

## Analisis Termoelektrik Generator (TEG) Sebagai Pembangkit Listrik Berekala Kecil Terhadap Perbedaan Temperatur

Muharnif M<sup>1\*</sup>, Khairul Umurani<sup>2</sup> dan Firman Alwi Arif Nasution<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Telp. 061-6619056, 061-6622400 Fax 061-6625474

\*Email: muharnif@umsu.ac.id

### ABSTRACT

*Electrical energy has now become a major need for the community, so it is necessary to develop alternative sources of electrical energy that are environmentally, not only on a large scale but also on a small scale. Thermoelectric Generator is a power plant that works based on the Seebeck effect, where the temperature difference between the hot and cold surfaces of these 2 electronic components is converted into electrical energy on a small scale. This study aims to analyze the effect of temperature differences that occur on the electrical energy produced in a thermoelectric. This research was studied by comparing the difference in heat generated from 1, 2 and 3 candles with Peltier elements connected in series to the power and efficiency produced with a time duration of 120 seconds. Based on thos research, it shown that this thermoelectric generator is capable to producing 0.01200 Watt with a temperature difference of 10 °C for 1 candle, and producing 0.02920 Watt with a 12 °C temperature for 2 candles and generating 0.04107 Watt with a temperature difference of 14 °C for 3 candles. While the resulting efficiency is 0.033%, 0.057% and 0.092% each using 1, 2 and 3 candles for 120 seconds.*

**Key word:** Thermoelectric, generator small scale, Temperature difference

### PENDAHULUAN

Energi listrik saat ini telah menjadi kebutuhan utama bagi umat manusia termasuk masyarakat Indonesia. Hal ini dikarenakan peralatan elektronik dan komunikasi di dalam rumah tangga membutuhkan energi listrik untuk dapat digunakan dalam skala besar, menengah dan kecil. Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut, ada beberapa sumber energi listrik yang dapat dimanfaatkan dan dikembangkan meliputi energi listrik yang berasal dari bahan bakar fosil dan energi listrik yang bersumber dari energi alternatif. Ketersediaan energi fosil di alam saat ini terus mengalami penurunan sehingga diperlukan energi alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil. Dewasa ini kebutuhan energi baru dan terbarukan semakin tinggi sementara itu ketersediaan bahan bakar fosil semakin berkurang dan pencemaran lingkungan sebagai dampak penggunaan energi fosil tersebut menjadi topik perdebatan yang hangat [1]. Adapun beberapa sumber energi listrik alternatif tersebut seperti energi surya, energi panas bumi (PLTG), energi gelombang laut, energi angin dan tenaga panas yang menggunakan *Thermoelectric Generator* (TEG).

TEG atau dikenal dengan *Thermoelectric Generator* merupakan suatu pembangkit listrik berskala kecil yang bekerja berdasarkan efek *Seebeck*. Prinsip kerja dari efek *Seebeck* adalah jika terdapat dua buah material atau lempeng logam yang berbeda dan tersambung pada lingkungan dengan temperatur yang berbeda maka di dalam material atau lempeng logam yang berbeda tersebut akan mengalir arus listrik [2],[8].

Penggunaan TEG sebagai pembangkit energi listrik alternatif lebih ekonomis sehingga tidak membutuhkan biaya yang terlalu mahal [3], [12]. Penelitian ini diharapkan dapat menganalisis daya output dan efisiensi dari termoelektrik generator terhadap factor pemansan yang terjadi sehingga dapat digunakan sebagai penyedia energi listrik untuk skala kecil.

