



Jurnal Artikel

Experimentation of Two Types of Thermoelectric Modules for Converting Thermal Energy to Electricity

Miftah Almunir¹, Rifky^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA
JL. Tanah Merdeka No 6, Kp. Rambutan, Pasar Rebo Jakarta Timur- Indonesia
Telp: (021)87782739, Fax 021-8400941
*Email: rifky@uhamka.ac.id

Artikel Info - : Received : 24 Feb 2023; Revised : 23 March 2023; Accepted: 25 March 2023

Abstrak

Termoelektrik adalah suatu perangkat yang dapat mengubah energi kalor (perbedaan temperatur) menjadi energi listrik. Termoelektrik dapat berfungsi sebagai generator listrik, pompa kalor, dan sebagai pendingin. Penelitian ini tentang dua buah modul termoelektrik yaitu tipe TEC 1-127061-12706 dan TEG SP 1848. Umumnya modul tipe TEC 1-12706 digunakan sebagai pendingin, sedangkan modul tipe TEG SP 1848 dimanfaatkan sebagai generator. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan kinerja dari masing-masing kedua modul sebagai konverter energi termal menjadi energi listrik. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Dari masing-masing jenis modul sebanyak empat modul dirangkai membentuk sistem, sehingga diperoleh dua sistem generator termoelektrik yang berbeda tipe modul. Sisi panas modul dilekatkan pelat aluminium dan diberi panas dari sumber panas dari heater. Sisi dingin modul juga dilekatkan aluminium dan diberikan pendingin dar es batu. Pada penelitian ini digunakan es batu sebagai penstabil temperatur pendinginnya. Pengambilan data dengan pengukuran, yaitu pengukuran temperatur aluminium atas, temperatur sisi panas, temperatur sisi dingin, dan temperatur aluminium bawah. Tegangan dan arus yang dihasilkan masing-masing sistem termoelektrik diukur untuk mendapatkan daya luarannya. Hasil penelitian mendapatkan bahwa generator termoelektrik tipe TEC 1-12706 menghasilkan daya listrik maksimum 3,7908 W dan minimum 0,9541 W. Untuk tipe TEG SP 1848 menghasilkan daya listrik maksimum 5,7970 W dan minimum 0,9250 W.

Kata kunci: termoelektrik, energi termal, aluminium, generator.

Abstract

Thermoelectric is a device that can convert heat energy (temperature difference) into electrical energy. Thermoelectric can work as an electric generator, heat pump, and as a coolant. This research is about two thermoelectric modules, namely the TEC 1-127061-12706 type and the TEG SP 1848. Generally, the TEC 1-12706 type module is used as a coolant, while the TEG SP 1848 type module is used as a generator. The purpose of this study was to obtain the performance of each of the second modules as a converter of thermal energy into electrical energy. This study uses an experimental method. From each type of module, four modules are assembled to form a system, in order to obtain two thermoelectric generator systems with different types of modules. The hot side of the module is attached to an aluminum plate and is given heat from the heat source from the heater. The cold side of the module is also aluminum affixed and provided with an ice cube cooler. In this study, ice cubes were used as a stabilizer for the cooling temperature. Data retrieval by measurement, namely the measurement of the temperature of the top aluminum, the temperature of the hot side, the temperature of the cold side, and the temperature of the bottom aluminum. connections and the resulting current of each thermoelectric system is measured to obtain its output power. The results showed that the thermoelectric generator type TEC 1-12706 produces a maximum electric power of 3,7908 W and a minimum of 0,9541. For the TEG SP 1848 type, it produces a maximum electric power of 5,7970 W and a minimum of 0,9250 W.

Keywords: thermoelectric, termal energy, aluminium, Generator.



1. PENDAHULUAN

Setiap tahun pemakaian energi listrik semakin meningkat. Seiring dengan bertambahnya jumlah populasi hidup manusia. Untuk aktivitas manusia saat ini masih mengandalkan energi fosil. Jika hanya mengandalkan sumber dari energi fosil, maka jumlah energi fosil yang tersisa tidak dapat memenuhi kebutuhan energi untuk aktivitas kehidupan manusia yang semakin banyak (Sasmita et al., 2019).

