

PENGUJIAN *THERMOELECTRIC GENERATOR* (TEG) DENGAN SUMBER KALOR *ELECTRIC HEATER* 60 VOLT MENGGUNAKAN AIR PENDINGIN PADA TEMPERATUR LINGKUNGAN

Nugrah Suryanto¹, Azridjal Aziz², Rahmat Iman Mainil³

Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau,
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia

¹nugrahsuryanto5@gmail.com, ²azridjal@yahoo.com, ³rahmat.iman@gmail.com

ABSTRACT

Thermoelectric is a phenomena to convert from temperature difference into electrical energy that can be called Thermoelectric Generator (TEG) or from electrical energy into temperature difference that is called Thermoelectric Cooling (TEC). The Thermoelectric Generator (TEG) principle is known as the seebeck effect, while the Thermoelectric Cooling (TEC) principle is known as peltier effect. The purpose of this research to determine the effect of thermoelectric module number on maximum power, maximum voltage and maximum efficiency. This research uses thermoelectric module, type TEG SP 1848. The cold side of thermoelectric module uses water at ambient temperature with flow rate 1.7 liter / minute. With a input voltage regulator of 60 V to heat the electric heater. From the test using 1 module, 2 module, 3 module, and 4 module thermoelectric type TEG SP 1848, the maximum voltage of 0.39 V, 0.47 V, 0.54 V, and 0.62 V, the maximum power generated of 0.032 W, 0.082 W, 0.164 W, and 0.272 W and the maximum efficiency of 0.36%, 0.42%, 0.92%, and 1.30%. The more number of thermoelectric modules used during the test, the resulting voltage, power and efficiency will increase.

Keywords : thermoelectric generator, seebeck effect

1. Pendahuluan

Energi panas merupakan energi yang dapat dengan mudah dijumpai dalam kehidupan kita sehari hari, mulai dari panas yang disediakan oleh alam yaitu dari panas matahari, panas yang berasal dari reaksi kimia, maupun panas yang dihasilkan oleh gesekan permesinan. Apabila energi panas tersebut dapat dikonversikan ke dalam bentuk energi listrik tentunya akan dapat membantu memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat.

Berikut merupakan penelitian lain yang memanfaatkan modul *thermoelectric* sebagai sumber energi listrik. Wirawan 2012 [1] melakukan penelitian menggunakan *heat pipe* pada sisi dingin modul *thermoelectric* dengan susunan rangkaian seri 8 buah modul *thermoelectric*, diperoleh tegangan maksimal sebesar 15,6 V. Daya yang dihasilkan sebesar 2,4 W dengan menggunakan resistor 100 Ω sebagai beban.

Eakburanawat 2006 [2] melakukan penelitian dengan mengembangkan *battery charger* berbasis *thermoelectric*. Sistem yang dikembangkan menghasilkan daya maksimum sebesar 7,99 W.

Nuwayhid dkk 2005 [3] meneliti mengenai bagaimana mengembangkan dan menguji

pembangkit *thermoelectric* pada tungku api tradisional di Libanon dengan menggunakan konveksi bebas pada sisi *thermoelectric* yang menghasilkan daya sebesar 4,2 W.

Nandy dkk 2009 [4] melakukan penelitian dengan menggunakan pemanas/*heater* yang divariasikan tegangannya, yaitu 110 V dan 220 V. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan 12 elemen *thermoelectric* yang disusun secara seri dengan tegangan pemanas 220 V, dapat menghasilkan daya output maksimum 8,11 W dengan perbedaan temperatur rata-rata 42,82 $^{\circ}\text{C}$.

Sugiyanto 2014 [5] melakukan penelitian menggunakan dua tipe kompor gas LPG sebagai sumber panas dan dua tipe modul *thermoelectric* yang berbeda dengan pendinginan secara alami. Pengujian dengan kompor gas LPG RI-551A, nilai tegangan dan arus mencapai 2,69 V, 0.12 A lebih kecil dibandingkan menggunakan TEG 126-40A yang mencapai 3,59 V dan 0.34 A. Sedangkan nilai tegangan dan arus yang dibangkitkan TEG 127-40A pada kompor gas LPG RI-300 HP mencapai 3,77 V dan 0,39 A, masih lebih kecil dibandingkan menggunakan TEG126-40 A.

