

PENGARUH HAMBATAN INTERNAL TERHADAP DAYA OUTPUT ELEMEN TERMOELEKTRIK GENERATOR TIPE 10W-4V-40s

Eri Wiyadi^{1*}, Lazuardi Umar²

¹Mahasiswa Program Studi S1 Fisika¹

²Dosen Jurusan Fisika²

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Riau Kampus Bina Widya
Jl. Prof. Mughtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia

*E-mail: eri.wiyadi@yahoo.co.id

ABSTRACT

Thermoelectric generator Type 10W-4V-40s powered by Seebeck effect by utilizing temperature difference in both sides of the element. The hot side (T_h) of a TEG element is placed on a stand made of Aluminum-Dural material and given a heat source derived from a heater, on the cold side (T_c) TEG element installed heatsink to reduce heat energy through the cold side and keep the temperature low. The measurement of output power (P_L) is done by variation of R_L from 0 to 20 under temperature difference conditions (T) varies with constant T_c at 30°C, the result of the research indicates that the output power (P_L) of the thermoelectric element is maximum at $R_L = 1$ when the minimum load decreases and is proportional to the increase in R_L resistance. The internal resistance value (R_{int}) of the TEG element increases in proportion to the magnitude of T on both sides of the element, on T_c and T_h at room temperature (30°C) the value of R_{int} is 0.85 and the maximum value at $T = 50^\circ\text{C}$ is 1,043. This indicates that the TEG element depends not only on T on both sides of the module, but also depends on the amount of temperature range used.

Keywords: Thermoelectric generator, internal resistance, output power.

ABSTRAK

Pembangkit energi listrik elemen TEG (Thermoelectric generator) Tipe 10W-4V-40s bekerja berdasarkan efek Seebeck dengan memanfaatkan perbedaan suhu di kedua sisi elemen. Sisi panas (T_h) dari sebuah elemen TEG diletakkan pada dudukan yang terbuat dari bahan Alumunium-Dural dan diberi sumber panas yang berasal dari pemanas buatan (heater), pada sisi dingin (T_c) elemen TEG dipasang heatsink guna mengurangi energi panas yang menembus sisi dingin serta menjaga suhunya agar tetap rendah. Pengukuran daya output (P_L) dilakukan dengan variasi R_L dari 0 sampai 20 pada kondisi perbedaan suhu (T) bervariasi dengan T_c konstan pada suhu 30°C, hasil dari penelitian menunjukkan bahwa daya output (P_L) elemen termoelektrik bernilai maksimum pada saat $R_L=1$ atau pada saat beban minimum kemudian turun sebanding dengan bertambahnya hambatan R_L . Nilai hambatan internal (R_{int}) dari elemen TEG meningkat sebanding dengan besarnya T di kedua sisi elemen, pada T_c dan T_h berada pada suhu ruang (30°C) diperoleh nilai R_{int} sebesar 0.85 dan bernilai maksimum pada $T=50^\circ\text{C}$ yaitu sebesar 1.043. Hal ini menandakan bahwa elemen TEG tidak hanya bergantung pada T di kedua sisi modul saja, akan tetapi juga sangat bergantung kepada besarnya range suhu yang digunakan.

Kata Kunci : Termoelektrik generator, hambatan internal, daya output.

PENDAHULUAN

Sejalan dengan tingkat kehidupan dan perkembangan teknologi, kebutuhan terhadap penyediaan energi listrik terus mengalami peningkatan akibat bertambahnya penggunaan perangkat elektronik dalam media telekomunikasi, transportasi, maupun industri.