Seiring dengan bertambahnya waktu, energi fosil akan mengalami pengurangan ketersediaan dan menipis, sehingga untuk mengatasipasinya dikembangkan sebuah sumber energi baru sebagai suatu langkah alternatif terbaik dan efisien. Langkah dalam pengembangan Energi Baru dan Terbarukan (EBT) harus segera dilakukan sebagai suatu upaya pengurangan energi tak terbarukan saat ini serta mewujudkan suatu energi yang ramah lingkungan dan bersih (Azhar & Satriawan, 2018).

Pengembangan suatu energi sangatlah dibutuhkan untuk dapat memenuhi kebutuhan pengguna energi, salah satunya adalah dengan memanfaatkan modul generator termoelektrik (TEG) sebagai konverter energi alternatif, dimana paparan panas yang menyoroti generator termoelektrik akan menghasilkan energi listrik. Jika terjadi perbedaan temperatur maka akan menciptakan arus dan tegangan (Rafika et al., 2017).

Penggunaan dua jenis modul termoelektrik tipe TEC 1-12706 dan TEG SP 1848 dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik yaitu dengan mengkonversikan energi panas pada material semikonduktor, dan menjadi teknologi yang inovatif dan aman (Andrapica et al., 2017).

2. DASAR TEORI

2.1 Modul Termoelektri

Modul termoelektrik (TE) adalah sebuah alat yang dapat dijadikan sebagai pendingin termoelektrik atau sebagai pembangkit listrik tanpa ada pergerakan dari suatu komponen (Puspita et al., 2017). Modul TE dapat digunakan baik untuk pendinginan atau pembangkit listrik. Modul TE terbentuk dari dua pasang material yaitu material semikonduktor tipe N dan P, dimana dengan menerapkan sumber panas di satu sisi dan heat sink yang lebih dingin di sisi lain, dihasilkan tenaga listrik dan sebaliknya. Tenaga listrik dapat diubah menjadi pendinginan atau pemanasan dengan membalikkan arah arus (Twaha et al., 2016).

2.2 Efek Seebeck

Efek *Seebeck* adalah konversi perbedaan temperatur menjadi arus listrik. Perbedaan temperatur pada material dikenakan antara dua sisi umumnya akan ditemukan bahwa perbedaan potensial atau tegangan V akan muncul pada voltmeter. Dengan demikian efek *Seebeck* menggambarkan konversi energi panas yang terjadi diantara kedua sambungan, maka akan terjadi arus listrik (Taylor & Francis Group, 2015). Nilai koefisien *Seebeck* dapat ditentukan pada persamaan dibawah ini (Ginancar et al., 2019):

$$\alpha = \frac{V}{\Delta T} \quad (1)$$

2.3 Efek Peltier

Ketika arus mengalir melintasi persimpangan antara dua kabel yang berbeda, ditemukan bahwa panas harus terus ditambahkan atau dikurangi di persimpangan untuk menjaga temperaturnya konstan. Panas sebanding dengan aliran arus dan berubah tanda ketika arus dibalik. Pemanasan atau pendinginan *Peltier* bersifat reversibel antara panas dan listrik. Ini berarti bahwa pemanasan (atau pendinginan) akan menghasilkan listrik dan listrik akan

menghasilkan pemanasan (atau pendinginan) tanpa kehilangan energi (Lee, 2010).

$$q = \pi \cdot I \quad (2)$$

2.4 Efek Thomson

Efek Thomson adalah ketika terdapat arus yang mengalir dalam kawat dengan gradien temperatur, panas kemudian diserap atau dibebaskan melalui kawat tergantung pada material dan arah arusnya. Panas pada Thomson sebanding dengan arus listrik atau gradien temperatur. Koefisien Thomson memiliki keunikan di antara koefisien termoelektrik, karena satu-satunya koefisien termoelektrik yang dapat diukur secara langsung untuk masing-masing material terdapat pada efek Thomson. Panas Thomson bersifat reversibel antara panas dan listrik (Lee, 2010).

$$q = \tau \cdot I \cdot \Delta T \quad (3)$$

2.4 Generator Termoelektrik

Generator termoelektrik adalah generator listrik, dimana energi panas diubah menjadi energi listrik dengan memanfaatkan energi termal yang diubah menjadi energi listrik tanpa ada bagian yang bergerak dari sebuah lempeng logam. Termoelektrik bisa mengubah langsung dari termal menjadi energi listrik yang berdasarkan efek *Seebeck* (Lee, 2010).