Teknologi termoelektrik bekerja dengan cara mengkonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya dari energi listrik menghasilkan proses pendinginan (pendingin termoelektrik) [9],[10]. Untuk menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian material yang berbeda dengan menghubungkan

Copyright©2022 Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi. This is an open acces article under the CC-BY-SA licence (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

sumber panas dan dingin. Dari rangkaian itu akan dihasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai dan perbedaan temperatur yang terjadi. Perbedaan temperatur yang terjadi akan berpengaruh terhadap daya *output* generator yang dihasilkan. Bagaimana pengaruh perbedaan temperatur yang terjadi terhadap daya listrik dan efisiensi yang dihasilkan pada suatu termoelektrik generator? Untuk itu penelitian mencoba menganalisis pengaruh perbedaan temperatur antara *hot plate* dengan *cooling plate* terhadap energi listrik yang dihasilkan dari suatu generator termoelektrik dengan memanfaatkan lilin sebagai sumber pemanasan dan air sumber pendinginan. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis daya listrik dan efisiensi yang dihasilkan Termoelektrik Generator sebagai sumber pembangkit listrik alternatif berdasarkan adanya perbedaan panas yang terjadi.

Walaupun termoelektrik generator hanya berkapasitas mikro, namun pemanfaatan yang maksimal dalam jangka panjang dapat membantu menghemat penggunaan listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik berkapasitas makro [6]. Adapun efek termoelektrik itu ditimbulkan oleh tiga efek yang dikenal dengan efek *Seebeck*, efek *Peltier* dan efek *Thomson* dimana efek termoelektrik ini bekerja dengan cara mengkonversi langsung perbedaan temperatur menjadi tegangan listrik dan sebaliknya.

### Perhitungan Daya Input dan Output

Untuk menentukan besarnya daya output listrik yang dihasilkan pada generator listrik dapat diperoleh berdasarkan persamaan 1 berikut:

$$P = V \times I \quad (1)$$

Dimana:

P = daya output generator (W)

I = Arus keluaran generator (A)

V = Tegangan keluaran generator (V)

### Perhitungan jumlah kalor yang masuk

Untuk mencari banyaknya kalor yang masuk ( $Q_H$ ) pada pelat aluminium dapat dinyatakan oleh persamaan 2 berikut [4]:

$$Q_H = (S \times T_H \times I) - (0.5 \times I^2 \times R_C) + (K_C \times \Delta T) \quad (2)$$

Dimana:

$Q_H$  = masukan energy panas (watt)

$K_C$  = Konduktansi termal termoelektrik (W/K)

$T_H$  = Temperatur panas termoelektrik (K)

$\Delta T$  = Perbedaan temperature panas dan dingin (K)

S = Koefisien Seebeck (V/K), untuk jenis aluminium, S = 3.5 V/K [7]

$R_C$  = Tahanan termoelektrik (ohm)

### Perhitungan Efisiensi Daya Generator

Untuk menentukan efisiensi maksimum dari sistem generator termoelektrik dapat digunakan persamaan 3 berikut [5]:

$$\eta_{Gen} = \frac{V \times I}{Q_H} \times 100\% \quad (3)$$

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini melakukan analisis daya yang dihasilkan oleh termoelektrik generator terdiri dari:

- a. Pelat Aluminium (Al)

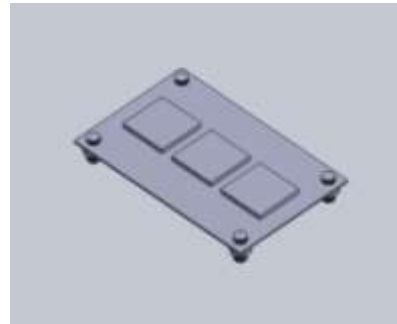
Pelat Aluminium berfungsi sebagai penyerap kalor dikarenakan bersifat konduktor terhadap panas dan diharapkan mampu mengubah energi panas menjadi energi listrik. Pelat aluminium yang digunakan berukuran 17 cm x 11 cm x 1,5 mm .

