

## ANALISIS VARIASI LUASAN *HEATSINK* TERHADAP UNJUK KERJA MODUL GENERATOR TERMOELEKTRIK (TEG) MEMANFAATKAN PANAS BUANGAN KONDENSOR KULKAS

Yudha Wiradika<sup>1</sup>, Nasrul Ilminnafik<sup>2</sup>, Salahuddin Junus<sup>2</sup>, Intan Hardiatama<sup>2</sup>,  
M Dimiyati Nashrullah<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

<sup>2</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

Email: [Yudhawiradika@gmail.com](mailto:Yudhawiradika@gmail.com)

### ABSTRACT

*Heat energy is generally only used by humans for heating an object and then heat wastefully into the environment without being converted into other energy. This study aims to find out how to utilize waste heat from 6U type refrigerator condensers by using thermoelectric generator modules. This study uses an experimental method that is used to compare the performance of a thermoelectric generator to convert waste heat from a condenser to a variation of 120cm<sup>2</sup>, 96cm<sup>2</sup>, and 72cm<sup>2</sup> heatsink area. In the study taken every 5 minutes for 2 hours this results in a declining value. The variation of the 120cm<sup>2</sup> heatsink area produces a temperature difference of 12.4°C - 9.4°C, the output power is 0.00119 Watts - 0.00072 Watts, and produces an efficiency of 0.014% - 0.011%. In testing the variation of 96cm<sup>2</sup> heatsink area, it produces a temperature difference of 8.1°C - 5.3°C, the output power is 0,00055 Watt - 0,00025 Watt, and produces an efficiency of 0,010% - 0,007%. In testing the variation of the 72cm<sup>2</sup> heatsink area it produces a temperature difference of 6.9°C - 4.5°C, the output power is 0,00042 Watts - 0,00019 Watts, and produces an efficiency of 0.009% - 0.006%. Of the three variations of the heatsink area that have been tested, the variation of the 120cm<sup>2</sup> heatsink area produces the best results compared to other heatsink area variations.*

*Keywords: Thermoelectric Generator (TEG), Condenser Waste Heat, Heatsink*

### PENDAHULUAN

Energi panas adalah suatu energi yang sangat sering sekali ditemui oleh khalayak umum. Dengan adanya energi panas, masyarakat dapat menggunakannya untuk menaikkan suhu suatu benda atau alat. Pada umumnya energi panas dipergunakan untuk memanaskan benda - benda lalu setelah itu energi panas terbuang percuma tanpa bisa diubah lagi menjadi energi lainnya. Seiring dengan kebutuhan energi yang terlampaui tinggi, timbul pemikiran untuk memanfaatkan energi panas buangan untuk dikonversi lagi menjadi energi lain seraya untuk mengurangi pemanasan global. Perkembangan teknologi terbaru yang dimaksud merujuk kepada pemanfaatan suatu perangkat *solid-state* untuk menghasilkan energi listrik dari suatu limbah panas yang terbuang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa modul termoelektrik untuk memanfaatkan limbah panas (Yilbas & Sahin, 2014).

Generator termoelektrik (TEG) merupakan suatu perangkat generator *mini* yang dapat mengubah energi panas menjadi energi listrik dengan memanfaatkan beda temperatur. Termoelektrik memiliki prinsip kerja yang dasarnya berpacu terhadap efek *Seebeck* dimana kalau ada 2 jenis logam semikonduktor yang jenisnya beda dan disatukan pada tiap ujungnya dan diberi suhu yang berbeda pada sambungan tersebut maka akan terjadi perbedaan tegangan pada ujung satu dan yang lain (Muhaimin, 2007). Pada setiap pemasangan modul

(TEG), biasanya selalu terdapat *heatsink* yang memiliki fungsi sebagai pelepas kalor menuju lingkungan yang menjadikan perbedaan temperatur yang dihasilkan akan semakin tinggi. Semakin luas *heatsink* yang digunakan, maka semakin besar tegangan yang dihasilkan (Date et al., 2014).

Penelitian ini menggunakan sumber panas buangan kondensor. Kondensor pada kulkas memiliki fungsi sebagai alat penular kalor. Kondensor juga berperan dalam penurunan suhu pada *refrigerant* serta proses perubahan fasa dari gas menuju cair. Untuk mencapai proses tersebut, kondensor akan membuang panas ke lingkungan [4]. Semakin pendek jalur yang dilalui *refrigerant* pada saat di kondensor, maka semakin besar panas yang dibuang ke lingkungan (Arumsari et al., 2017).