figure of merit adalah nilai paduan untuk menentukan efisiensi daya perangkat material di pembangkit listrik termoelektrik. Efisiensi tinggi material termoelektrik menawarkan potensi besar untuk mengumpulkan panas buangan untuk konversi ke listrik (Haryanto et al., 2015). Untuk menentukan *figure of merit* dapat digunakan persamaan di bawah ini (Lee, 2010):

$$Z = \frac{\alpha^2}{\rho k} \quad (4)$$

Efisiensi merupakan sebuah kemampuan dari usaha konversi (panas) untuk menentukan hasil

secara keseluruhan (η) (Simatupang, 2009). Efisiensi generator termoelektrik (TEG) dihitung menggunakan rumus di bawah ini (Lee, 2010):

$$\eta = \frac{W}{Qh} = \frac{V \cdot I}{\alpha \cdot Th \cdot I - \frac{1}{2} I^2 \cdot R + K(Th - Tc)} \quad (5)$$

Untuk mengetahui resistansi listrik (R) digunakan persamaan di bawah ini dengan ρ adalah resistivitas listrik, kemudian L adalah tebal material dan A adalah luas alas (Lee, 2010):

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} \quad (6)$$

Untuk mengetahui konduktansi termal (K) digunakan persamaan di bawah ini, yaitu k adalah konduktivitas termal, A adalah luas alas, dan L adalah tebal material (Lee, 2010):

$$K = \frac{k \cdot A}{L} \quad (7)$$

Untuk menentukan daya yang dihasilkan dari generator termoelektrik dapat menggunakan rumus di bawah ini (Ginanjari et al., 2019):

$$P = V \cdot I \quad (8)$$

Generator termoelektrik menghasilkan arus listrik yang sangat efisien bersumber dari panas yang diberikan. Daya yang didistribusikan memiliki variasi tergantung pada konsumsi arus beban listrik. Untuk mencapai daya luaran maksimum, impedansi beban listriknya sesuai dengan resistansi internal. Oleh karena itu, untuk mendapatkan daya luaran yang maksimum, diperlukan susunan varian sambungan generator termoelektrik (Rifky, Fikri & Mujirudin, 2021).

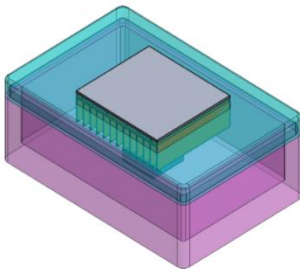
3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3-1 Diagram alir penelitian

3.2 Desain Penelitian



Gambar 3-2 Desain alat simulasi penelitian

Gambar 3-2 adalah alat penelitian yang berbentuk dari plat aluminium 130mm x 120mm x 3mm, *heat sink* 130mm x 120mm x 35mm. Di dalam alat penelitian tersebut terdapat modul termoelektrik, sisi panas dan sisi dingin berbahan aluminium, dan bak penampung es styrofoam.

3.3 Alat-Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Termometer digital
2. Solder uap
3. Multimeter

3.4 Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini:

1. Alumunium

2. Isolator (*Styrofoam*)
3. *Heat sink*
4. Es batu
5. Garam kasar

3.5 Spesifikasi TEC 1-12706

Penelitian ini menggunakan modul termoelektrik TEC 1-12706



Gambar 3-3 TEC 1-12706

Berikut ini adalah spesifikasi dari modul termoelektrik TEC 1-12706 (Fikri, 2016):

Judul Spesifikasi TEC 1-12706	Keterangan
Ukuran	40mm x 40mm x 3,8mm
Imax	7A
Vmax	15,0V
Qcmax	51,40W
Tmax	69°C
Resistance	1,98 ohm
Temperatur max	180°C
Temperatur operasi min	-50°C

3.6 Spesifikasi TEG SP 1848



Gambar 3-4 TEG SP 1848

Berikut ini adalah spesifikasi dari modul termoelektrik TEG SP 1848 (Everredtronics, 2020):

