kertas dan padat yang dibuat dengan menerapkan panas dan tekanan untuk lapisan kertas atau kain yang diresapi dengan resin sintetis. Pertinak berguna dalam banyak aplikasi listrik dan elektronik, karena pertinak merupakan bahan isolator yang mempunyai konduktivitas sangat rendah.

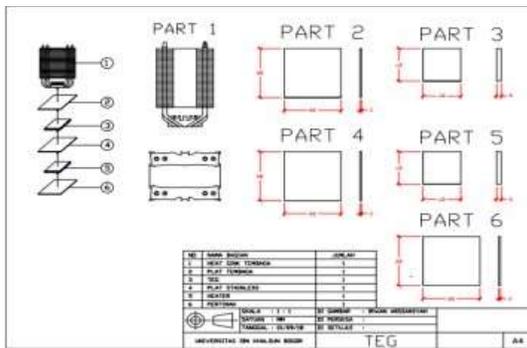
2.4 Data logger

Data logger merupakan alat yang digunakan untuk merekam kenaikan data temperatur pada landasan TEG. Data logger yang digunakan adalah data logger jenis GRAPHTEC GL240. Data logger ini memiliki 10 pin input. Data logger ini menggunakan power supply 12V untuk menjalankannya. Pada uji ini banyaknya pin yang digunakan pada data logger sebanyak 4 pin yaitu suhu ruang (ambien), sisi panas, sisi dingin, dan tegangan.

3. HASIL AN PEMBAHASAN

3.1 Uji performa TEG 12V dengan 4 buah TEG

Dari acuan ΔT sebesar $80^{\circ}C$ TEG yang digunakan untuk mendapat hasil 12V di butuhkan 4pcs TEG. Pada uji peforma 4TEG, sistem pemasangan TEG menggunakan sistem seri yang dipasang secara sejajar.



Gambar 5. Struktur pemasangan 4 buah TEG

Persamaan yang digunakan untuk menghitung laju perpindahan panas dapat dilihat pada persamaan nomor 1.

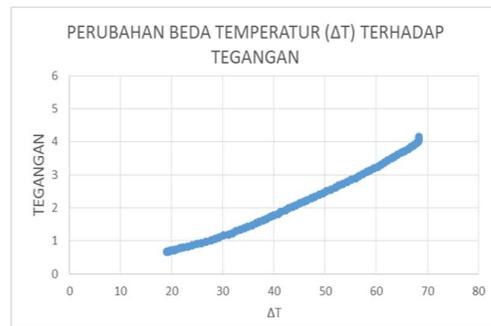
$$H = \frac{Q}{t} = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{L} \quad (1)$$

Paremeter yang digunakan untuk setiap uji performa untuk penggunaan 4 buah TEG dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan uji performa dengan 4 buah TEG

Paremeter	Nilai
K	149 W
A	0,64 m
T1	42 °C
T2	119 °C
L	$4 \times 10^{-4}m$

Dari hasil pengujian ini didapat hasil grafik sebagai berikut

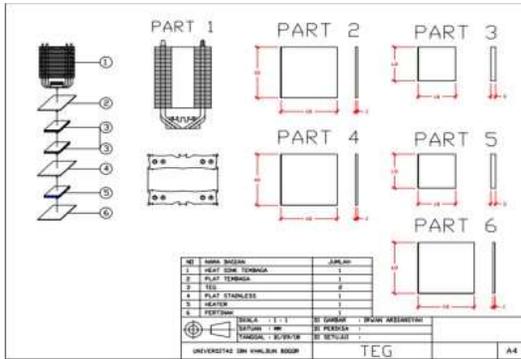


Gambar 6. Hasil pengujian 4 buah TEG

Pada pengujian 4 TEG didapat 4,2 V yang jika dibandingkan dengan tabel 1 harusnya didapat 12V. Ini dipengaruhi karena luas permukaan penyerap sisi dingin tidak mencakup luas permukaan 4 buah TEG. Sehingga waktu penyerapan panas lambat tidak seimbang dengan panyebaran panas pada sisi panas. Karena luas permukaan sisi panas menutupi semua area sisi panas pada 4 buah TEG. Dan berikut adalah laju perpindahan panas pada TEG, Laju perpindahan panas ini di hitung dalam keadaan *steady*, dengan hasil $1,83 \text{ W/m}^2$.