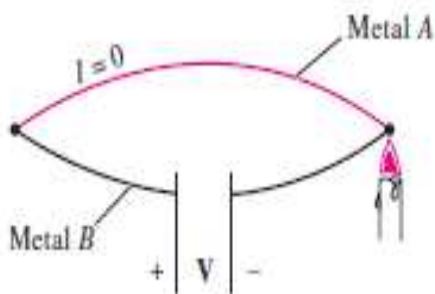
Andrapica 2015 [6] melakukan penelitian dengan menggunakan 4 modul *thermoelectric*

generator (TEG SP 1848) dan *thermoelectric cooler* (TEC 12706) dengan pendinginan menggunakan air pada temperature 10 °C, daya maksimum yang dihasilkan sebesar 3,9 Watt dan 4,594 Watt dan efisiensi maksimum sebesar 3,09 % dan 3,5 % [6].

Rafika 2016 [7] juga melakukan penelitian dengan menggunakan 4 modul *thermoelectric generator* (TEG SP 1848) dan *thermoelectric cooler* (TEC 12706) dengan pendinginan menggunakan udara, daya maksimum yang dihasilkan sebesar 0,609 Watt dan 0,767 Watt, efisiensi maksimum sebesar 1,643 % dan 1,933 %.

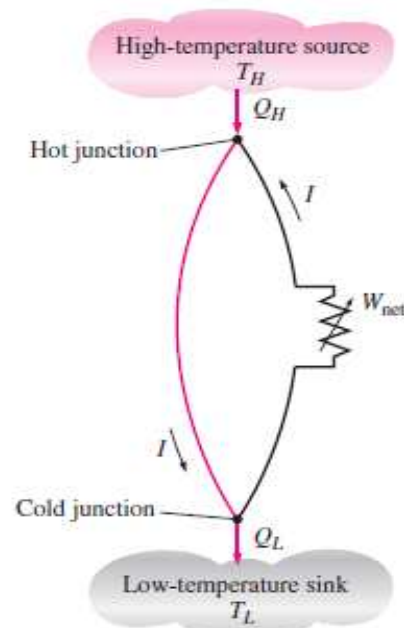
Gas buangan yang dihasilkan mesin dengan suhu yang tinggi dapat mengurangi efisiensi kerja suatu mesin, sehingga alangkah lebih baiknya gas buangan yang bersuhu tinggi tersebut dapat dimanfaatkan kembali sebagai sumber energi listrik. Teknologi *thermoelectric* dapat menjadi salah satu alternatif dalam memanfaatkan energi panas yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik sebagai energi alternatif dalam menanggulangi krisis energi dari tahun ketahun [8].

Thermoelectric Generator (TEG) bekerja menggunakan Efek *Seebeck* yang ditemukan oleh Johan Seebeck pada tahun 1821 [9]. Prinsip kerja efek *Seebeck* yaitu jika dua buah material logam semi konduktor yang tersambung berada pada lingkungan dengan temperatur yang berbeda maka material tersebut akan mengalirkan gaya gerak listrik. Prinsip kerja efek *seebeck* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Efek *Seebeck* [10]

Thermoelectric Cooler (TEC) bekerja berdasarkan Efek *Peltier* yang ditemukan oleh Jean Charles Peltier (1785-1845) pada tahun 1834 [9]. Peltier menemukan bahwa apabila arus listrik melalui dua material semikonduktor yang berbeda, maka panas akan diserap pada satu sisi dan dilepaskan pada sisi lainnya. Prinsip kerja efek *peltier* dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Efek *peltier* [10]

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah modul *thermoelectric* terhadap daya, tegangan, dan efisiensi maksimum pada sumber kalor *electric heater* 60 V dan laju aliran air 1,7 liter/menit.

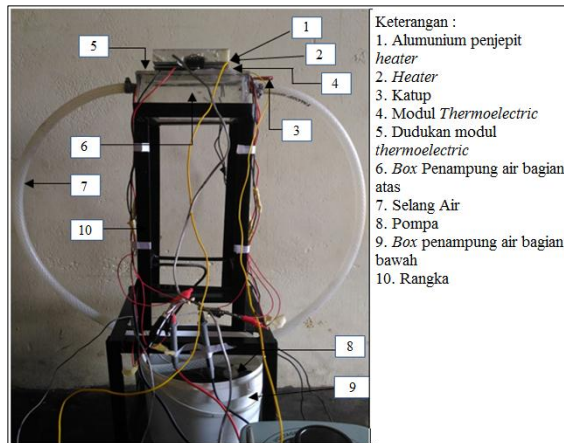
2. Bahan Dan Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Pengujian alat dilakukan di Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau dan dilakukan pengolahan data yang diperoleh dari hasil pengujian secara matematis. Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Air pada temperatur lingkungan sebagai media pendinginan
2. *Thermoelectric* tipe TEG SP 1848
3. *Voltage regulator* dengan input tegangan 60 V untuk memanaskan *heater* sebagai media pemanas.
4. Data akuisisi TC-08 dan Termokopel yang digunakan sebagai alat untuk mengukur temperature
5. *Multimeter* digital yang digunakan untuk mengukur tegangan dan kuat arus
6. Pompa aquarium yang digunakan untuk mensirkulasikan air sebagai media pendinginan.

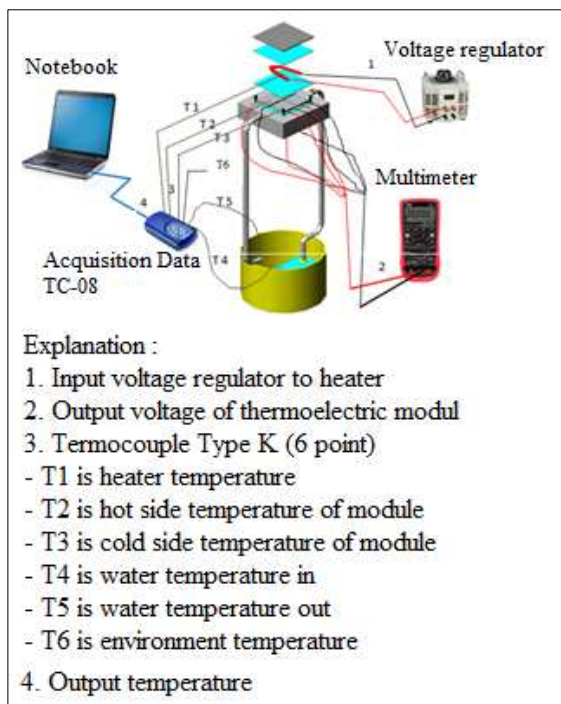
Pengujian dilakukan dengan memvariasikan jumlah modul *thermoelectric*, dengan menggunakan 1 modul, 2 modul, 3 modul dan 4 modul *thermoelectric*.

Adapun alat uji *thermoelectric generator* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Alat uji *thermoelectric generator* [7]

Sedangkan instalasi alat uji *thermoelectric generator* dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Instalasi alat uji *thermoelectric generator* [7]

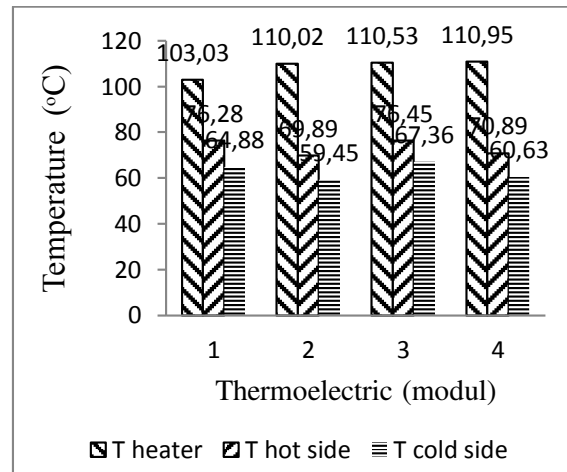
Langkah pengambilan data *thermoelectric generator* sebagai berikut:

1. Siapkan semua alat uji
2. Memasang modul *thermoelectric* tipe TEG SP 1848 pada alat pengujian
3. Memasang *heater* pada alat bantu uji *thermoelectric generator*
4. Memasang termokopel pada tiap titik yang akan diukur

5. Memompakan air dari box penampungan bagian bawah ke box penampungan bagian atas pada alat uji *thermoelectric generator*
6. Tegangan input *heater* 60 V
7. Pengambilan data temperatur, daya dan tegangan output dilakukan dalam rentang waktu 30 menit

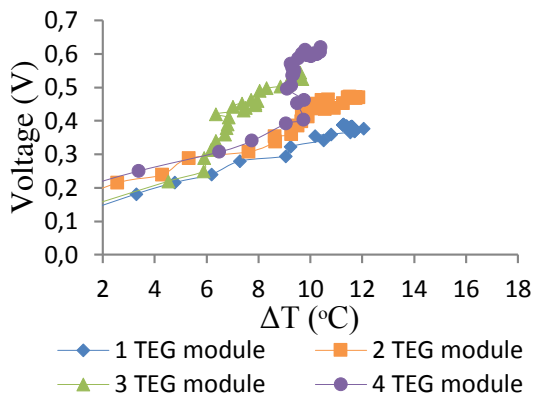
3. Hasil Dan Pembahasan

Pengujian dengan menggunakan 1 modul TEG SP 1848 s.d 4 modul TEG SP 1848 temperatur yang dihasilkan memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Dapat dilihat pada Gambar 5 merupakan perubahan temperatur terhadap jumlah modul *thermoelectric* tipe TEG SP 1848 pada *voltage regulator* 60 V dan laju aliran 1,7 liter/menit selama 30 menit. Temperatur *heater* maksimum sebesar 110,95 °C. Temperatur sisi panas sebesar 76,45 °C, kemudian maksimum temperatur sisi dingin modul *thermoelectric* sebesar 67,36 °C



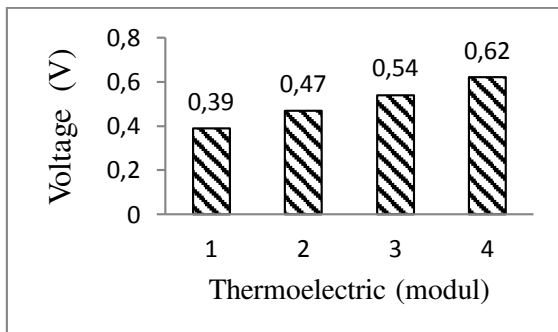
Gambar 5. Perbandingan temperature dengan jumlah modul *thermoelectric* tipe TEG SP 1848

Pada Gambar 6 merupakan perubahan tegangan yang dihasilkan dengan menggunakan *thermoelectric* tipe TEG SP 1848 pada input tegangan dari *voltage regulator* sebesar 60 V dan laju aliran 1,7 liter/menit. Dengan menggunakan 1 modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,390 V pada delta temperatur 11,27 °C, selanjutnya dengan 2 modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum sebesar 0,472 V pada delta temperatur 11,53 °C. Kemudian dengan 3 modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum sebesar 0,545 V pada delta temperatur 9,60 °C dan dengan 4 modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,620 V pada delta temperatur 10,40 °C.



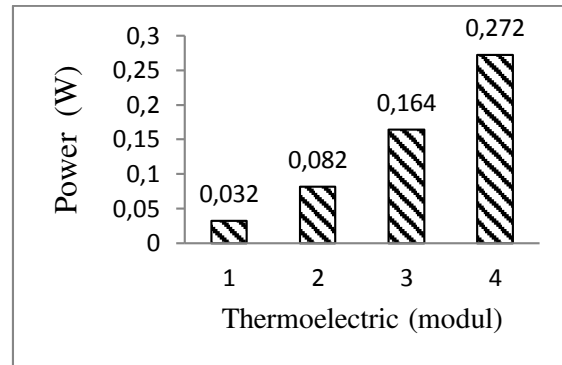
Gambar 6. Perubahan tegangan terhadap delta temperatur *thermoelectric* tipe TEG SP 1848

Pada Gambar 7 dapat dilihat perbandingan jumlah modul *thermoelectric* terhadap tegangan yang dihasilkan pada input *voltage regulator* 60 V laju aliran 1,7 liter/menit. Pada tegangan input *voltage regulator* 60 V, dengan menggunakan 1 modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,390 V, dengan menggunakan 2 modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,47 V, dengan menggunakan 3 modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,54 V, dengan menggunakan 4 modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,62 V



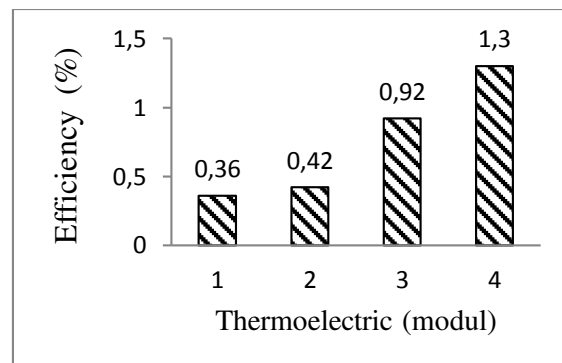
Gambar 7. Perbandingan tegangan dengan jumlah modul *thermoelectric* tipe TEG SP 1848

Pada Gambar 8 dapat dilihat perbandingan jumlah modul *thermoelectric* terhadap daya yang dihasilkan pada input *voltage regulator* 60 V laju aliran 1,7 liter/menit. Pada tegangan input *voltage regulator* 60 V, dengan menggunakan 1 modul TEG SP 1848 daya maksimum yang dihasilkan sebesar 0,032 W, dengan menggunakan 2 modul TEG SP 1848 daya maksimum yang dihasilkan sebesar 0,082 W, dengan menggunakan 3 modul TEG SP 1848 daya maksimum yang dihasilkan sebesar 0,164 W, dengan menggunakan 4 modul TEG SP 1848 daya maksimum yang dihasilkan sebesar 0,272 W.