**b. Elemen Peltier**

Elemen Peltier TEC1-12706 berfungsi untuk merubah energi panas menjadi energy listrik dengan prinsip efek Seebeck dan merupakan komponen utama dalam rangkaian Termoelektrik Generator seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Adapun elemen peltier yang digunakan 3 unit yang dirangkaikan secara seri seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Bahan Peltier TEC1-12706



Gambar 2. Skema Rancangan Peltier Aluminium

**c. Lilin (Parafin)**

Lilin yang digunakan pada penelitian ini ada 3 buah dengan variasi 1 lilin, 2 lilin dan 3 lilin. Lilin digunakan sebagai alat pemanas pada pelat Aluminium (Al) yang dipasang pada sisi bagian bawah *hot plate* Peltier TEC1-12706.

**d. Arduino Uno**

Fungsi Arduino Uno adalah untuk mengukur suhu yang dihasilkan dari proses pemanasan dengan menggunakan 1, 2 dan 3 lilin yang dirangkaikan dengan sensor temperatur, kabel jumper, resistor, kabel USB, dan *breadboard* serta didukung oleh suatu program akan dapat mengukur temperature.

**e. LCD (Liquid Crystal Display)**

LCD tipe 1602 berfungsi sebagai indikator untuk memberikan informasi tentang bacaan temperatur yang dihasilkan dari proses pemanasan dengan menggunakan lilin. Sehingga akan diketahui temperatur panas yang terjadi pada pelat aluminium sebagai sumber energi.

**f. Sensor temperatur**

Sensor temperature jenis DS18B20 ini berfungsi untuk mengukur temperatur panas yang dihasilkan dari penggunaan lilin sebagai sumber panas dan sebagai instrument utama penelitian yang akan dihubungkan pada Arduino Uno.

**g. Multimeter Digital**

Multimeter Digital merupakan salah satu instrument utama dalam penelitian ini selain sensor temperatur. Multimeter digunakan untuk mengukur arus dan tegangan listrik serta tahanan (resistansi)

**h. Pasta Termal**

Dikarenakan adanya ketidakrataan antara permukaan prosesor dan *heatsink* maka penyaluran panas dari *processor* ke *heatsink* dapat menggunakan pasta termal sehingga panas dapat ditransfer secara maksimal.

**i. Komponen pendukung**

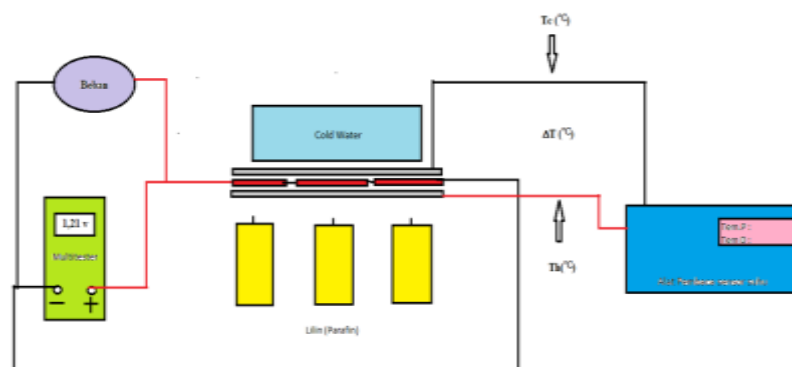
Selain komponen yang disebutkan di atas, digunakan komponen pendukung lainnya seperti:

1. Resistor 5 ohm
2. Potensio 10K
3. Breadboard

4. Kabel Jumper
5. Kabel Penghubung.

### Prosedur Penelitian

1. Merangkaikan 3 elemen peltier secara seri pada Termoelektrik Generator seperti terlihat pada Gambar 3 dengan variasi pemanasan dengan 1 lilin, kemudian dilanjutkan dengan 2 lilin dan terakhir 3 lilin masing-masing dilakukan selama 120 detik. yang akan diuji menggunakan sumber energi panas dari Lilin (Paraffin) dengan memanaskan. Adapun lempengan Aluminium (Al) berfungsi menyerap panas dari pembakaran lilin pada sisi *Hot Plate* dari elemen Pelitier. Untuk media pendingin digunakan air dingin ( $H_2O$ ) yang dipasang pada sisi *Cool Plate*. Data yang dihasilkan ditransfer ke perangkat Arduino Uno dengan sistem *Seeback Effect*. Nilai temperatur yang terjadi akan diukur oleh sensor temperatur dan nilai tegangan serta arus listrik yang timbul akan diukur menggunakan *Multimeter digital*.