Pada penelitian terdahulu dalam pemanfaatan limbah panas buangan dari kondensor AC dengan perbedaan temperatur 34°C menghasilkan tegangan sebesar 3,14 Volt (Ryanurago et al., 2013). Pada penelitian lain yang memanfaatkan panas dari air yang menguap yang dipanaskan oleh heater dengan variasi modul TEG yang dirangkai secara seri, paralel dan casade dengan rata - rata perbedaan temperatur yang diperoleh 37°C menghasilkan efisiensi sebesar 0,3% (Hermawan, 2017). Efisiensi yang diperoleh modul generator termoelektrik (TEG) adalah 4-8%. Oleh sebab itu, modul

TEG dianggap sebagai pembangkit listrik secara kecil (*Powerchips Technology Corporation*, 2019). Pada penelitian lain mengenai generator termoelektrik (TEG) kolektor surya menghasilkan efisiensi 7,6% hingga 8,4% [9](Khasee et al., 2013).

**METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini meliputi dua kegiatan utama yaitu pembuatan dan pengujian. Untuk pembuatan dan pengujian keduanya dilakukan di Laboratorium Konversi Energi II Fakultas Teknik, Universitas Jember pada bulan Oktober 2018 – November 2018.

Pada penelitian ini, tujuannya untuk menganalisa nilai daya *output*, serta efisiensi dari modul generator termoelektrik (TEG) terhadap panas buangan kondensor tipe 6U. Pada penelitian ini variasi yang digunakan adalah variasi luasan *heatsink* yang diletakkan pada sisi dingin modul generator termoelektrik (TEG) dengan ukuran 120 cm<sup>2</sup>, 96 cm<sup>2</sup>, dan 72 cm<sup>2</sup>.

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

- a. *Refrigerator*
- b. Generator termoelektrik tipe SP 1848 - 27145 SA
- c. Termokopel
- d. Multimeter
- e. *Refrigerant* LPG 3 kg
- f. Pasta termal
- g. Mesin vakum
- h. Kondensor tipe 6U
- i. Potensiometer
- j. Data logger
- k. *Polystyrene* (gabus penyimpanan ikan)

**Prosedur Pengujian**

- a) Mempersiapkan bahan dan alat yang digunakan untuk penelitian.
- b) Memastikan rangkaian komponen generator termoelektrik (TEG) sudah sesuai pada rancangan.
- c) Memastikan multimeter dan termokopel telah terpasang dengan benar pada daerah – daerah yang sesuai pada rancangan.
- d) Menjalankan sistem pada generator termoelektrik (TEG) dan mengambil data berupa temperatur, arus, tegangan, dan daya listrik yang dihasilkan oleh sistem.
- e) Melakukan pengulangan percobaan dengan melakukan pengambilan data sebanyak tiga kali.
- f) Melakukan pengumpulan total data yang telah dihasilkan pada keseluruhan variasi penelitian.
- g) Mengambil perhitungan serta mengambil kesimpulan dari penelitian tersebut.

Dari data yang didapat selanjutnya akan diolah menjadi nilai prestasi mesin pendingin. Berikut persamaan yang digunakan:

Efek *Seebeck* dimana kalau ada 2 jenis logam semikonduktor yang jenisnya beda dan disatukan pada tiap ujungnya dan diberi suhu yang berbeda pada sambungan tersebut maka akan terjadi perbedaan tegangan pada ujung satu dan yang lain.

$$V = \alpha_{pn}(T_h - T_c) \tag{1}$$

Di mana:

- V = GGL termal *Seebeck* (V)
- S = Koefisien *Seebeck* (V/°C)
- T<sub>h</sub> = Temperatur panas (°C)
- T<sub>c</sub> = Temperatur dingin (°C)

Suatu energi listrik yang mengalir per satuan waktu disebut juga dengan daya listrik. Pada Persamaan 2, kita dapat menentukan besarnya daya listrik yang dihasilkan.

$$P = V \times I \tag{2}$$

Dimana:

- P = Daya listrik (J/s)
- I = Arus listrik (Ampere)
- V = Tegangan (Volt)

Selanjutnya adalah menentukan nilai efisiensi pada modul generator termoelektrik (TEG). Persamaan 3 menjelaskan mengenai perhitungan efisiensi maksimal dari modul generator termoelektrik (TEG).

$$\eta = \left(1 - \frac{T_c}{T_h}\right) \frac{\sqrt{1+Z T_m}-1}{\sqrt{1+Z T_m} + \frac{T_h}{T_c}} \times 100\% \tag{3}$$

Dimana:

- Z = *Figure of Merit*
- T<sub>c</sub> = Temperatur sisi dingin modul TEG (°C)
- T<sub>h</sub> = Temperatur sisi panas modul TEG (°C)
- T<sub>m</sub> = Temperatur rata – rata T<sub>c</sub> dan T<sub>h</sub> (°C)

