

STUDI PEMANFAATAN PANAS BUANGAN KOMPOR BIOMASSA DENGAN MENGGUNAKAN GENERATOR TERMOELEKTRIK

STUDY OF UTILIZING BIOMASS STORAGE HEAT USING BY THERMOELECTRIC GENERATOR

Natasha Salsabila¹, Drs. Suwandi, M.Si², Tri Ayodha Ajiwiguna, S.T.,M.Eng³

^{1,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹salsanatasha17@gmail.com, ²suwandi.sains@gmail.com, ³tri.ayodha@gmail.com

Abstrak

Kompur biomassa merupakan salah satu teknologi energi terbarukan yang memiliki panas buangan yang dapat digunakan untuk sumber energi listrik, yang dapat dikonversikan dengan menggunakan generator termoelektrik. Pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem generator termoelektrik untuk menyerap panas buangan kompor biomassa dan mengkarakterisasi listrik yang dihasilkan. Penelitian dilakukan dengan 2 jenis pengambilan data, yang pertama pengambilan data dilakukan saat suhu kompor berada pada rentang 0-1000C, dan yang kedua pengambilan data dilakukan saat suhu kompor dalam keadaan tunak atau steady state. Data yang diambil adalah suhu, tegangan, arus. Setelah data arus dan tegangan didapatkan, kemudian dilakukan perhitungan daya output yang dihasilkan. Pada pengambilan data saat suhu kompor berada pada rentang 0-1000C, nilai tegangan dan arus yang didapatkan berbanding lurus dengan kenaikan suhu pada kompor. Pada pengambilan data saat suhu kompor dalam keadaan tunak, disini dilakukan penambahan beban pada rangkaian sistem generator termoelektrik. Arus dan tegangan mulai diukur saat suhu kompor tidak berubah lagi, kemudian nilai hambatan dinaikkan untuk setiap percobaan. Dari percobaan ini didapatkan nilai tegangan berbanding lurus dengan kenaikan nilai hambatan yang ditambahkan. Sedangkan nilai arus yang dihasilkan berbanding terbalik dengan kenaikan nilai hambatan. Pada percobaan ini juga dilakukan perhitungan koefisien seebeck yang nilainya konstan terhadap perubahan suhu pada sistem generator termoelektrik.

Kata kunci : Kompur Biomassa, Termoelektrik, Koefisien Seebeck, Arus, Tegangan

Abstract

The biomass stove is one of the renewable energy technologies that has exhaust heat that can be used for electrical energy sources, which can be converted using a thermoelectric generator. In this study a thermoelectric generator system was designed to install biomass stove heat and characterize the electricity produced. The study was conducted with 2 types of data retrieval, the first to take data was carried out at temperatures of 0 to 100°C, and the second one to retrieve data was carried out when the temperature was in a steady state condition. Data taken is temperature, voltage, current. After the current and voltage data are obtained, then the output power is calculated. In retrieval of data when the temperature of the stove is in the range 0-100°C, the voltage and current values obtained are directly proportional to the increase in temperature on the stove. In retrieval of data when the temperature of the stove is in steady state, the load is carried out on the thermoelectric generator system circuit. The current and voltage start when the voltage does not change again, then the change value is increased for each experiment. From this experiment, the value of the voltage is directly proportional to the increase in substitute value added. While the value of the current produced is inversely proportional to the increase in the value of conflict. In this experiment the calculation of the seebeck coefficient which is constant with respect to temperature changes in the thermoelectric generator system is also carried out.