Gambar 3. *Experimental setup*

2. Pengambilan data dilakukan berdasarkan durasi waktu percobaan yang dimulai dari 20, 40, 60, 80, 100 an 120 detik dengan menggunakan 1 lilin sebagai sumber pada pelat aluminium. Data yang diambil meliputi temperatur pada sisi bagian panas ( $T_H$ ) dan dingin ( $T_C$ ), arus ( $I$ ) dan tegangan listrik ( $V$ ). Kemudian dilakukan dengan metode yang sama untuk 2 dan 3 lilin.
3. Pengolahan data untuk menghitung daya output generator dan menganalisis efisiensi termoelektrik generator dilakukan secara manual dengan menggunakan persamaan 1 sedangkan untuk menghitung efisiensi generator digunakan persamaan 2 dan 3

Adapun parameter penelitian yaitu daya output dan efisiensi dari termoelektrik generator dengan memvariasikan jumlah lilin yang terdiri dari 1, 2 dan 3 lilin dengan lama waktu sampai 120 detik.

Tabel 1 Variabel Penelitian

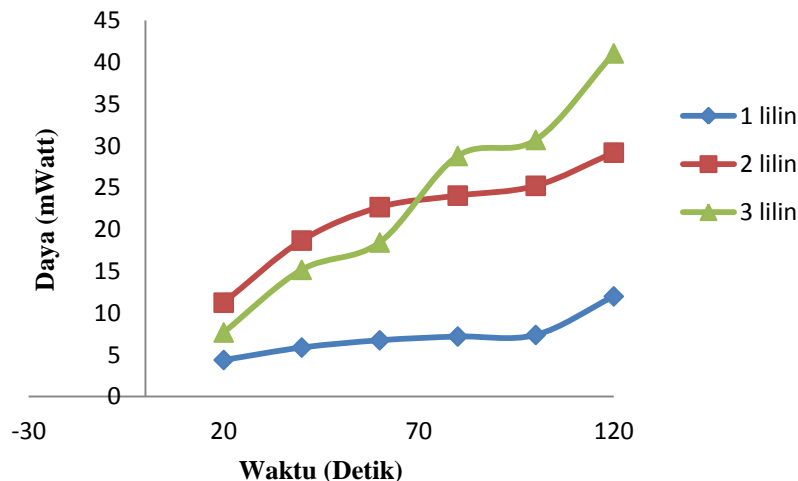
| Jumlah lilin    | Waktu (Detik) | Variable utama                          | Variabel pendukung  |
|-----------------|---------------|---|---|
| 1,2 dan 3 lilin | 20            | Daya output dan efisiensi termoelektrik | Temperatur panas, temperatur dingin, tegangan listrik, dan arus listrik |
|                 | 40            |   |   |
|                 | 60            |   |   |
|                 | 80            |   |   |
|                 | 100           |   |   |
|                 | 120           |   |   |

Untuk mendapatkan variabel utama maka diperlukan variabel pendukung, dan untuk mendapatkan variabel pendukung diperlukan instrument pengukuran seperti thermometer (LCD) dan multimeter yang berfungsi untuk mendapatkan nilai temperatur dan tegangan serta arus listrik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

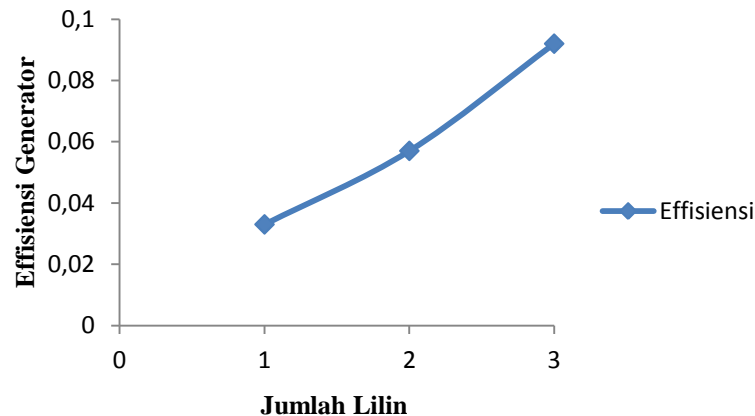
### Hasil pengamatan daya dan efisiensi

Hasil analisis daya yang dibangkitkan oleh termoelektrik generator dan efisiensi dalam jangka waktu sampai 120 detik dapat dilihat pada Gambar 4 yaitu semakin lama waktu pengujian maka semakin tinggi daya yang dihasilkan oleh termoelektrik generator. Begitu juga terhadap jumlah lilin yang digunakan, semakin banyak jumlah lilin yang digunakan maka semakin tinggi beda potensial yang terjadi dan daya yang dihasilkan. Daya yang dihasilkan pada waktu 120 detik untuk 1 buah lilin mampu menghasilkan daya 0.01200 Watt dengan arus 0,006 A dan tegangan 2 V dengan perbedaan temperatur 10 °C. Untuk pemanasan dengan 2 buah lilin menghasilkan daya 0,02920 Watt dengan arus 0,00936 A dan tegangan 3,12V dengan perbedaan temperatur 12 °C. Tetapi apabila digunakan 3 buah lilin dengan perbedaan temperatur 14 °C mampu menghasilkan daya yang lebih dari 3 kali lipat dari pemanasan dengan menggunakan 1 buah lilin yaitu menjadi 0.04107 Watt dengan arus 0,01110 A dan tegangan 3,7 V. Secara umum termoelektrik generator ini mampu menghasilkan arus 0,012 – 0,011 A dan tegangan 2 - 3,7 V.



Gambar 4. Perbandingan daya dari termoelektrik generator

Grafik pada Gambar 5 menjelaskan bahwa pemanasan pada termoelektrik generator yang menggunakan 3 buah lilin memiliki nilai efisiensi paling tinggi sebesar 0.092% dibandingkan dengan pemanasan menggunakan 1 lilin dan 2 lilin sebesar 0,033% dan 0,057%.. Semakin tinggi efisiensi termoelektrik generator dengan jumlah lilin yang lebih banyak menunjukkan bahwa penyerapan pemanasan mempunyai pengaruh yang cukup signifikan.



Gambar 5. Efisiensi generator termoelektrik berdasarkan jumlah lilin

### Pembahasan

Secara umum termoelektrik generator ini mampu menghasilkan arus sebesar 0,011 A dan tegangan 3,7 V dengan pemanasan 3 buah lilin selama 120 detik. Sementara Shanti dkk [11] dapat menghasilkan tegangan sebesar  $6 \pm 0,05$  Volt dengan besar arus  $0,43 \pm 0,015$  Ampere yang memerlukan lama waktu 10 jam. Adapun efisiensi termoelektrik yang diperoleh masih terlalu kecil yaitu 0,033 % dengan pemanasan 1 buah lilin, 0,057 % dengan pemanasan 2 buah lilin dan 0,092 % dengan pemanasan 3 buah lilin. Daya dan Efisiensi termoelektrik generator yang kecil ini disebabkan durasi pengujian yang terlalu singkat sehingga waktu penyerapan panas tidak maksimal. Perbedaan tempertur naik menjadi 2 °C setiap penambahan 1 buah lilin, ini menunjukkan bahwa lilin mampu meningkatkan pemanasan hingga 2 °C apabila elemen peltier dirangkai secara seri.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap termoelektrik generator maka dapat disimpulkan:

1. Adanya pengaruh yang signifikan antara jumlah lilin yang digunakan terhadap daya yang dihasilkan oleh termoelektrik generator yang dirangkai secara seri dan kenaikan temperature 2 °C setiap penambahan 1 buah lilin.
2. Terjadinya peningkatan efisiensi terhadap penambahan jumlah lilin yang digunakan sebagai sumber pemanasan. Namun secara keseluruhan, daya termoelektrik generator yang dihasilkan masih terlalu kecil dari yang diharapkan.