*Figure of Merit* dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 4 berikut:

$$Z = \frac{\sigma S^2}{k} \quad (4)$$

Dimana:

$Z$  = *Figure of merit*

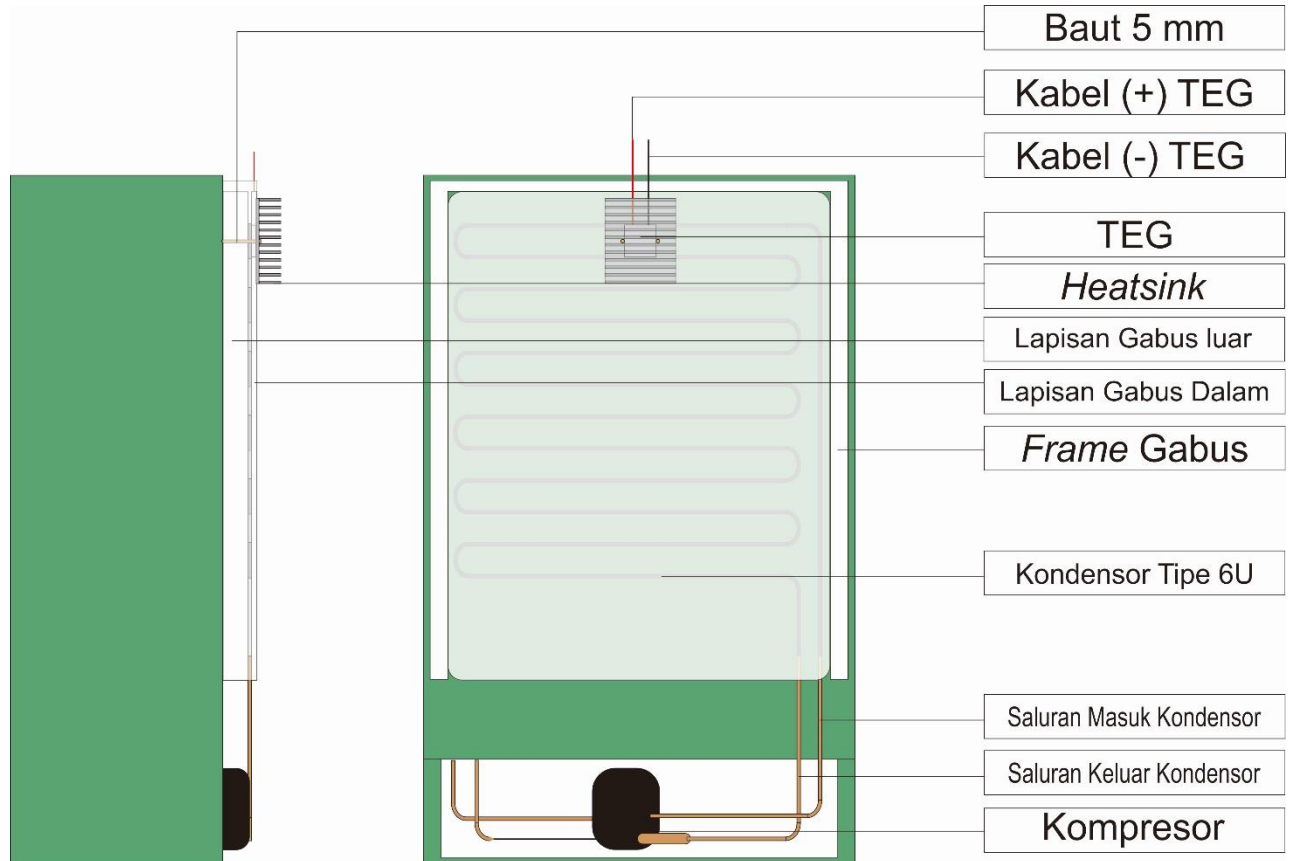
$\sigma$  = Konduktivitas elektrik bahan ( $\Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$ )

$S$  = Koefisien *Seebeck* ( $\text{V}/^\circ\text{C}$ )

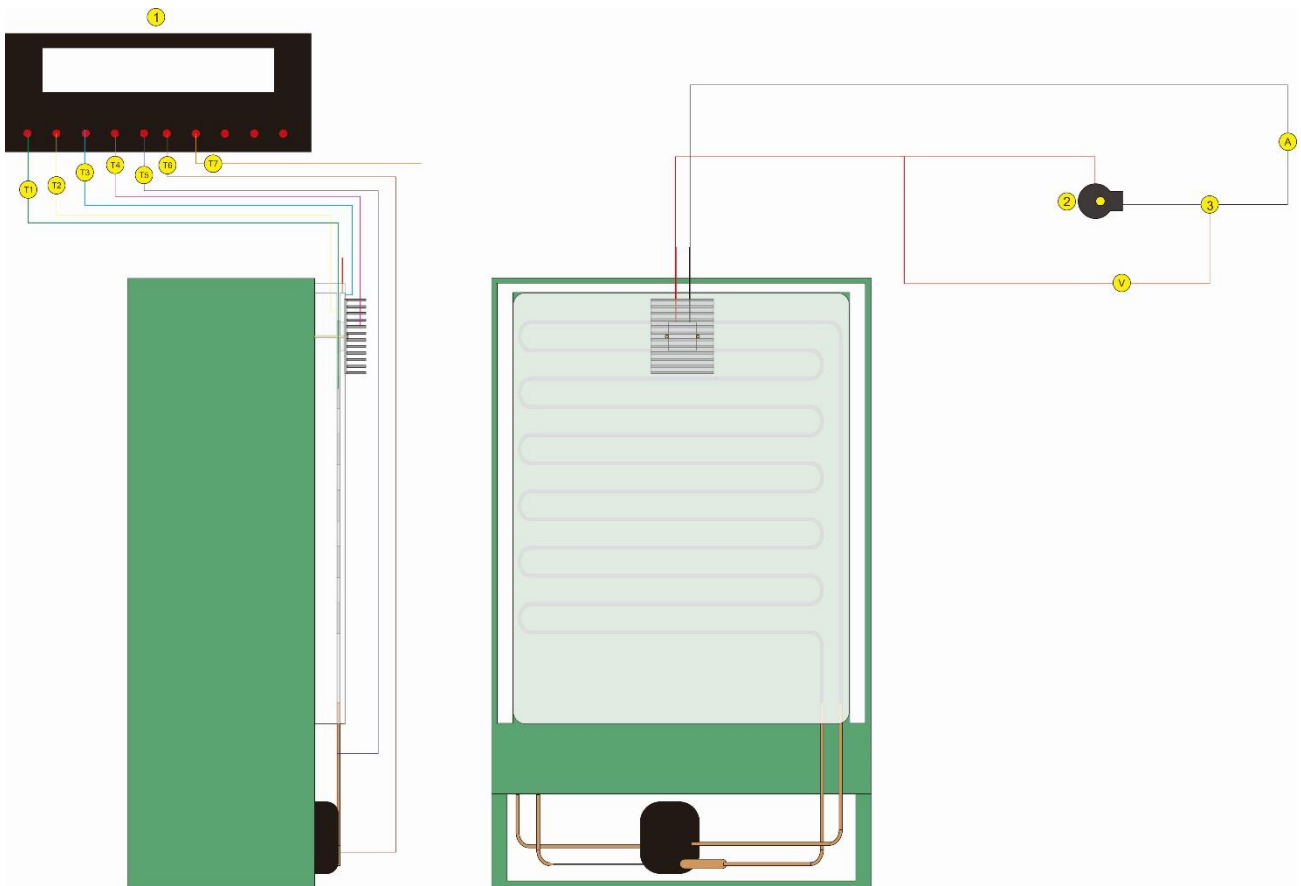
$k$  = Konduktivitas thermal bahan ( $\text{W}/\text{m } ^\circ\text{C}$ )

Koefisien *Seebeck* ( $S$ ) dihasilkan dari pembagian antara tegangan yang dihasilkan ( $\Delta V$ ) dibagi dengan beda temperatur antara sisi panas dan sisi dingin modul generator termoelektrik ( $\Delta T$ ). Koefisien *Seebeck* dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 5 berikut:

$$S = \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad (5)$$



Gambar 1 Desain alat yang akan digunakan untuk penelitian



Gambar 2 Titik - titik pengukuran untuk mencari nilai temperatur dan tegangang selama penelitian

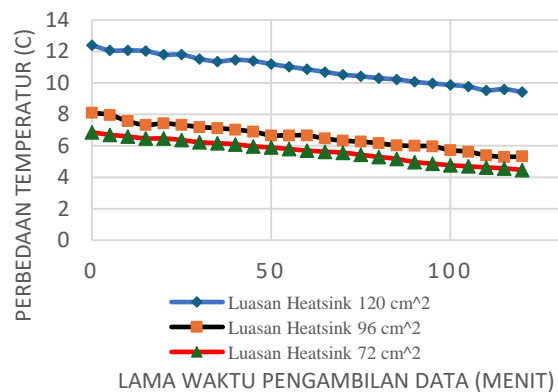
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengambilan data dilakukan setiap 5 menit sekali selama 120 menit sebanyak 3 kali pengulangan pada tiap variasi, sehingga didapatkan nilai rata – rata data dari setiap variasinya. Variasi yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi luasan *heatsink* 120 cm<sup>2</sup>, 96 cm<sup>2</sup>, dan 72 cm<sup>2</sup>.

Data yang sudah didapat selanjutnya akan diolah sehingga sesuai dari tujuan penelitian. Selanjutnya data – data tersebut akan disajikan dalam bentuk grafik yang dijelaskan sebagai berikut:

#### Analisa Perbedaan Temperatur Modul TEG

Perbedaan temperatur ( $\Delta T$ ) dihasilkan dari pengurangan antara temperatur pada sisi panas modul generator termoelektrik ( $T_h$ ) dan dikurangi dengan temperatur pada sisi dingin modul generator termoelektrik ( $T_c$ ). Hasil pengujian perbedaan temperatur pada keseluruhan variasi luasan *heatsink* dimana Var I adalah variasi luasan *heatsink* 120 cm<sup>2</sup>, Var II adalah variasi luasan *heatsink* 96 cm<sup>2</sup>, dan Var III adalah variasi luasan *heatsink* 72 cm<sup>2</sup>. Variasi tersebut akan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Perbandingan perbedaan temperatur terhadap waktu

Gambar 3 menunjukkan perbandingan antara perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin modul ( $T_h-T_c$ ) terhadap lama waktu pengujian ( $t$ ) terhadap ketiga variasi luasan *heatsink*. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa keseluruhan variasi luasan *heatsink* terus mengalami penurunan mulai dari menit 0 sampai menit 120. Dari pengujian yang dilakukan terhadap keseluruhan variasi luasan *heatsink* 120 cm<sup>2</sup> menghasilkan perbedaan temperatur tertinggi yang terus menurun pada temperatur 12 °C menjadi 9 °C, sedangkan pengujian pada luasan *heatsink* 72 cm<sup>2</sup>

menghasilkan perbedaan temperatur paling rendah yang terus menurun dari 7 °C menjadi 4 °C. Hal ini menunjukkan jika penambahan luasan *heatsink* pada sisi dingin modul generator termoelektrik akan mempengaruhi perpindahan panas secara konveksi (Holman & Jasjfi, 1984). Oleh karena itu digunakan Persamaan konveksi dimana:

Persamaan Konveksi:  

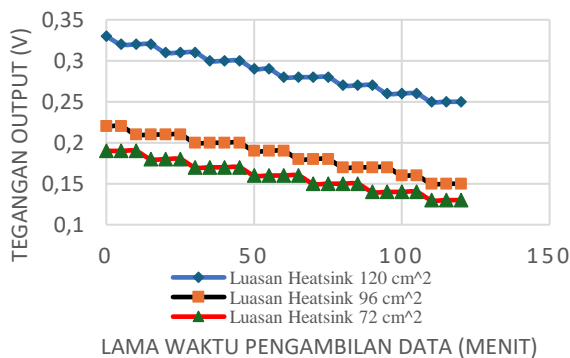
$$q = h A \Delta T$$

Sesuai dengan Persamaan Konveksi, bahwa luasan suatu bidang (A) yang teralirkan panas akan sebanding nilainya dengan panas yang dipindahkan (q). Semakin besar luas permukaan *heatsink*, maka semakin besar pula panas yang terbuang menuju lingkungan. Besarnya nilai kalor yang terbuang ke lingkungan inilah yang menyebabkan pada sisi dingin modul generator termoelektrik menjadi rendah sehingga perbedaan temperatur pada kedua sisi modul generator termoelektrik menjadi tinggi (Holman & Jasjfi, 1984).

**Analisa Output Modul TEG**

1. Analisa Tegangan Output (V)

Pebedaan temperatur yang terjadi pada modul generator termoelektrik akan menghasilkan Efek *Seebeck* yang menyebabkan terjadinya tengangan output dari modul termoelektrik generator (Lachish, 2017). Pada Gambar 4 menunjukkan grafik yang diperoleh dari pengujian yang telah dilakukan dari ketiga variasi luasan *heatsink*.



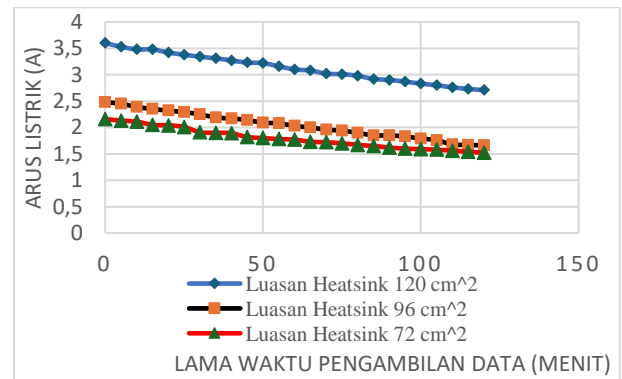
Gambar 4 Grafik tegangan *output* terhadap waktu pengambilan data

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa tegangan *output* pada keseluruhan variasi luasan *heatsink* mengalami penurunan pada menit 0 sampai menit 120. Pada pengujian terhadap luasan *heatsink* 120 cm<sup>2</sup> diperoleh hasil tegangan *output* terbesar yang nilainya menurun dari 0,33 Volt menjadi 0,25 Volt, sedangkan pada pengujian terhadap luasan *heatsink* 72 cm<sup>2</sup> diperoleh hasil tegangan *output* terendah yang nilainya menurun dari 0,22 Volt menjadi 0,19 Volt. Sesuai dengan Persamaan 2.1 mengenai efek *seebeck*, dimana perbedaan temperatur ( $\Delta T$ ) berbanding lurus dengan besarnya tegangan (V) yang dihasilkan oleh modul generator termoelektrik. Jadi semakin tinggi perbedaan

temperatur yang didapatkan modul generator termoelektrik, maka semakin tinggi tegangan *output* yang diperoleh (Lachish, 2017).

2. Analisa Keluaran Arus (I)

Untuk menghasilkan arus listrik, tegangan *output* memerlukan hambatan. Pada penelitian ini, hambatan yang digunakan adalah potensiometer. Potensiometer adalah alat yang digunakan untuk mengatur nilai hambatan. Potensiometer pada penelitian ini diatur konstan senilai 80,5  $\Omega$  dan dilakukan pada seluruh variasi pengujian. Pada Gambar 5 menunjukkan grafik yang diperoleh dari pengujian yang telah dilakukan.



Gambar 5 Arus yang dihasilkan terhadap waktu pengambilan data

Dari Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai arus yang dihasilkan pada menit 0 sampai menit 120 terus mengalami penurunan. Pada pengujian terhadap luasan *heatsink* 120 cm<sup>2</sup> arus yang diperoleh besarnya turun dari 3,6 mA sampai 2,7 mA adalah hasil yang paling tinggi, sedangkan pada pengujian terhadap luasan *heatsink* 72 cm<sup>2</sup> arus yang diperoleh besarnya turun dari 2,2 mA sampai 1,6 mA adalah hasil yang paling rendah. Berdasarkan dengan hasil yang ada, maka sesuai dengan rumus mencari nilai tegangan dimana:

$$V = I \times R$$

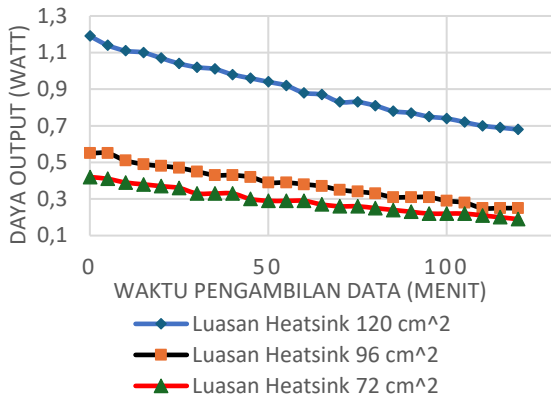
atau

$$I = V/R$$

Berdasarkan rumus mencari nilai tegangan, dapat dikatakan bahwa nilai arus berbanding lurus dengan nilai tegangan jika hambatan yang digunakan konstan. Oleh karena itu, semakin besar tegangan yang dihasilkan jika hambatannya konstan, maka semakin besar arus yang dihasilkan.

3. Analisa Daya Output (P)

Untuk menghasilkan daya *output*, diperlukan nilai arus dan tegangan yang dihasilkan. Kedua besaran tersebut dikalikan dan menghasilkan daya *output*. Pada Gambar 6 menunjukkan grafik yang diperoleh dari pengujian yang telah dilakukan.

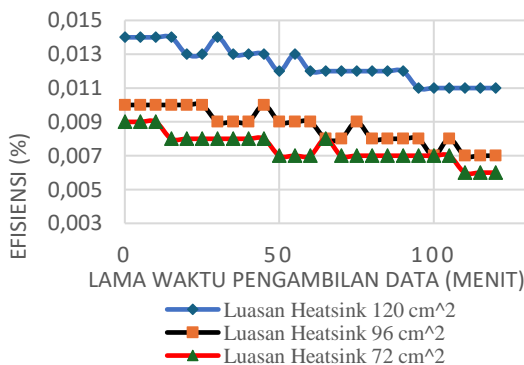


Gambar 6 Grafik daya output terhadap waktu pengambilan data

Dari Gambar 6 menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh modul generator termoelektrik dari menit 0 sampai menit 120 terus mengalami penurunan. Pada pengujian menggunakan luasan *heatsink* 120 cm<sup>2</sup> menghasilkan daya *output* paling tinggi namun mengalami penurunan dari 0,0012 J/s menjadi 0,00068 J/s, sedangkan pada pengujian menggunakan luasan *heatsink* 72 cm<sup>2</sup> menghasilkan daya *output* paling rendah dan terus mengalami penurunan dari 0,00042 J/s menjadi 0,00019 J/s. Sesuai dengan Persamaan 2 atau sering disebut juga dengan Hukum *Ohm*, dimana daya *output* (P) diperoleh dari perkalian antara tegangan *output* (V) dikalikan dengan arus yang mengalir (I). Sehingga dapat dikatakan jika nilai tegangan dan arus yang mengalir besar, maka nilai daya *output* yang dihasilkan menjadi besar pula (Holman & Jasjfi, 1984).

**Analisa Nilai Efisiensi Modul TEG**

Nilai efisiensi dihasilkan dari hasil perbedaan temperatur serta tegangan yang dihasilkan. Keseluruhan variasi luasan *heatsink* diamati dan diperoleh hasil efisiensi seperti yang tertera pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik nilai efisiensi terhadap waktu pengambilan data

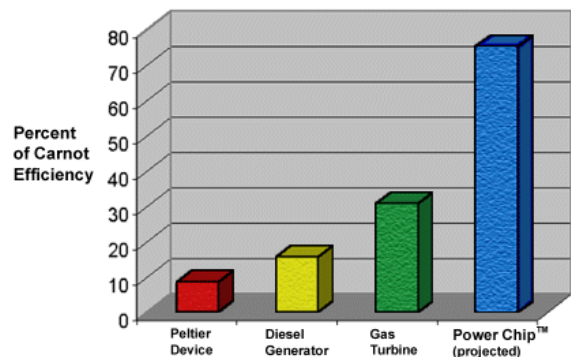
Dari Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai efisiensi pada ketiga variasi mengalami penurunan pada menit 0 sampai menit 120. Pada pengujian menggunakan luasan *heatsink* 120 cm<sup>2</sup> efisiensi yang diperoleh menurun pada angka 0,014% sampai 0,011%

adalah hasil tertinggi, sedangkan pengujian menggunakan luasan *heatsink* 72 cm<sup>2</sup> efisiensi yang diperoleh menurun dari 0,009% menjadi 0,006% adalah hasil terendah. Sesuai dengan Persamaan 3.

Pada Persamaan 3 menunjukkan bahwa nilai efisiensi dari modul TEG akan mengalami kenaikan seiring dengan nilai *figure of merit* yang tinggi pula. *Figure of merit* merupakan satuan nilai yang juga menggambarkan unjuk kerja dari bahan yang digunakan pada sebuah modul TEG. Selain itu beda temperatur dan tegangan yang dihasilkan juga sangat mempengaruhi besarnya efisiensi dari modul TEG. Oleh karena itu tidak jarang juga ketika nilai *figure of merit* lebih rendah namun beda emperatur dan tegangan yang dihasilkan besar akan menghasilkan efisiensi yang lebih besar (Olsen et al., 2013).

Selain itu, pada Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai efisiensi pada pengujian ketiga variasi tidak menembus angka 1%. Hal itu dikarenakan modul generator termoelektrik adalah suatu perangkat pembangkit listrik berjenis skala rendah. Pada Gambar 8 menunjukkan bahwa efisiensi maksimal dari modul generator termoelektrik hanya sekitar 4-8%. Perangkat ini berbeda jauh dari alat alat pembangkit listrik lain yang berjenis skala besar semisal generator disel yang efisiensinya mencapai 10-15% serta turbin gas yang efisiensinya mencapai angka 30% (Powerchip, 2019).

Table: Carnot Efficiency



Gambar 8 Efisiensi berbagai macam sumber pembangkit listrik

Penyebab kecilnya nilai efisiensi TEG juga diakibatkan sehingga mengakibatkan kinerja tidak maksimal dan hanya memperoleh efisiensi yang kurang dari angka 1%. Faktor – faktor tersebut diantaranya adalah:

- a) Perbedaan temperatur yang dihasilkan pada penelitian ini hanya berkisar 12 °C – 6 °C sehingga mengakibatkan efisiensi yang didapatkan juga kecil.
- b) Dalam pemasangan modul TEG masih memiliki celah antara sisi - sisi modul TEG terhadap sumber panas maupun *heatsink* yang diakibatkan oleh pemasangan termokopel

sehingga sisi – sisi pada modul TEG yang bersentuhan untuk menyerap atau membuang panas menjadi berkurang atau *contact losses*.

- c) Sumber panas yang kurang tinggi juga menyebabkan sedikitnya efisiensi dari modul TEG. Pada penelitian ini sumber panas yang digunakan adalah 70 °C – 60 °C.

## KESIMPULAN

Pada penelitian yang telah dilakukan pada ketiga variasi luasan *heatsink* dapat ditarik kesimpulan bahwa, semakin tinggi perbedaan temperatur, maka semakin tinggi tegangan yang dihasilkan. Ketika tegangan yang dihasilkan tinggi, maka semakin tinggi daya yang diperoleh. Selain itu, semakin besar perbedaan temperatur dan tegangan yang dihasilkan maka efisiensi yang dihasilkan juga semakin besar.

Pada penelitian ini, variasi luasan *heatsink* 120 cm<sup>2</sup> adalah variabel terbaik dibandingkan variabel lainnya. Hal itu dikarenakan, semakin besar luasan *heatsink* maka semakin cepat juga panas terbuang ke lingkungan dan juga semakin tinggi perbedaan temperatur yang dihasilkan. Disisi lain, pada penelitian ini tren dari tiap menit semakin menurun yang dikarenakan panas pada kondensor juga menjalar ke daerah *heatsink* yang tidak terbantu oleh bantuan kipas. Hal itulah yang mengakibatkan tren semakin turun.

## SARAN

Posisi peletakan modul TEG yang tidak tepat dapat menurunkan nilai COP pada modul TEG. Penyebabnya adalah panas yang diperoleh dari sumber panas tidak dapat berpindah secara sempurna karena terhalang oleh modul TEG. Selanjutnya, agar modul TEG dapat bekerja lebih maksimal, dibutuhkan panas buangan yang lebih tinggi lagi supaya diperoleh perbedaan temperatur yang lebih tinggi sehingga menghasilkan daya *output* yang lebih besar.

Disisi lain berkurangnya nilai efisiensi juga dapat disebabkan oleh pemasangan termokopel yang menyebabkan sisi – sisi pada modul TEG tidak dapat menyerap dan membuang panas. Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut untuk tata cara pemasangan termokopel pada sisi – sisi modul TEG dengan lebih baik supaya dapat menghasilkan daya yang lebih besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Yilbas, B. S., & Sahin, A. Z. (2014). Thermal characteristic of combined thermoelectric generator. Energy Conversion Efficiency. *Energy Convers Manage* 50 (8), 1968-1975.
- Muhaimin, M., (2007). *Bahan – Bahan Listrik (Edisi Ketiga)*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Date, A., Abhijit, D., Dixon, C., Singh, R., Akbarzadeh, A. (2014). Theoretical and experimental estimation of limiting input heat flux. *Solar Energy*, 201-217.
- Stoecker, W. F. dan J. W. Jones. 1982. *Refrigeration and Air Conditioning*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: McGraw-Hill Inc. Terjemahan oleh S. Hara. 1989. Refrigerasi dan Pengkondisian Udara. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Arumsari, A. A., Setyawan, D. L., Ramadhan, M. E., (2017). Pengaruh variasi panjang rangkum pipa kondensor paralel terhadap unjuk kerja mesin pendingin dengan refrigerant LPG. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Ryanurago, Anwar, S., & Minking K. (2013). Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin. *Rekayasa Elektrika Vol. 10 No. 4*, 180-185.
- Hermawan, N. T. (2017). Analisa variasi temperatur dan rangkaian modul thermoelectric SP 1484-27145 SA terhadap daya listrik yang dihasilkan thermoelectric generator. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Powerchip. *Powerchips Technology Corporation*. <http://www.powerchips.gi>. [Diakses pada tanggal 4 Januari 2019].
- Khasee, N., Lertsatitthanakorn, C., & Bubphachot, B. (2013). Energy and Exergy analysis of a Double-pass Thermoelectric Solar Air Collector. *Int J Exergy* 12(1), 1-10.
- Holman, J., & Jasjfi, E. (1984). *Perpindahan Kalor (Heat Transfer)*. Jakarta: Erlangga.
- Lachish, U. (2017). *Thermoelectric Effect Peltier Seebeck and Thomson*. Tel Aviv: Guma Science.
- Olsen, L. M., Warren, E. M., Parilla, P. A., Toberre, E. S., Kennedy, C. E., Snyder, G. J., . . . Ginley, D. S. (2013). A High-temperature, High-efficiency Solar Thermoelectric Generator Prototype. *Energy Procedia* 9, 1460-1469.