Keywords: Biomass Stove, Thermoelectric, Seebeck Coefficient, Current, Voltage

1. Pendahuluan

Kompur biomassa merupakan salah satu teknologi energi terbarukan yang dikembangkan dengan menggunakan bahan bakar sekam yang sangat banyak ditemui di sekitar kita. Kompur biomassa ini memiliki panas buangan yang potensial digunakan untuk sumber energi listrik. Panas buangan ini dapat dikonversikan menjadi energi listrik dengan menggunakan generator termoelektrik. Generator

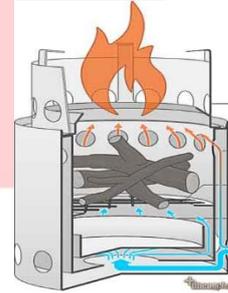
termoelektrik ini kemudian dipasangkan pada kompor biomassa untuk diserap panas buangnya dan kemudian dikonversikan menjadi energi listrik. Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan sistem generator termoelektrik dengan memanfaatkan panas buangan dari kompor biomassa dan mengkarakterisasi listrik yang dihasilkan. Tujuannya adalah untuk merancang dan merealisasikan sistem generator termoelektrik untuk memanfaatkan panas buangan dari kompor biomassa, dan mengkarakterisasi listrik yang dihasilkan oleh generator termoelektrik. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah studi literatur, pengukuran nilai tegangan, dan metode analisis.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Kompor Biomassa

Kompor biomassa merupakan kompor yang menggunakan biomassa solid sebagai bahan bakar seperti kayu bakar dan sampah-sampah agrikultur. Prinsip dasar kompor biomassa adalah sebagai sarana proses pembakaran bahan bakar. Proses pembakaran adalah reaksi antara bahan bakar dan oksigen. Pada proses ini perlu diperhatikan rasio antara jumlah bahan bakar dan oksigen (yang diwakili oleh laju aliran udara) yang tepat.



Gambar 2.1 Kompor Biomassa

2.1.2 Termoelektrik

Termoelektrik adalah proses konversi langsung dari suatu perbedaan suhu menjadi tegangan listrik atau sebaliknya. Sebuah perangkat modul termoelektrik menghasilkan tegangan ketika ada suhu yang berbeda di setiap sisi. Sebaliknya, bila termoelektrik diberi tegangan listrik, akan menciptakan perbedaan suhu.

2.1.3 Koefisien Seebeck

Koefisien Seebeck menjelaskan bahwa pada saat thermocouple dipanaskan, kondisi semikonduktor yang terisi banyak elektron koefisien seebecknya bertanda negatif. Sedangkan semikonduktor yang kekurangan elektron koefisien seebecknya bertanda positif. Jadi koefisien seebeck setiap logam ada yang bernilai positif dan ada yang bernilai negatif. Koefisien seebeck tergantung pada perbedaan suhu dan perbedaan tegangan yang dihasilkan tergantung dari nilai koefisien seebeck dan perbedaan temperatur.

2.1.4 Generator Termoelektrik (TEG)

Thermoelectric power generating / TEG adalah suatu perangkat yang dapat mengubah energi kalor (perbedaan temperatur) menjadi energi listrik. Pembangkit daya termoelektrik ini digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Ketika perbedaan temperatur terjadi antara dua material semi konduktor yang berbeda, maka elemen termoelektrik ini akan mengalirkan arus sehingga menghasilkan perbedaan tegangan



Gambar 2.1 Modul Termoelektrik

2.1.5 Prinsip Operasi Pada Generator Termoelektrik

Proses fisik pada modul termoelektrik :

Pada Termoelektrik, jika terdapat perbedaan temperatur antar dua sambungan, maka akan dihasilkan tegangan listrik atau efek Seebeck [7], persamaannya adalah :

$$V = \alpha \Delta T \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

V = tegangan (volt)

α = koefisien seebeck (V/K)

ΔT = perbedaan suhu antara dua sambungan (K)

2.1.6 Teorema Rangkaian Thevenin

Teori Thevenin menyatakan bahwa sebuah rangkaian yang mengandung beberapa sumber tegangan dan hambatan dapat diganti

dengan sebuah sumber tegangan yang dipasang seri dengan sebuah hambatan (resistor). Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$I_L = \frac{V}{R_{Th} + R_L} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :
 I_L = arus beban

V_{Th} = tegangan Thevenin
 R_{Th} = hambatan Thevenin
 R_L = hambatan beban.