### Saran

Untuk meningkatkan daya yang dihasilkan oleh termoelektrik generator maka perlu digunakan es sebagai pendingin yang dipasang pada sisi *cold plate* dengan tujuan untuk meningkatkan perbedaan tempertur sehingga akan dihasilkan daya yang lebih besar dan mencegah terjadinya pemanasan secara cepat apabila digunakan air sebagai pendingin. Durasi waktu yang digunakan terlalu singkat dan perlu ditingkatkan sampai 1 jam untuk melihat efisiensi dan daya yang dihasilkan oleh termoelektrik generator.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muharnif M dan Elvy Sahnur Nasution. "Pembuatan Hydrofoil Turbin Darrieus" *Jurnal Sistem Informasi* vol 2. no.1 2018
- [2] Ansyori, "Rancang Bangun Sistem Generator Termoelektrik Sederhana Sebagai Pembangkit Listrik Dengan Menggunakan Metode Seeback Effect" skripsi., Fakultas Teknik., Universitas Islam Negeri Malang, 2017



- [3] Renda Febrian, “Perhitungan Efisiensi Peltier TEG (Thermoelectric Generator) SP-1848 Menggunakan Perbandingan Suhu Panas dan Dingin Sebagai Energi Alternatif.” skripsi, Jurusan Teknik Elektro., Fakultas Teknik., Universitas Islam Malang Jl. MT Haryono 193 Malang 65144, 2016.
- [4] Duffie, J.A and Beckman, W,A, “Solar Engineering Thermal Process”, New York : Jhon Riley, 1991.
- [5] Hendro Simatupang. “Karakteristik Termoelektrik Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Pendingin Air.” skripsi, Program Studi Teknik Mesin., Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Sanata Dharma., Yogyakarta, 2009.
- [6] Melda Latif, Nuri Hayati, dan Uyung Gatot S. Dinata. “Potensi Energi Listrik pada Gas Buang Sepeda Motor” *Jurnal Rekayasa ElektriKa* vol. 11, no. 5, hal. 163-168, Desember 2015.
- [7] Putra, Nandy. “Potensi Pembangkit Daya Termoelektrik untuk Kendaraan Hibrid”, *Jurnal Makara*. vol. 13, no. 2. 2009
- [8] Ryanuargo, Syaiful Anwar, dan Sri Poernomo Sari, “Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin”, *Jurnal Rekayasa ElektriKa* vol. 10, no. 4, Oktober 2013.
- [9] Vasquez, J, “State of the Art of Thermoelectric Generator Based on Heat Recovered from the Exhaust Gases of Automobiles”. Spain: Pamplona, 2002.
- [10] Sandy Anggriawan Sasmita, Muhammad Taufiq Ramadhan, Mochamad Iqbal Kamal, dan Yohannes Dewanto, “Alternatif Pembangkit Energi Listrik Menggunakan Prinsip Termoelektrik Generator. *Jurnal Tesla* vol. 21 no. 1 Maret 2019.
- [11] Shanti Candra Puspita, Hasto Sunarno, dan Bachtera Indarto, “Generator Termoelektrik untuk Pengisian Aki. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*”, vol. 13, no. 2 Juni 2017.
- [12] Munawar alfansury siregar, Riawansayah, “Simulasi perpindahan panas pada heater injection molding menggunakan software solidworks”. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, Vol. 1, No. 1, September 2018, 47-56.