3.2 Uji performa TEG 12V dengan 8 buah TEG

Setelah melakukan pengujian 4 TEG, maka dilakukan pengujian dengan menggunakan 8 TEG yang berpicu pada Tabel 1 yang di dapat sebesar $40^{\circ}C$ menghasilkan konversi panas sebesar 1,8V. Jika dilihat dari acuan tersebut maka untuk mendapatkan hasil 12V dibutuhkan 8pcs TEG. Dengan sekema pemasangan seperti gambar 7 dimana cara meletakkan TEG dipasang secara bertingkat 4 di atas dan 4 di bawah dengan metode pemasangan secara seri.



Gambar 7. Struktur Pemasangan 8 buah TEG

Tabel 2. Hasil perhitungan uji performa dengan 8 buah TEG

Paremeter	Nilai
K	149 W
A	0,64 m
T1	40,5 °C
T2	105 °C
L	$8 \times 10^{-4}m$

Dari hasil pengujian di dapat hasil sebagai berikut:

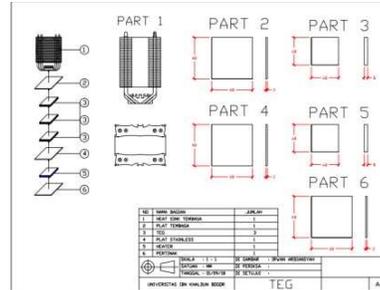


Gambar 8. Hasil Pengujian 8pcs TEG

Pada pengujian 8pcs TEG mendapatkan hasil tegangan 12V, tetapi titik mantap tegangan dari pengujian 8pcs TEG ini hanya 9V. Maka dilakukan kembali pengujian dengan menggunakan tambahan TEG menjadi 12pcs TEG. Berikut adalah hasil perhitungan laju perpindahan panas menggunakan persamaan 1 pada TEG dengan jumlah 8 buah yaitu $0,76 \text{ W/m}^2$. Laju perpindahan panas ini di hitung pada keadaan *steady*.

3.3 Uji performa TEG 12V dengan 12 buah TEG

Setelah dilakukan kembali uji 8 TEG hasil yang di dapat belum sesuai harapan, maka dilakukan pengujian dengan menggunakan 12 TEG yang disusun secara meningkat dan dengan cara pemasangan secara seri.

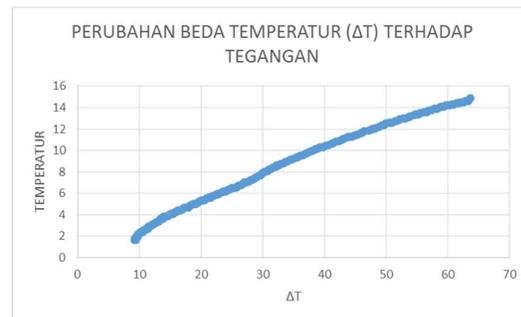


Gambar 9. Struktur pemasangan 12 buah TEG

Tabel 3. Hasil perhitungan uji performa dengan 12 buah TEG

Paremeter	Nilai
K	149 W
A	0,64 m
T1	44,2 °C
T2	131,6 °C
L	$12 \times 10^{-4}m$

Dari hasil pengujian di dapat hasil sebagai berikut,



Gambar 10. Hasil pengukuran 12 buah TEG

Pada pengujian 12pcs TEG didapat hasil maksimal sebesar 15V. Dan titik mantapnya berada pada titik 14V dengan menggunakan metode pemasangan secara seri. Pada pengujian 12pcs TEG ini melebihi kapasitas yang di harapkan yaitu 12V. Untuk itu maka pada pengujian 12pcs ini dilakukan pengujian terhadap arus yang dihasilkan. Hasil perhitungan laju perpindahan panas pada 12 buah TEG dengan menggunakan persamaan 1 adalah $0,69 \text{ W/m}^2$. Laju perpindahan panas ini dihitung pada keadaan *steady*.

3.4 Pengukuran Arus Unjuk Kerja TEG 12V

Setelah uji peforma TEG 12V dengan menggunakan 12 pcs TEG dan menghasilkan 14volt DC dengan menggunakan metode pemasangan secara seri, lalu selanjutnya melakukan pengujian Arus (A) untuk mencari Watt sebagai daya yang dihasilkan dari unjuk kerja TEG.

Berbeda dengan pengujian sebelumnya, untuk menentukan watt maka terlebih dahulu mengukur arus dari hasil uji peforma TEG. Pengukuran arus dengan menggunakan multi meter. Pada saat pengukuran arus, multimeter tidak dapat mengukur langsung arus yang dihasilkan oleh TEG karena pada proses pengukuran arus harus menggunakan resistor seperti pada gambar 4.1.9 sebagai tahanan. Secara umum resistor itu sendiri berfungsi sebagai penghambat atau penahan untuk menyetabilkan arus listrik yang di hasilkan TEG dan resistorpun berfungsi sebagai penurun dan pembagi tegangan. Resistor yang di gunakan pada saat pengukuran adalah resisstor berukuran 1k.

Hasil pengukuran arus yang di lakukan pada uji peforma 12 TEG menunjukkan angka 0.08mA. Jadi daya yang di dapat pada uji peforma TEG 12V adalah 0.0112 Watt.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan analisa uji peforma TEG 12V dengan menggunakan heatsink Tembaga telah di dapat hasil dengan kesimpulan sebagai berikut:

Setelah dilakukan beberapa kali pengujian dan didapat hasil maksimal banyaknya TEG yang digunakan dari hasil pengujian adalah 4pcs TEG menghasilkan 4,2V DC, 8pcs TEG rangkaian seri menghasilkan 10V DC, 8pcs TEG rangkaian seri + paralel 1,8VDC, dan 12pcs TEG menghasilkan 14V DC.

Dari hasil uji peforma yang dilakukan dapat disimpulkan banyaknya TEG yang digunakan dalam uji peforma TEG sebanyak 12 pcs.

Pada metode penggunaan TEG dilakukan metode seri karena metode ini lebih efektif dibanding metode paralel.

Dari pengujian TEG ini didapat hasil pengukuran berupa temperatur dan arus listrik. Untuk temperatur sendiri dilakukan 2 pengukuran yaitu pengukuran pada sisi panas dan sisi dingin. Pada pengukuran temperatur ini didapat beda temperatur (ΔT) yang berpengaruh pada daya dan arus yang dihasilkan. Beda temperatur ini hasil dari pengurangan antara sisi panas dikurangi sisi dingin. Jika ΔT yang dihasilkan besar, maka daya dan arus

yang dihasilkanpun akan besar. Tetapi jika ΔT yang dihasilkan kecil maka daya dan arus yang dihasilkan juga kecil

Dari uji peforma TEG yang dilakukan telah di dapat hasil pengukuran dan pengujian dengan menggunakan alat ukur didapat hasil Tegangan 14V DC Arus 0.08 mA, Daya 0.0112 Watt

REFERENSI

- Ahiska, R. and Mamur, H. (2014). A review: Thermoelectric generators in renewable energy. *International Journal of Renewable Energy Research*, DOI: 10.20508/ijrer.25996.
- Bishoyi, D and Sudhakar, K. (2017). Modeling and performance simulation of 100 MW PTC based solar thermal power plant in Udaipur India. *Case Studies in Thermal Engineering*, 10: 216-26.
- Chow, T.T., Tiwari, G.N. and Menezo, C. (2012). Hybrid solar: A review on photovoltaic and thermal power integration. *International Journal of Photoenergy*. 2012. doi: 10.1155/2012/307287
- Esarte J, Gao M, Rowe DM. (2001). Modelling heat exchangers for thermoelectric generators. *J Power Sources*, 93: 72-6.
- Gou, X., Xiao, H., and Yang, S. (2010). Modeling, experimental study and optimization on low-temperature waste heat thermoelectric generator system. *Applied energy*, 87(10), 3131-3136.
- Kim, K.H., and Han, C.H. (2015). A review on solar collector and solar Organic Rankine Cycle (ORC) systems. *Journal of Automation and Control Engineering*, 3(1): 66-73.
- Reddy, V.S., Kaushik, S.C., Ranjan, K.R. and Tyagi, S.K. (2013). State-of-the-art of solar thermal power plants- A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 27: 258-73.
- Rowe, D. M. (Ed.). (1995). *CRC handbook of thermoelectrics*. CRC press.
- Tian, Z., Lee, S. and Chen, G. (2014). Comprehensive review of heat transfer in thermoelectric materials and devices. *Annual Review of Heat Transfer*, DOI: 10.1615/annualrevheattransfer.2014006932

Zhang, X., and Zhao, L-D. (2015).
Thermoelectric materials: Energy
conversion between heat and electricity.
Journal of Materiomics, 1(2): 92-105.