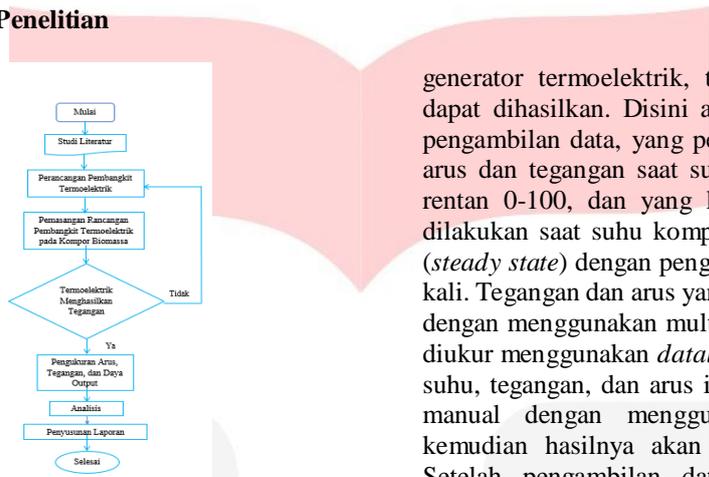
2.1.7 Metode Least Square

Merupakan suatu metode analisis yang ditujukan untuk melakukan suatu estimasi atau peramalan pada masa yang akan datang. Secara umum persamaan garis linier dari analisis time series adalah:

$$Y = mx + b$$

2.2 Metodologi Penelitian

2.2.1 Diagram Alir Penelitian



generator termoelektrik, tegangan dan arus yang dapat dihasilkan. Disini akan dilakukan dua jenis pengambilan data, yang pertama pengambilan data arus dan tegangan saat suhu kompor berada pada rentan 0-100, dan yang kedua pengambilan data dilakukan saat suhu kompor dalam keadaan tunak (*steady state*) dengan pengambilan data minimal 20 kali. Tegangan dan arus yang dihasilkan akan diukur dengan menggunakan multimeter. Untuk suhu akan diukur menggunakan *datalogger*. Pengambilan data suhu, tegangan, dan arus ini akan dilakukan secara manual dengan menggunakan multimeter dan kemudian hasilnya akan diinputkan pada excel. Setelah pengambilan data, kemudian membuat grafik arus terhadap tegangan. Dan terakhir menghitung daya output dan nilai koefisien *seebeck*.

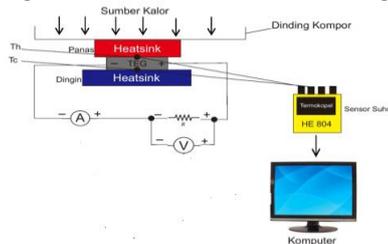
Gambar 2.4 Diagram Alir Penelitian Pada penelitian ini yang akan dilihat adalah suhu dari

2.2.2 Alat dan Bahan

Alat	Bahan	Peralatan untuk Penelitian
Gunting	Modul Termoelektrik SP-1848	Kompor Biomassa
Lem	Heatsink Kecil (untuk menyerap suhu panas)	Rangkaian Sistem Generator Termoelektrik
Kawat	Heatsink besar (untuk menyerap suhu dingin)	Multimeter
	Thermal Pasta	Datalogger
	Perkakas	Arang (bahan bakar kompor)

2.2.3 Sistematika Penelitian

Pada penelitian ini, pertama yang dilakukan adalah membuat rangkaian sistem generator termoelektrik dengan memasang dua buah heatsink pada kedua sisi modul termoelektrik. Heatsink kecil dipasang pada sisi panas modul termoelektrik. Dan heatsink dipasang pada sisi dingin modul termoelektrik. Kemudian setelah rangkaian generator termoelektrik selesai, pemasangan pada kompor biomassa untuk dilakukan percobaan konversi energi panas menjadi energi listrik, seperti yang terlihat pada gambar 3.2. Rangkaian percobaannya adalah pertama mengukur suhu pada heatsink panas dan heatsink dingin dengan menggunakan termokopel tipe HE804 kemudian melihat perbedaan suhu antara heatsink panas dan heatsink dingin. Setelah melihat perbedaan suhu (ΔT), lalu mengukur tegangan dan arus yang dapat dihasilkan oleh generator termoelektrik tersebut, dengan diberikan beberapa resistor pada TEG tersebut untuk dilihat perubahan nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh TEG. Pengambilan data suhu, tegangan, dan arus akan dilakukan dengan menggunakan multimeter.