Penjualan listrik PLN Indonesia mencapai 17.95 TWh, dan terus mengalami peningkatan konsumsi listrik dengan pertumbuhan rata-rata 7.8% per tahun [1]. Kondisi ini bertentangan dengan realita penyediaan energi listrik yang dilakukan secara konvensional dengan sumber terbesar menggunakan bahan bakar fosil. Laporan dari *International Energy Agency*

menyatakan 41.3 % sumber energi listrik dunia berasal dari batu bara, 21.7 % berasal dari gas alam, 4.4 % berasal dari bahan bakar minyak, 10.6% berasal dari nuklir, 6.3 % dari air, dan 5.7 % dari sumber lainnya [2]. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya krisis listrik di masa mendatang karena batu bara sebagai bahan bakar fosil dengan persentase terbesar akan habis seiring berjalannya waktu. Oleh karena itu, perlu dilakukan usaha-usaha untuk menemukan sumber energi listrik alternatif yang ramah lingkungan serta melakukan pengembangan dalam meningkatkan efisiensi sumber energi listrik yang sudah ada.

Salah satu piranti elektronik yang dapat menghasilkan energi listrik dari energi panas adalah elemen termoelektrik (Thermoelectric Generator, TEG). Elemen TEG ini memiliki beberapa kelebihan antara lain aman terhadap lingkungan, sederhana, berukuran kecil, sangat ringan, tidak bersuara, dan tidak memerlukan perawatan karena tidak ada bagian yang bergerak [3]. Pembangkit listrik TEG menghasilkan daya berkapasitas mikro, namun pemakaian yang maksimal dalam jangka panjang dapat menghemat penggunaan listrik dari sumber lain yang dihasilkan oleh pembangkit listrik skala makro.

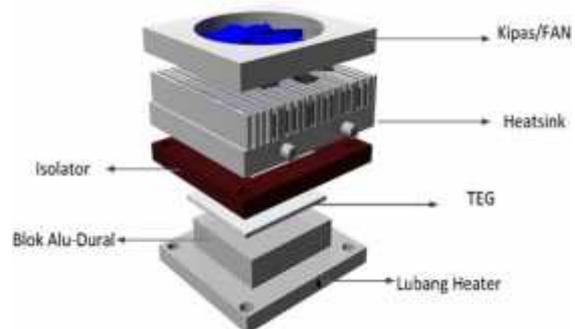
Pembangkit listrik berkapasitas makro sebaiknya hanya digunakan untuk pemenuhan kebutuhan listrik berdaya besar saja, sedangkan untuk pemenuhan listrik skala kecil seperti lampu mini pada dashboard mobil, perangkat tanpa kabel (*wireless*), ataupun rangkaian medis terimplantasi dalam tubuh dapat memanfaatkan pembangkit listrik berkapasitas mikro.

METODE PENELITIAN

Desain dan pembuatan dudukan elemen TEG 10W-4V-40s

Dudukan TEG yang dibuat dari bahan Aluminium-Dural dan Pertinaks yang didesain dengan menggunakan software AutoCAD 2007, berbentuk persegi dan terdapat array (tonjolan persegi) pada bagian atasnya, array

tersebut berfungsi sebagai tempat meletakkan modul elemen TEG. Bentuk dudukan TEG yang telah didesain dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Desain dudukan eksperimen untuk pengukuran R_{int} dan P_L termoelektrik.

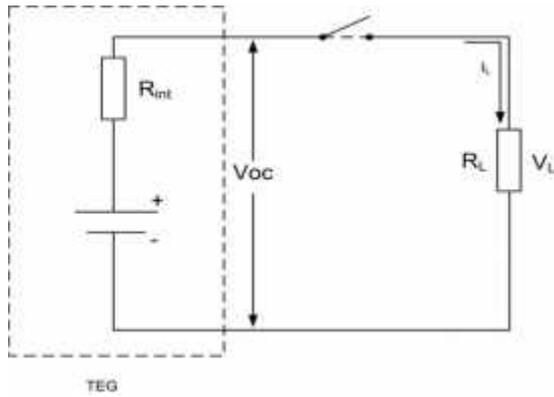
Dudukan TEG ini terdiri atas kipas FAN, *heatsink water block*, isolator panas, elemen TEG, dan blok Alu Dural. *Heatsink water block* dapat dialiri air menggunakan pompa peristaltik, guna membantu pelepasan kalor dibagian sisi dingin elemen. Elemen TEG disekat oleh bahan pertinaks yang telah dibor berbentuk persegi sesuai dengan bentuk dan luas array, dimana logam pertinaks ini berfungsi sebagai isolator panas, sehingga energi panas yang mengalir dari sisi panas Alu-Dural menuju sisi dingin dapat diredam dan tidak merusak suhu spesifikasi maksimum dari TEG [4].