Judul Spesifikasi TEG SP 1848	Keterangan
Ukuran	40mm x 40mm x 3,4mm

Imax	6A
Vmax	14,4V
Qcmax	62,2W
Tmax	77°C
Resistance	2,35 ohm
Temperatur max	160°C
Temperatur operasi min	-50°C

3.7 Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan dilantai 2 rumah Perum Coco Garden dengan mengukur, temperatur, *voltage* dan arus yang dihasilkan. Metode yang dilakukan yaitu eksperimental. Data penelitian ini diambil dari hasil percobaan yang dilakukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Temuan atau Hasil Penelitian

Setelah selesai melakukan penelitian menggunakan alat rancangan generator termoelektrik yang dibuat dengan box styrofoam maka didapatkan perolehan data sebagai berikut: temperatur lingkungan, temperatur termoelektrik sisi panas, temperatur termoelektrik sisi dingin, temperatur es dalam bak pendingin, tegangan, arus.

4.1.1 Hasil Pengukuran TEC 1-12706 Rangkaian Seri

Pengukuran parameter masukan ataupun luaran dari generator termoelektrik yang disusun dengan rangkaian seri dilakukan dari temperatur awal yaitu 20°C sampai dengan 80°C. Pengukuran dilakukan per 10°C dari batasan temperatur awal 20°C.

Tabel 4-1 Hasil pengukuran TEG rangkaian seri modul TEC 1-12706

No.	Suhu	DATA MASUKAN				DATA LUARAN	
		T _L [°C]	T _{SP} [°C]	T _{SD} [°C]	T _{ESB} [°C]	I (ampere)	V (volt)
1	20	30.5	20.0	1.1	-5.3	0.29	3.29
2	30	30.5	30.2	2.4	-5.2	0.4	5.08
3	40	30.5	40.3	3.5	-5.2	0.45	5.7
4	50	30.5	50.4	6.2	-4.9	0.48	6.61
5	60	30.5	60.1	8.6	-4.7	0.5	7.03
6	70	30.5	70.2	11.3	-4.5	0.51	7.42
7	80	30.5	80.6	14.6	-4.2	0.52	7.29
Maksimum		30.5	80.6	14.6	-4.2	0.52	7.42
Minimum		30.5	20.0	1.1	-5.3	0.29	3.29
Rata-rata		30.5	50.26	6.81	-4.9	0.45	6.06

4.1.2 Hasil Pengukuran TEG SP 1848 Rangkaian Seri

Pengukuran parameter masukan ataupun luaran dari generator termoelektrik yang disusun dengan rangkaian seri dilakukan dari temperatur awal yaitu 20°C sampai dengan 80°C. Pengukuran dilakukan per 10°C dari batasan temperatur awal 20°C. Hasil pada pengukuran dapat dilihat dalam tabel 4-2.

Tabel 4-2 Hasil pengukuran TEG rangkaian seri modul TEG SP 1848

No.	Suhu	DATA MASUKAN				DATA LUARAN	
		T _L [°C]	T _{SP} [°C]	T _{SD} [°C]	T _{ESB} [°C]	I (ampere)	V (volt)
1	20	30.6	20.1	0.2	-6	0.25	3.7
2	30	30.6	30.6	1.8	-6	0.35	5.59
3	40	30.6	40.5	4.2	-6	0.46	7.31
4	50	30.6	50.3	5.1	-6	0.47	7.75
5	60	30.6	60.1	8.6	-5.9	0.55	9.26
6	70	30.6	70.4	9.1	-5.9	0.54	9.52
7	80	30.6	80.7	12.6	-4.8	0.55	10.54
Maksimum		30.6	80.7	12.6	-4.8	0.55	10.54
Minimum		30.6	20.1	0.2	-6	0.25	3.7
Rata-rata		30.6	50.39	5.94	-5.8	0.45	7.67

4.2 Pembahasan

4.2.1 Daya Luaran Rangkaian Seri Modul TEG SP 1848

Tabel 4-3 Perhitungan daya rangkaian seri modul TEG SP 1848

No.	ΔT [°C]	P [W]
1	19.9	0.9250
2	28.8	1.9565
3	36.3	3.3626
4	45.8	3.6425
5	51.5	5.0930
6	61.7	5.1408
7	68.1	5.7970
Maksimum	68.1	5.7970
Minimum	19.9	0.9250
Rata-rata	44.6	3.7025