Gambar 3.3 Skema Percobaan

Pada gambat 3.3 percobaan ini menggunakan data logger HE804 karena dengan menggunakan data logger HE804 ini, data yang dihasilkan di layar data logger akan langsung diinput secara otomatis ke komputer, jadi data hasil percobaan langsung ditampilkan di layar komputer tanpa harus diinput ulang

secara manual

3. Pembahasan

3.1 Sistem Generator Termoelektrik (TEG) dengan Api Kompor Biomassa

Sistem generator termoelektrik (TEG) terdiri dari 1 buah generator termoelektrik dan 2 buah heatsink yang ditempelkan pada kedua sisi modul TEG, heatsink panas di sisi panas TEG dan heatsink dingin di sisi dingin TEG. Sebelum itu di kedua sisi modul TEG diberikan thermal paste ditempelkan dengan heatsink yang berfungsi untuk mengoptimalkan penyerapan panas oleh heatsink. Setelah itu sistem TEG di tempelkan pada sisi kompor biomassa seperti

pada gambar berikut :



Gambar 3.2 Rangkaian Percobaan

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengkarakterisasi listrik yang dihasilkan oleh sistem TEG yang ditempelkan pada dinding kompor biomassa pada saat kompor dinyalakan. Percobaan ini menggunakan multimeter untuk mengukur listrik yang dihasilkan oleh TEG.

3.2 Hasil Pengambilan Data

3.2.1 Pengambilan Data Tegangan dan Arus Saat Suhu Kompor pada Rentang 0 – 100^oCelcius



Gambar 4.3 Grafik Suhu Kompor Saat Rentang Suhu 0 – 100^o Celcius Saat Pengambilan Data dengan Menggunakan Multimeter

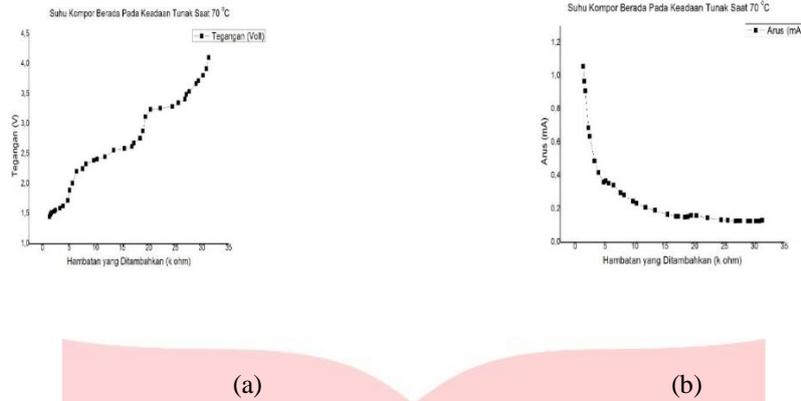


Gambar 4.4 (a) Grafik Hubungan Suhu dengan Tegangan, (b) Grafik Hubungan Suhu dengan Arus Pada gambar 4.4 (a) dapat dilihat bahwa ketika semakin besar selisih suhu antar sisi panas dan dingin maka nilai tegangan juga semakin naik, karena pengaruh selisih suhu antar sisi panas dan dingin terhadap nilai tegangan adalah berbanding lurus, begitu juga pada gambar 4.5 (b), pengaruh besar ΔT berbanding lurus dengan nilai arus yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan teori efek seebeck yang sudah disebutkan pada bab 2 dimana besarnya tegangan dan arus yang dihasilkan sebanding dengan gradien temperatur yang didapatkan.