Proses pengukuran P_L dan R_{int} elemen TEG 10W-4V-40s

Pengukuran P_L dilakukan dengan memvariasikan T_c konstan pada suhu 30°C, dengan T_h bervariasi dari 40 °C sampai 80 °C, dan R_L dari 0 sampai 20 . Besarnya daya diperoleh diketahui melalui Persamaan 1 [5].

$$P_L = I_L^2 (R_{int} + R_L) \quad (1)$$

Nilai R_{int} di atas tersebut diperoleh dengan membandingkan tegangan *open circuit* (V_{oc}) terhadap arus beban I_L dan R_L seperti rangkaian yang terlihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Rangkaian pengukuran R_{int} elemen TEG.

Arus yang mengalir pada R_{int} dan R_L yang terhubung seri adalah konstan, sehingga besarnya nilai R_{int} dapat diketahui melalui persamaan 1 berikut [5].

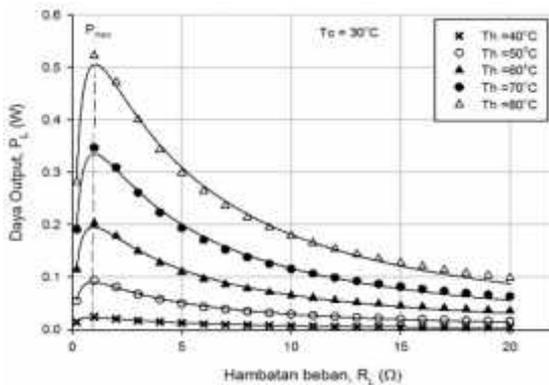
$$V_{oc} = V_L \quad (2)$$

$$V_L = I_L (R_{int} + R_L) \quad (3)$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan 3 ke Persamaan 2, maka nilai R_{int} dapat ditulis menjadi Persamaan 4 [5].

$$R_{int} = \frac{V_{oc}}{I_L} - R_L \quad (4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3. Hubungan daya output elemen TEG (P_L) terhadap variasi hambatan R_L untuk setiap perbedaan suhu (T) dengan $T_c = 30^\circ\text{C}$.

Daya output termoelektrik sangat bergantung pada perbedaan suhu di kedua sisi elemen TEG serta nilai hambatan beban (R_L).

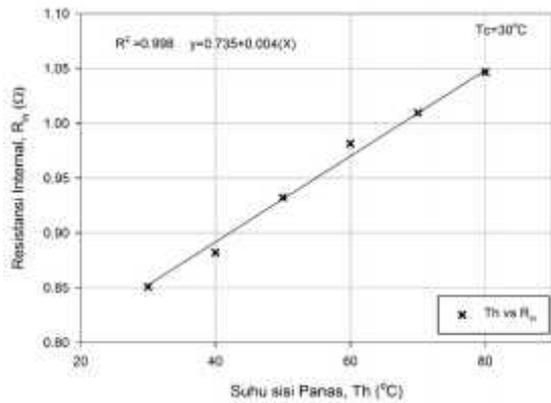
Semakin besar perbedaan suhu maka daya yang dihasilkan juga semakin besar dimana puncak daya maksimum diperoleh pada saat hambatan beban (R_L) sebanding dengan hambatan internal (R_{int}) elemen. Besarnya daya yang dihasilkan diperoleh melalui variasi T dan R_L seperti diperlihatkan pada Gambar 3 berikut.

Tabel 1. Nilai P_{max} elemen TEG untuk setiap kondisi T .

No.	T_h ($^\circ\text{C}$)	T_c ($^\circ\text{C}$)	T ($^\circ\text{C}$)	P_{max} (W)
1.	40		10	0.0245
2.	50		20	0.0939
3.	60	30	30	0.2029
4.	70		40	0.3472
5.	80		50	0.5229

Daya output (P_L) elemen termoelektrik bernilai maksimum pada saat $R_L=1$ atau pada saat beban minimum. Tabel 1 menjelaskan besarnya daya maksimum TEG untuk setiap kondisi T . Parameter P_L paling besar pada pengukuran ini terletak pada $T=50^\circ\text{C}$ dengan hambatan beban sebesar 1 Ω , setelah daya maksimum tercapai maka output TEG mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya nilai R_L . Daya output masih bisa bertambah jika T di kedua sisi elemen juga diperbesar namun hal ini sulit untuk dilakukan pada suhu tinggi dikarenakan Semakin tinggi T_h maka panas yang dapat menembus sisi dingin elemen (T_c) juga semakin besar. Selain itu kurva output TEG pada Gambar 3 tersebut memperlihatkan pergeseran puncak daya sebagai akibat dari pertambahan hambatan beban (R_L) dan hambatan internal (R_{int}) dari elemen TEG [6].

Hambatan internal (R_{int}) elemen TEG tipe 10W-4V-40s pada rentang suhu 30°C sampai 80°C berkisar dari 0.85 Ω sampai 1.043 Ω , seiring dengan bertambahnya T hambatan internal TEG juga bertambah. Hal ini menandakan bahwa elemen TEG tidak hanya bergantung pada T di kedua sisi modul saja, akan tetapi juga sangat bergantung kepada besarnya range suhu yang digunakan [7].



Gambar 4. Pengaruh suhu terhadap hambatan internal elemen TEG.

KESIMPULAN

Daya maksimum P_{max} pada T bervariasi berturut-turut dari $T=10^{\circ}\text{C}$, 20°C , 30°C , 40°C dan 50°C adalah 0.0245 W , 0.0939 W , 0.2029 W , 0.3472 W dan 0.5229 W pada saat $R_L=1$. Nilai hambatan internal R_{int} elemen TEG tidak konstan akan tetapi bergantung terhadap perbedaan dan rentang suhu yang digunakan, nilai R_{int} maksimum diperoleh sebesar 1.043 dengan $T=50^{\circ}\text{C}$.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sekretariat Perusahaan PT PLN. (2013). *Statistik PLN 2013*. Jakarta: Persero.
2. Energy Information Administration (EIA). (2016). *International Energy Outlook (IEO)*, Washington, DC: U.S. Department of Energy.
3. Arman, M. (2010). *Simple Demonstration of the Seebeck Effect*, The Petroleum institute, abu dhabi, united emirates, Science Education Review.
4. Adli, W., Walfred, T., Defrianto, & Umar, L. (2016). Simulasi 3 Dimensi Distribusi Panas Plat Knalpot Mobil untuk Elemen Termoelektrik. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **13**, 793-800.
5. O'Hanley, H. (2009). *Performance of a Stove Mounted Thermoelectric Generator*, Measurement and Instrumentation, MIT, USA.
6. Tambunan, W., Umar, L., & Fuji, D. (2015). Pengembangan dan Optimalisasi Elemen Peltier Sebagai Generator Termal Memanfaatkan Energi Panas Terbuang. *Komunikasi Fisika Indonesia*. **12**, 720-726.
7. Thacher, E. F., Helenbrook, B. T., Karri, M. A., & Ritcher, C. J. (2007). Testing of an Automobile Exhaust Thermoelectric Generator in a Light Truck. *Proc. IMECH E, Part D: J. Automobile Engineering*, **221** (1), 95-107.