4.2.2 Daya Luaran Rangkaian Seri Modul TEC 1-12706

Tabel 4-4 Perhitungan daya rangkaian seri modul TEC 1-12706

No.	ΔT [°C]	P [W]
1	18.9	0.9541
2	27.8	2.0320
3	36.8	2.5650
4	44.2	3.1728
5	51.5	3.5150
6	58.9	3.7842
7	66	3.7908
Maksimum	66	3.7908
Minimum	18.9	0.9541
Rata-rata	43.4	2.8306

4.2.3 Efisiensi Generator Termoelektrik Rangkaian Seri TEC 1-12706

Tabel 4-5 Perhitungan efisiensi rangkaian seri TEC 1-12706

No	α	Th	I	P	R	K	ΔT	Qh	P	η
1	0.1741	20.0	0.29	0.08	1.98	0.23	18.9	5.27	0.9541	18.09%
2	0.1827	30.2	0.4	0.16	1.98	0.23	27.8	8.44	2.0320	24.07%
3	0.1549	40.3	0.45	0.20	1.98	0.23	36.8	11.07	2.5650	23.17%
4	0.1495	50.4	0.48	0.23	1.98	0.23	44.2	13.56	3.1728	23.41%
5	0.1365	60.1	0.5	0.25	1.98	0.23	51.5	15.70	3.5150	22.39%
6	0.1260	70.2	0.51	0.26	1.98	0.23	58.9	17.80	3.7842	21.26%
7	0.1105	80.6	0.52	0.27	1.98	0.23	66.0	19.54	3.7908	19.40%
Maksimum	0.1827	80.6	0.52	0.27	1.98	0.23	66.0	19.54	3.7908	24.07%
Minimum	0.1105	20.0	0.29	0.08	1.98	0.23	18.9	5.27	0.9541	18.09%
Rata-rata	0.1477	50.3	0.45	0.21	1.98	0.23	43.4	13.06	2.8306	21.68%

4.2.4 Efisiensi Generator Termoelektrik Rangkaian Seri TEG SP 1848

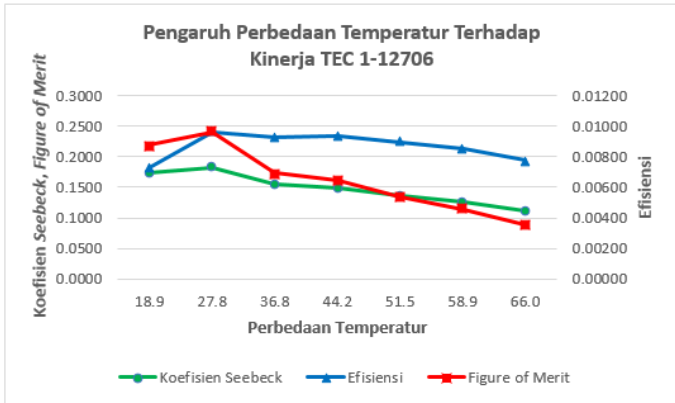
Tabel 4-6 Perhitungan efisiensi rangkaian seri TEG SP 1848

No	α	Th	I	P	R	K	ΔT	Qh	P	η
1	0.1859	20.1	0.25	0.06	2.35	0.26	19.9	6.03	0.9250	15.33%
2	0.1941	30.6	0.35	0.12	2.35	0.26	28.8	9.42	1.9565	20.76%
3	0.2014	40.5	0.46	0.21	2.35	0.26	36.3	12.94	3.3626	25.98%
4	0.1715	50.3	0.47	0.22	2.35	0.26	45.2	15.55	3.6425	23.43%
5	0.1798	60.1	0.55	0.30	2.35	0.26	51.5	18.98	5.0930	26.84%
6	0.1553	70.4	0.54	0.29	2.35	0.26	61.3	21.50	5.1408	23.91%
7	0.1548	80.7	0.55	0.30	2.35	0.26	68.1	24.22	5.7970	23.93%
Maksimum	0.2014	80.7	0.55	0.30	2.35	0.26	68.1	24.22	5.7970	26.84%
Minimum	0.1548	20.1	0.25	0.06	2.35	0.26	19.9	6.03	0.9250	15.33%
Rata-rata	0.1775	50.4	0.45	0.22	2.35	0.26	44.4	15.52	3.7025	23.86%

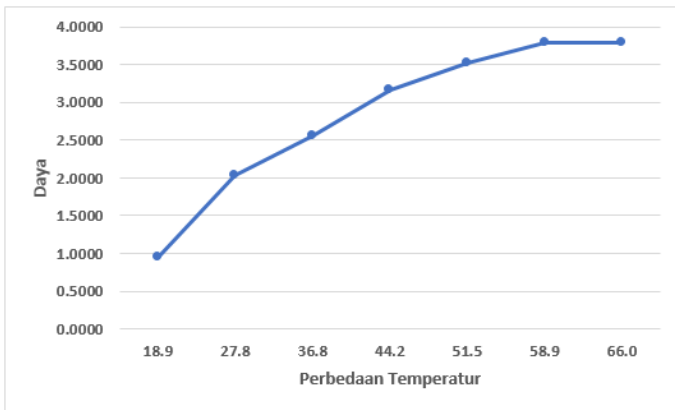
4.2.5 Pengaruh Perbedaan Temperatur terhadap Kinerja TEC 1-12706

Tabel 4-7 Pengaruh rangkaian seri terhadap kinerja TEC 1-12706

No.	SUHU	DATA MASUKAN				DATA LUARAN			KINERJA SISTEM		
		T_{sp} [°C]	T_{so} [°C]	T_{mb} [°C]	ΔT_{TE} [°C]	I (ampere)	V (volt)	P [watt]	α (volt/°C)	Z	η
1	20	20	1.1	-5.3	18.9	0.29	3.29	0.9541	0.1741	0.00874	18.09%
2	30	30.2	2.4	-5.2	27.8	0.4	5.08	2.0320	0.1827	0.00963	24.07%
3	40	40.3	3.5	-5.2	36.8	0.45	5.7	2.5650	0.1549	0.00692	23.17%
4	50	50.4	6.2	-4.9	44.2	0.48	6.61	3.1728	0.1495	0.00645	23.41%
5	60	60.1	8.6	-4.7	51.5	0.5	7.03	3.5150	0.1365	0.00537	22.39%
6	70	70.2	11.3	-4.5	58.9	0.51	7.42	3.7842	0.1260	0.00458	21.26%
7	80	80.6	14.6	-4.2	66.0	0.52	7.29	3.7908	0.1105	0.00352	19.40%
Maksimum		80.6	14.6	-4.2	66.0	0.52	7.42	3.7908	0.1827	0.00963	24.07%
Minimum		20	1.1	-5.3	18.9	0.29	3.29	0.9541	0.1105	0.00352	18.09%
Rata-rata		50.3	6.8	-4.9	43.4	0.45	6.06	2.8306	0.1477	0.00646	21.68%



Gambar 4-1 Pengaruh perbedaan temperatur terhadap kinerja TEC 1-12706

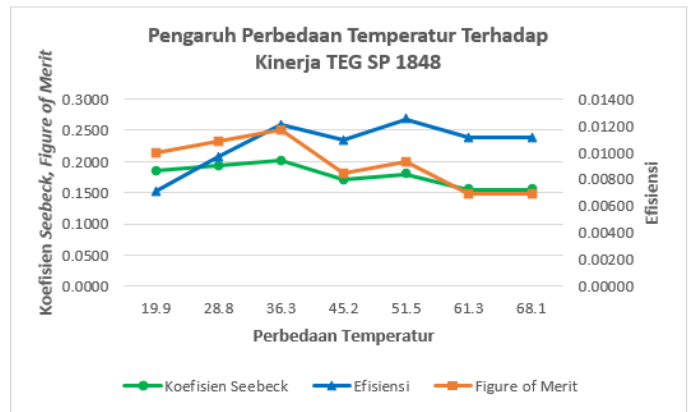


Gambar 4-2 Perbedaan temperatur dan daya TEC 1-12706

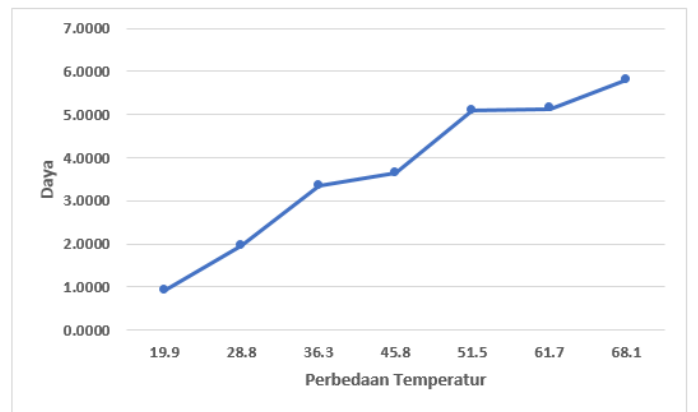
4.2.6 Pengaruh Perbedaan Temperatur terhadap Kinerja TEG SP 1848

Tabel 4-8 Pengaruh rangkaian seri terhadap kinerja TEG SP 1848

No.	SUHU	DATA MASUKAN				DATA LUARAN			KINERJA SISTEM		
		$T_{sp}[^{\circ}C]$	$T_{sd}[^{\circ}C]$	$T_{esb}[^{\circ}C]$	$\Delta T_{Te}[^{\circ}C]$	I (ampere)	V (volt)	P (watt)	α (volt/ $^{\circ}C$)	Z	η
1	20	20.1	0.2	-6.0	19.9	0.25	3.7	0.9250	0.1859	0.00997	15.33%
2	30	30.6	1.8	-6.0	28.8	0.35	5.59	1.9565	0.1941	0.01086	20.76%
3	40	40.5	4.2	-6.0	36.3	0.46	7.31	3.3626	0.2014	0.01169	25.98%
4	50	50.3	5.1	-6.0	45.2	0.47	7.75	3.6425	0.1715	0.00848	23.43%
5	60	60.1	8.6	-5.9	51.5	0.55	9.26	5.0930	0.1798	0.00932	26.84%
6	70	70.4	9.1	-5.9	61.3	0.54	9.52	5.1408	0.1553	0.00695	23.91%
7	80	80.7	12.6	-4.8	68.1	0.55	10.54	5.7970	0.1548	0.00691	23.93%
Maksimum		80.7	12.6	-4.8	68.1	0.55	10.54	5.7970	0.2014	0.01169	26.84%
Minimum		20.1	0.2	-6.0	19.9	0.25	3.7	0.9250	0.1548	0.00691	15.33%
Rata-rata		50.4	5.9	-5.8	44.4	0.45	7.67	3.7025	0.1775	0.00917	23.86%



Gambar 4-3 Pengaruh perbedaan temperatur terhadap kinerja TEG SP 1848

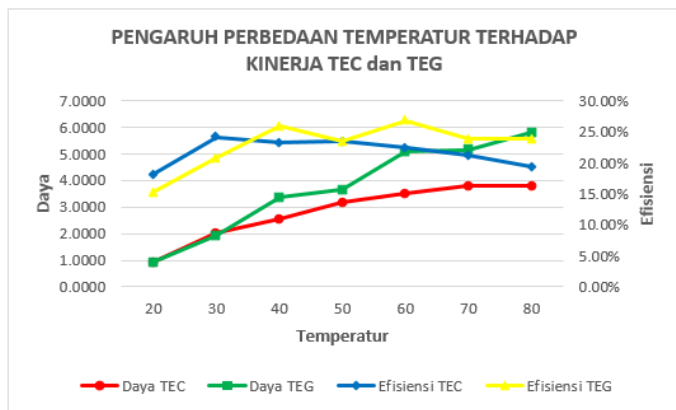


Gambar 4-4 Perbedaan temperatur dan daya TEG SP 1848

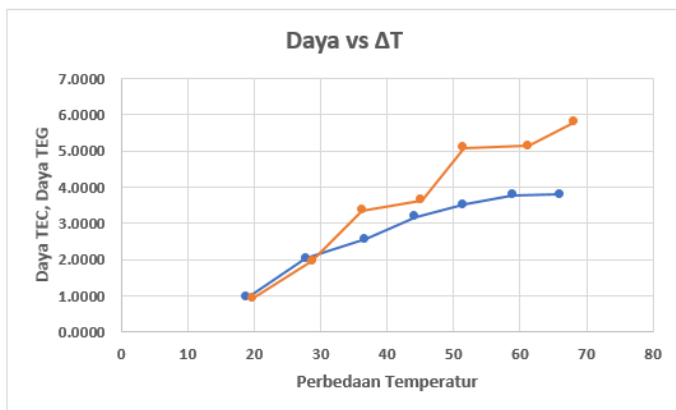
4.2.7 Pengaruh Temperatur terhadap Kinerja TEC 1-12706 dan TEG SP 1848