3.2.2 Pengambilan Data Pada Saat Suhu Kompor dalam Keadaan Tunak



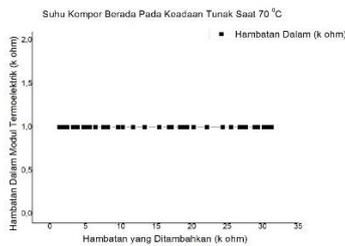
Gambar 4.7 Grafik Suhu Kompor Saat Keadaan Tunak



Gambar 4.8 (a) Grafik Hubungan Hambatan dengan Tegangan, (b) Grafik Hubungan Hambatan dengan Arus

Pada tabel 4.8 merupakan pengambilan data saat suhu kompor dalam keadaan tunak. Untuk mengetahui perubahan nilai arus dan tegangan pada percobaan ini, ditambahkan beban pada rangkaian tersebut. Pada gambar 4.8 a dapat dilihat bahwa saat nilai hambatan dinaikkan tegangan yang dihasilkan juga semakin meningkat. Akan tetapi pada gambar 4.8 b, ketika nilai hambatan dinaikkan, arus yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini terjadi karena resistansi berbanding terbalik dengan arus.

Hambatan Dalam Modul Termoelektrik



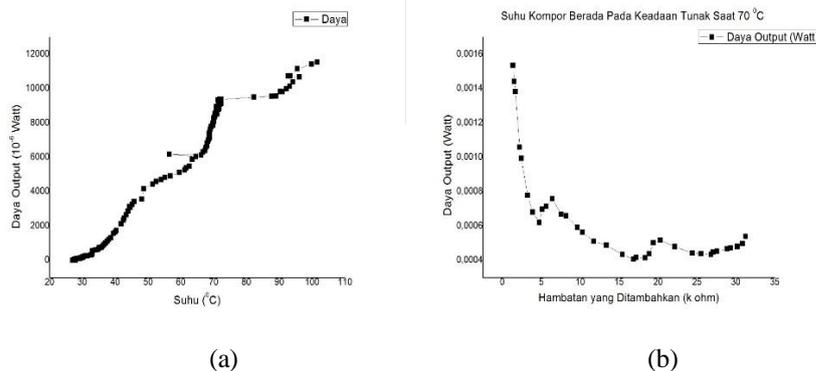
Gambar 4.11 Grafik Nilai Hambatan Dalam Modul Termoelektrik Terhadap Nilai Hambatan yang Ditambahkan

Dari grafik 4.11 diatas didapatkan bahwa hambatan dalam modul termoelektrik nilainya konstan terhadap nilai hambatan yang ditambahkan pada modul termoelektrik dengan nilai 0,999999 kΩ, yang didapatkan menggunakan persamaan teorema rangkaian thevenin.

3.2.3 Perhitungan Daya Output

Untuk mendapatkan daya output dengan menggunakan persamaan :

$$P = V \times I$$



Gambar 3.4 (a) Grafik Nilai Daya Output Saat Kompor Berada pada Rentang Suhu 0 – 100 0C, (b) Grafik Daya Output Saat Suhu Kompor dalam Keadaan Tunak

Gambar 4.13 merupakan grafik nilai daya output pada saat suhu kompor dalam keadaan tunak. Dari garfik diatas dapat dilihat bahwa nilai output berbanding terbalik dengan kenaikan nilai hambatan. Hal ini dikarenakan nilai arus yang dihasilkan pada percobaan sebelumnya (dapat dilihat pada gambar 4.8 b) semakin

kecil seiring dengan kenaikan nilai hambatan yang ditambahkan pada rangkaian TEG. Sehingga nilai daya output yang dihasilkan juga semakin kecil. Karena daya berbanding lurus dengan arus.