Gambar 8. Perbandingan daya dengan jumlah modul *thermoelectric* tipe TEG SP 1848

Pada Gambar 9 dapat dilihat perbandingan jumlah modul *thermoelectric* terhadap efisiensi yang diperoleh pada input *voltage regulator* 60 V laju aliran 1,7 liter/menit. Pada tegangan input *voltage regulator* 60 V, dengan menggunakan 1 modul TEG SP 1848 efisiensi yang diperoleh sebesar 0,36 %, dengan menggunakan 2 modul TEG SP 1848 efisiensi yang diperoleh sebesar 0,42 %, dengan menggunakan 3 modul TEG SP 1848 efisiensi yang diperoleh sebesar 0,92 %, dengan menggunakan 4 modul TEG SP 1848 efisiensi yang diperoleh sebesar 1,3 %.



Gambar 9. Perbandingan efisiensi dengan jumlah modul *thermoelectric* tipe TEG SP 1848

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian dan analisa terhadap alat uji *thermoelectric generator* maka dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Semakin banyak jumlah modul *thermoelectric*, maka tegangan, daya dan efisiensi meningkat.
2. Tegangan *input voltage regulator* 60 V dengan laju aliran 1,7 liter/menit, Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan menggunakan 1 modul, 2 modul, 3 modul, dan 4 modul *thermoelectric*, tegangan maksimum yang dihasilkan sebesar 0,39 V, 0,47 V, 0,54 V, dan 0,62 V, daya maksimum yang dihasilkan sebesar 0,032 W, 0,082 W, 0,164 W, dan 0,272 W dan efisiensi

maksimum sebesar 0,36 %, 0,42 %, 0,92 %, dan 1,30 %.

3. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada dosen pembimbing dan seluruh dosen jurusan Teknik Mesin, serta Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau yang telah memberikan fasilitas pendukung sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

4. Daftar Pustaka

- [1] Wirawan, R. 2012. Analisa Penggunaan *Heat Pipe* pada *Thermoelectric Generator*. Skripsi. Teknik Mesin. FT-UI.
- [2] Eakburanawat, J. dan. I. Boonyaroonate, 2006. *Development of a thermoelectric batter-charger with microcontroller-based maximum power point tracking technique*, *J. Appl. Energy*, 83/7, 687-704.
- [3] Nuwayhid, R.Y, A. Syihadeh. dan. N. Ghaddar. *Development ad Testing of a Domestic Woodstove Thermoelectric Generator with Natural Convection Cooling*. *Energy Conversion and Management* 46 (2005) 1631–1643.
- [4] Nandy. P, R.A Koestor, M. Adhitya, A. Roekettino, dan B. Trianto. 2009. Potensi Pembangkit Daya *Thermoelectric* Untuk Kendaraan Hibrid. *Jurnal Makara Teknologi*. Vol.13, No.2.,53-58.
- [5] Sugiyanto. dan. S. Siswanto. 2014. Pemanfaatan Panas Pada Kompor Gas LPG Untuk Pembangkit Energi Listrik Menggunakan *Generator Thermoelectric*: *Jurnal Teknologi*. Vol.7, No. 2:100-105.
- [6] Andrapica, Gontor. 2015. Pengujian *Thermoelectric Generator* (TEG) Sebagai Pembangkit Listrik Dengan Sisi Dingin Menggunakan Air Bertemperatur 10 °C. *Jurnal Sains Dan Teknologi* 14(2) : 45-50.
- [7] Rafika, Hasra. 2016. Kaji Eksperimental Pembangkit Listrik Berbasis *Thermoelectric Generator* (TEG) Dengan Pendinginan Menggunakan Udara. *Jurnal Sains Dan Teknologi* 15(1) : 7-11.
- [8] Salfianti, R. 2013. Termoelektrik. [Online], <http://riskasalfianti92.blogspot.co.id/termoel ektrik.html>, (diakses 25 April 2017).
- [9] Min. G & D.M. Roe, 1994, “*Handbook of Thermoelectric, Peltier devices as generator*”, CRC Press LLC, Florida.
- [10] Cengel, Y.A. 2005. *Thermodynamics an Engineering Approach 5th Edition*. Mc.Graw Hill, Amerika.