Tabel 4- 11 Pengaruh Temperatur terhadap Kinerja TEC1-12706 dan TEG SP 1848

Pengaruh Temperatur terhadap Kinerja TEC-1 12706 dan TEG SP 1848					
NO.	T	TEC-1 12706		TEG SP 1848	
		P [W]	Eff [%]	P [W]	Eff [%]
1	20	0.9541	18.09%	0.9250	15.33%
2	30	2.0320	24.07%	1.9565	20.76%
3	40	2.5650	23.17%	3.3626	25.98%
4	50	3.1728	23.41%	3.6425	23.43%
5	60	3.5150	22.39%	5.0930	26.84%
6	70	3.7842	21.26%	5.1408	23.91%
7	80	3.7908	19.40%	5.7970	23.93%
Maksimum		3.7908	24.07%	5.7970	26.84%
Minimum		0.9541	18.09%	0.9250	15.33%
Rata-rata		2.8306	21.68%	3.7025	23.86%



Gambar 4-5 Pengaruh temperatur terhadap daya, efisiensi modul TEC 1-12706 dan TEG SP 1848



Gambar 4-6 Perbedaan Temperatur terhadap Daya TEC dan TEG

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat diambil beberapa simpulan:

1. Dari hasil pengujian modul TEC 1-12706 menghasilkan daya rata-rata 2,8306W,

sedangkan modul TEG SP 1848 menghasilkan daya rata-rata 3,7025 W.

2. Rata-rata kinerja yang dihasilkan dari modul TEC1-12706 yang ditunjukkan oleh figure of merit sebesar 0,00646 1/°C, sedangkan modul TEG SP 1848 menghasilkan figure of merit sebesar 0,00917 1/°C. Efisiensi rata-rata yang dicapai TEC 1-12706 sebesar 21,68%, sedangkan yang dicapai TEG SP 1848 sebesar 23,86%.
3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Modul tipe TEG SP 1848 menghasilkan daya dan kinerja lebih baik, dibandingkan modul tipe TEC 1-12706 sebagai generator termoelektrik.

REFERENCES

- Everredronics. (2020). *Modul Seebeck generator-TEG*. Everredronic LTD.
- Fikri, H. A. Al. (2016). Efektifitas Modul Peltier TEC-12706 sebagai Generator dengan Memanfaatkan Energi Panas Dari Modul Peltier TEC-12706. *Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 02(01), 1–19.
- Ginanjar, Hiendro, A., & Suryadi, D. (2019). Perancangan dan Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik dengan menggunakan Kompor Surya sebagai Media Pemusat Panas. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).
- Haryanto, H., Makhsum, M. R., & Saraswati, I. (2015). Perancangan Modul Termoelektrik Generator Menggunakan Peltier. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 11(1), 26.
- Lee, H. (2010). Thermal Design. In *Transformer Design Principles*.
- Rifky, Fikri, A., & Mujirudin, M. (2021). Konversi Energi Termal Surya Menjadi Energi Listrik Menggunakan Generator Termoelektrik. 6(1).
- Rafika, H., Mainil, R. I., & Aziz, A. (2017). Kaji Eksperimental Pembangkit Listrik Berbasis Thermoelectric Generator (Teg) Dengan Pendinginan Menggunakan Udara. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 15 (1)(1), 7–11.
- Sasmita, S. A., Ramadhan, M. T., Kamal, M. I., & Dewanto, Y. (2019). Alternatif Pembangkit Energi Listrik Menggunakan Prinsip Termoelektrik Generator. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 21(1), 57.
- Simatupang, H. (2009). Karakteristik Termoelektrik Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Pendingin Air. *Teknik Mesin, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma*, 02(01), 17–73.
- Taylor & Francis Group, L. (2015). *Thermoelectric Materials*.