3.2.4 Perbandingan Nilai Arus dan Tegangan Pada Spesifikasi Modul Termoelektrik dengan Hasil Pengambilan Data Sebenarnya

ΔT (oC)	Arus (mA)	Tegangan (V)
20	225	0,97
40	368	1,8
60	469	2,4
80	559	3,6
100	669	4,8

Sumber : <https://www.elecfreaks.com/estore/thermoelectric-power-generation-tablets-sp1848-27145.html>

Tabel 4.1 Spesifikasi Modul TEG SP-1848

ΔT (oC)	Arus (mA)	Tegangan (mV)
10,6	24,92	52,9
20,6	44	94,9
31,2	48,6	105,1
40	58,8	127,3
52,2	67	141,9
60,4	67,4	145,5
70,6	70,3	164,2

Tabel 4.2 Data Hasil Percobaan

Pada kedua tabel diatas didapatkan bahwa nilai arus dan tegangan yang dihasilkan oleh TEG pada spesifikasi dan percobaan sebenarnya nilainya jauh berbeda. Hal ini terjadi karena pada saat modul TEG diuji coba pertama kali suhu yang dihasilkan mencapai 200 °C. Sedangkan modul TEG ini batas maksimum suhunya adalah 150°C. Sehingga modul TEG mengalami kerusakan dan efisiensinya menjadi berkurang karena suhunya melebihi batas maksimum. Saat dilakukan percobaan yang sebenarnya, nilai arus dan tegangan yang dihasilkan lebih kecil daripada arus dan tegangan yang dihasilkan pada spesifikasi TEG, dikarenakan kerusakan yang terjadi pada modul TEG tersebut.

3.2.5 Perhitungan Koefisien Seebeck (α)

Sebelumnya telah dijelaskan pada bab 2 bahwa ada beberapa proses fisik pada modul termoelektrik, salah satunya adalah efek seebeck. Telah diketahui efek seebeck adalah, jika terdapat perbedaan Dimana:

V = tegangan (volt)

α = koefisien seebeck (V/K)

ΔT = perbedaan suhu antara dua sambungan (K)

Untuk mendapatkan nilai koefisien seebeck digunakan metode least square. Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$m = \frac{N\sum(xy) - \sum x \sum y}{N\sum(x^2) - (\sum x)^2} \dots\dots\dots(4.3)$$

$$b = \frac{\sum y - m \sum x}{N} \dots\dots\dots(4.4)$$

temperatur antar dua sambungan, maka akan dihasilkan tegangan listrik. Berikut adalah persamaan efek seebeck :

$$V = \alpha \Delta T \dots\dots\dots(4.1)$$

$$y = mx + b \dots\dots\dots(4.2)$$

Kemudian asumsi kan persamaan 4.1 kedalam persamaan 4.2 yaitu m sebagai α, ΔT sebagai x, dan y sebagai V. Untuk menemukan nilai yang paling cocok untuk nilai koefisien seebeck dengan menghitung nilai m dan b dengan persamaan sebagai berikut :

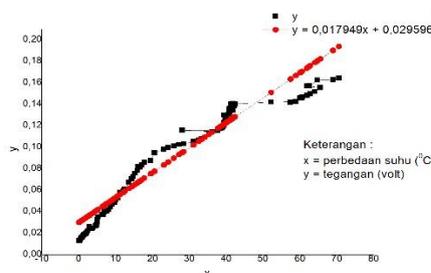
Dari persamaan 4.3 dan 4.4 didapatkan :

m	b
0,017949	0,029596

Kemudian masukkan nilai m dan b yang didapatkan ke persamaan 4.2, maka didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$Y = 0,017949x + 0,029596$$

Kemudian hitung nilai y (tegangan) dengan menggunakan persamaan diatas, lalu hitung nilai errornya terhadap nilai tegangan yang sebenarnya. Lalu petakan kedalam grafik seperti dibawah ini.



Gambar 4.. Grafik perbandingan nilai tegangan yang sebenarnya dengan nilai tegangan yang dihitung menggunakan metode least square.

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa nilai tegangan yang sebenarnya dengan nilai tegangan yang dihitung dengan menggunakan metode least square memiliki nilai error yang kecil, sehingga nilai m atau koefisien seebeck yang didapatkan dengan metode least square dapat digunakan untuk menghitung nilai tegangan yang terdapat pada persamaan koefisien seebeck pada persamaan 4.1. Dari perhitungan diatas didapatkan nilai koefisien seebeck adalah 0,017949 V/K.

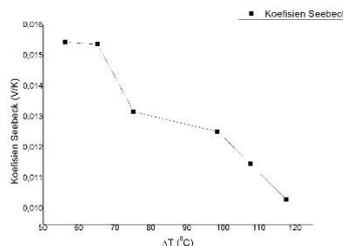
3.2.6 Pengambilan Data Dengan Menggunakan Kompor Biomassa Berbeda

No	Th	Tc	ΔT	Tegangan (volt)	Arus (mA)	Koefisien Seebeck (α) V/K	Hambatan Dalam Modul Termoelektrik ($k\Omega$)
1	70	31,5	38,5	0,2362	63,9	0,017949	0,999999
2	90	33,8	56,2	0,9783	110,4	0,015451	2,2473333
3	105	39,8	65,2	1,25	111,3	0,015379	3,97999602
4	116	40,8	75,2	1,34	132,8	0,013178	4,11999588
5	140	41,5	98,5	1,73	389,6	0,012529	5,88999358
6	150	42,3	107,7	2,12	587,6	0,011479	6,41999358
7	160	42,5	117,5	2,37	645,5	0,010311	7,5999924

Tabel 4.3 Hasil Akhir Pengolahan Data

Kemudian dipetakan dalam bentuk grafik untuk setiap data.

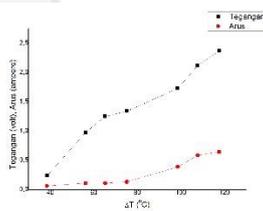
- Perbandingan nilai koefisien seebeck dan perbedaan suhu pada TEG



Gambar Grafik Perbandingan Nilai Koefisien Seebeck Terhadap Perbedaan Suhu Pada TEG

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai koefisien seebeck berbanding terbalik dengan kenaikan perbedaan suhu TEG. Hal ini dikarenakan sesuai dengan persamaan koefisien seebeck yaitu $V = \alpha\Delta T$ sehingga nilai koefisien seebeck berbanding terbalik dengan perbedaan suhu pada TEG

- Perbandingan Nilai Tegangan dan Arus dengan Perbedaan Suhu pada TEG



Gambar Grafik Perbandingan Nilai Tegangan dan Arus Terhadap Perbedaan Suhu Pada TEG

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai tegangan dan arus yang dihasilkan pada TEG berbanding lurus dengan kenaikan nilai perbedaan suhu pada TEG, sesuai dengan teori efek seebeck.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Dari hasil pengambilan data saat api kompor berada pada rentang suhu 0 – 100 °C, didapatkan bahwa nilai arus dan tegangan yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan kenaikan suhu. Hal ini sesuai dengan teori efek seebeck yang sudah disebutkan pada bab 2 dimana besarnya tegangan dan arus yang dihasilkan sebanding dengan gradien temperatur yang didapatkan.
- Dari hasil pengambilan data saat api kompor dalam keadaan suhu tunak dengan penambahan nilai

hambatan untuk setiap data, nilai tegangan yang dihasilkan semakin besar dan arus yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini dikarenakan kenaikan nilai hambatan berbanding terbalik dengan nilai arus. Hal ini terjadi berdasarkan hukum ohm yang menyatakan, besar arus listrik (I) yang mengalir melalui sebuah penghantar atau konduktor akan berbanding lurus dengan beda potensial / tegangan (V) yang diterapkan kepadanya dan berbanding terbalik dengan hambatannya (R).

3. Nilai tegangan dan arus maksimum yang dapat dihasilkan dalam percobaan ini adalah 2,37 volt dan 645,5 mA.
4. Hambatan dalam modul termoelektrik nilainya konstan terhadap kenaikan nilai hambatan yang ditambahkan pada rangkaian sistem generator termoelektrik.
5. Hasil perhitungan daya output untuk pengambilan data saat api kompor pada rentang suhu 0 – 100 °C yang dihasilkan berbanding lurus dengan kenaikan suhu, sesuai dengan teori efek seebeck.
6. Hasil perhitungan daya output untuk pengambilan data saat api kompor dalam keadaan tunak hasilnya berbanding terbalik dengan kenaikan nilai hambatan yang ditambahkan untuk setiap percobaan. Hal ini dikarenakan nilai arus yang dihasilkan semakin kecil seiring dengan kenaikan nilai hambatan, sehingga berpengaruh kepada daya output yang dihasilkan. Karena arus berbanding lurus dengan daya.
7. Nilai koefisien seebeck nilainya adalah konstan, yang dihitung dengan menggunakan metode least square.
8. Nilai koefisien Seebeck berbanding terbalik dengan kenaikan nilai perbedaan suhu (ΔT), pada saat TEG mencapai suhu maksimum yaitu 160 °C pada percobaan ini, nilai koefisien seebeck yang dihasilkan adalah 0,010311 V/K

Daftar Pustaka

Ludeman, L. C., 1987, *Fundamental of Digital Signal Processing*, Singapore, John Wiley & Sons, Inc.

[1] Purba, DS. 2017. "Rancang Bangun Kompor Biomassa". Tugas Akhir. Medan. Universitas Negeri Medan.

[2] Khalid, Muammar., Syukri, Mahdi., Gapy, Mansur. 2016. "Pemanfaatan Energi Panas Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil Dengan Menggunakan Termoelektrik". *Jurnal Online Teknik Elektro*. e-ISSN: 2252-7036 Vol.1 No.3 2016: 57-62. Aceh. Universitas Syiah Kuala.

[3] Sihombing, E. 2017. "Optimasi Efisiensi Kalor Kompor Biomassa Dengan Menggunakan Sekam Padi dan Serbuk Gergaji Kayu". Tugas Akhir. Medan. Universitas Negeri Medan.

[4] Obengplus. (2017, 24 Maret). "Kompor Solo Stove Titan Portable Untuk Kamping". Diperoleh 24 Oktober 2018, dari <http://obengplus.com/articles/8027/1/>

[5] Yono, N.T., Marpaung, M.A., Desnita. 2016. "Pengembangan Media Pembelajaran Termoelektrik Generator Sebagai Sumber Energi". DOI: doi.org/10.21009/1.02209. Jakarta. Universitas Negeri Jakarta.

[6] Lineykin, S., and Ben-Yaakov, S. 2007. "Modeling and Analysis of Thermoelectric Modules". *IEEE Transaction On Industry Application*, Vol. 43, No 2.

[7] Ajiwiguna, T.A. (2014, 15 Juni) "Dasar Perhitungan Termoelektrik (Thermoelectric)/Elemen Panas Dingin". Diperoleh 8 November 2018, dari <http://catatan-teknik.blogspot.com/2014/06/dasar-perhitungan-termoelektrik.html>.

[8] Teknik Elektronika. (2018, 2 Mei). "Pengertian Termokopel (Thermocouple) dan Prinsip Kerjanya". Diperoleh 28 Oktober 2018, dari <https://teknikelektronika.com/pengertian-termokopel-thermocouple-dan-prinsip-kerjanya/>.

[9] Optimisinfo. (2016, Maret). "Apa itu Heatsink". Diperoleh 20 Oktober 2018, dari <https://optimisinfo.blogspot.com/2016/03/>.

[10] Allegromicro. (2017, 5 Juni). "Datasheet ACS712". Diperoleh 13 Desember 2018, dari <https://www.allegromicro.com/.../datasheets/acs712-datasheet>.

[11] Makerlab-electronic. (2015, Maret). "Thermoelectric power generator module teg sp1848-27145". Diperoleh 13 Desember 2018, dari <https://www.makerlab-electronics.com/product/thermoelectric-power-generator-module-teg-sp1848-27145/>

[12] Electricityofdream. (2016, September). "Tutorial mengukur tegangan dengan modul". Diperoleh 13 Desember 2018, dari <http://electricityofdream.blogspot.com/2016/09/tutorial-mengukur-tegangan-dengan-modul.html>

[13] Farnell. (2016, April). "Datasheets". Diperoleh 13 Desember 2018, dari <https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf>