

## Komparasi Output Termoelektrik Genenerator (Kuat Arus dan Tegangan) Pada Jalan Aspal dan Jalan Beton Dengan 3 Variasi Bentuk Plat Tembaga

Luthfi Afiif Yazu<sup>1</sup>; Rahmat Iman Mainil<sup>1\*</sup>; Azridjal Aziz<sup>1</sup>

1. Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru, Riau 28293, Indonesia

\*Email: [rahmat.iman@lecturer.unri.ac.id](mailto:rahmat.iman@lecturer.unri.ac.id)

### Abstract

Solar radiation heat energy is energy that propagates throughout the ground and is absorbable stored at various object on the ground. A thermoelectric generator is a device that converts heat ( a temperature difference ) directly into electrical energy, using a phenomenon called the seebeck effect.. In this research, it was carried out by utilizing the absorption of solar radiation energy on a concrete road with cast concrete type III class with K 250 and asphalt type AC-WC as a thermoelectric generator. This research uses 3 thermoelectric generator modules type 1848 which will be arranged in series, the cooling system is filled with water using 2 asphalt and concrete variable, each of which has three variations of L, I and Z shape heat conductor plates. The test result show that aspalth has energy larger than concrete. L plate is the best plate on both asphalt and concrete roads. This research allows it to be developed to become a reference source of the latest alternative energy.

**Keywords:** Heat Energy, Thermoelectric generator, Plate variation

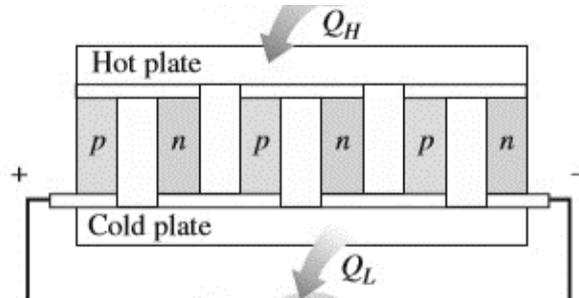
### Abstrak

Energi panas radiasi matahari adalah energi yang merambat ke seluruh permukaan tanah dan dapat diserap disimpan pada berbagai benda di permukaan bumi. Generator termoelektrik adalah suatu alat yang mengubah panas ( perbedaan suhu ) secara langsung menjadi energi listrik, dengan menggunakan fenomena yang disebut efek seebeck. Pada penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan penyerapan energi radiasi matahari pada jalan beton dengan cor beton tipe III kelas K 250 dan aspal tipe AC-WC sebagai pembangkit termoelektrik. Penelitian ini menggunakan 3 modul generator termoelektrik tipe 1848 yang akan disusun secara seri, sistem pendingin diisi air menggunakan 2 variabel aspal dan beton yang masing-masing memiliki tiga variasi pelat penghantar panas berbentuk L, I dan Z. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aspal memiliki energi yang lebih besar dari beton. Plat L adalah plat terbaik baik di jalan aspal maupun beton. Penelitian ini memungkinkan untuk dikembangkan menjadi sumber referensi energi alternatif terbaru.

**Kata Kunci:** Energi panas, Termoelektrik generator, Variasi plat

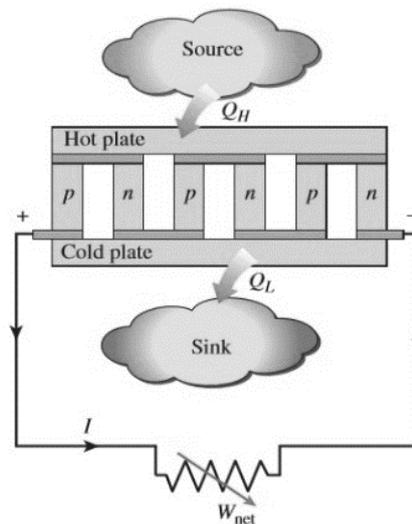
## 1. PENDAHULUAN

Termoelektrik generator adalah suatu alat yang dapat mengkonversikan perbedaan temperatur secara langsung menjadi tegangan listrik. Ketika ada temperatur yang berbeda pada kedua sisi sisinya. Ketika diberi tegangan listrik maka akan menghasilkan suatu perbedaan temperature [1].



Gambar 1. Susunan Semikonduktor Pada Termoelektrik

Fenomena termoelektrik memiliki sejarah dari seorang ilmuan berasal dari Jerman pada tahun 1821 bernama Thomas Johann Seebeck yang melakukan percobaan dengan dua buah logam tembaga dan besi yang dirangkai dan diantara kedua logam tersebut diletakkan sebuah jarum Kompas. Ketika salah satu ujung dari logam dipanaskan, terjadi pergerakan jarum Kompas. Fenomena ini timbul karena terjadi aliran listrik pada logam sehingga menimbulkan medan magnet [2].



Gambar 2. Model Rangkaian Dari Modul Termoelektrik

Termoelektrik generator memiliki prinsip yang kedua yaitu, Ketika rangkaian logam dialirkan sejumlah tegangan arus maka akan terjadi suatu perbedaan temperature pada kedua sisi rangkaian logam. Pada prinsip kedua ini biasanya dijadikan sebagai alat untuk menurunkan sebuah temperature dari object atau sebuah sistem [3].

Dalam tabel periodik unsur – unsur kimia tembaga dilambangkan dengan (Cu) dengan nomor atom 29 dan bobot atau berat atom 63, 546. Di alam bebas unsur tembaga ditemukan dalam bentuk logam bebas, namun lebih banyak ditemukan senyawa dalam bentuk mineral [4]. Berikut tabel dari beberapa nilai konduktivitas termal material pada (Tabel 1) dibawah

Tabel 1. Nilai Konduktivitas Termal Material

Bahan	K (W/m.K)	Bahan	K (W/m.K)
<b>Logam</b>		Lain-lain	
Alumunium	205	Bata	0.6
Kuningan	109	Merah	0.15
Tembaga	385	Bata	0.8
Timbal	34.7	Isolasi	0.04
Perak	406	Beton	0.8
Baja	50.2	Gabus	0.04
Raksa	8.3	Kaca	0.01
Besi	73	Batu	
<b>Gas</b>		Styrofoam	
Udara	0.024		
Argon	0.016		
Helium	0.14		
Hidrogen	0.14		
Oksigen	0.123		

Perpindahan energi diakibatkan oleh perbedaan temperatur pada suatu objek dengan lingkungan sekitarnya. Terdapat tiga cara energi berpindah yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

Konduksi adalah perpindahan panas melalui zat padat yang tidak ikut mengalami perpindahan. Artinya, perpindahan kalor pada suatu zat tersebut tidak disertai dengan perpindahan partikel-partikelnya.

Perpindahan panas secara konduksi terjadi dikarenakan adanya perbedaan temperatur. Perpindahan panas secara konduksi menggunakan fenomena dari hukum fourier tentang perpindahan panas satu dimensi. Persamaan lajur perpindahan panas secara konduksi dituliskan sebagai berikut [5]:

$$Q = K \cdot A \left( \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} \right) = -K \cdot A \frac{\Delta T}{\Delta x} \tag{1}$$

Ketika adanya gaya dari luar disebut konveksi paksa yang menyebabkan fluida bergerak naik. Sebaliknya Gerakan fluida yang disebabkan oleh perbedaan massa jenis dan perbedaan temperature pada suhu yang lebih tinggi menjadi lebih ringan, akibatnya fluida akan mengalir sendiri. Perpindahan panas aliran fluid ini disebut konveksi alami.

Radiasi matahari merupakan sebuah fenomena berpindahnya panas dari temperature yang tinggi ke temperature yang rendah tanpa adanya perantara. Salah satu contoh perpindahan panas secara radiasi yaitu perambatan cahaya matahari ke permukaan bumi yang tanpa adanya perantara.

Energi radiasi matahari berbentuk gelombang elektromagnetik yang berpindah melalui antara ruang [6].

$$Q_{abs} = \alpha \times Q_{incident} \tag{2}$$

$$Q_{ref} = (1 - \alpha) \times Q_{incident} \tag{3}$$

$$Q_{rad} = \varepsilon \times \sigma \times A_s \times (T_s^4 - T_{surr}^4) \tag{4}$$

Keterangan :

$Q_{abs}$  : Laju perpindahan kalor yang diserap (W)

- $Q_{ref}$  : Laju perpindahan kalor yang dipantulkan (W)
- $Q_{rad}$  : Laju perpindahan kalor radiasi (W)
- $Q_{incident}$  : Radiasi yang terjadi ( $W/m^2$ )
- $\alpha$  : Absorptivitas
- $\epsilon$  : Emisivitas
- $\sigma$  : Konstanta Boltzmann ( $5,67 \times 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$ )
- $A_s$  : Luas permukaan bidang ( $m^2$ )
- $T_s$  : Temperatur permukaan ( $^{\circ}C$ )
- $T_{surr}$  : Temperatur lingkungan sekitar ( $^{\circ}C$ )

Jalan beton merupakan jalan yang telah banyak digunakan di Indonesia yang memiliki kondisi lalu lintas yang trafiknya cukup tinggi dan mengalami beban lalu lintas secara konsisten dan terpapar radiasi matahari menimbulkan getaran mekanis sehingga mengalami peningkatan temperatur [7].

Aspal merupakan material untuk pembuatan jalan aspal dari semen hitam yang padat atau setengah padat dalam konsistensinya. Bitumen merupakan unsur yang terjadi secara alami yang dihasilkan oleh penyulingan minyak bumi (petroleum). AC-WC merupakan salah satu campuran aspal yang banyak digunakan dalam pembuatan jalan aspal.

Adapun pembagian kelas jalan aspal, dapat dilihat dalam (Tabel 2.) berikut ini :

**Tabel 2.** Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	$\sigma'_{bk}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma'_{bm}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tujuan	Pengawasan Terhadap Mutu Kekuatan Agregat Tekan	
					Ringan	Tanpa
I	B <sub>0</sub>	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
	B <sub>1</sub>	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
II	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K > 225	> 225	> 300	Struktural	Ketat	Kontinu

Energi matahari adalah energi yang dihasilkan, berupa cahaya dan panas dari matahari yang dapat diubah menjadi energi panas ataupun energi listrik melalui proses konversi.

**2. METODOLOGI**

**2.1. METODE PENELITIAN**

Penelitian dilakukan selama empat hari yaitu dimulai pada tanggal 30 november 2020 sampai 3 desember 2020 yang dilakukan dari jam 10.00 WIB – 15.00 WIB oleh peneliti sebelumnya [8], [9] dan [10]. Metode yang digunakan adalah metode penelitian eksperimen.

Dilakukan penelitian ini berguna untuk mengetahui pengaruh output daya listrik dengan memanfaatkan temperatur yang didapat dari penyerapan panas matahari oleh permukaan jalan beton dan jalan aspal dengan pelat penyerap tembaga berbentuk L, I dan Z. Untuk membandingkan daya yang dihasilkan dengan penyerapan panas jalan aspal dan jalan beton.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### 2.2. STUDI LITERATUR

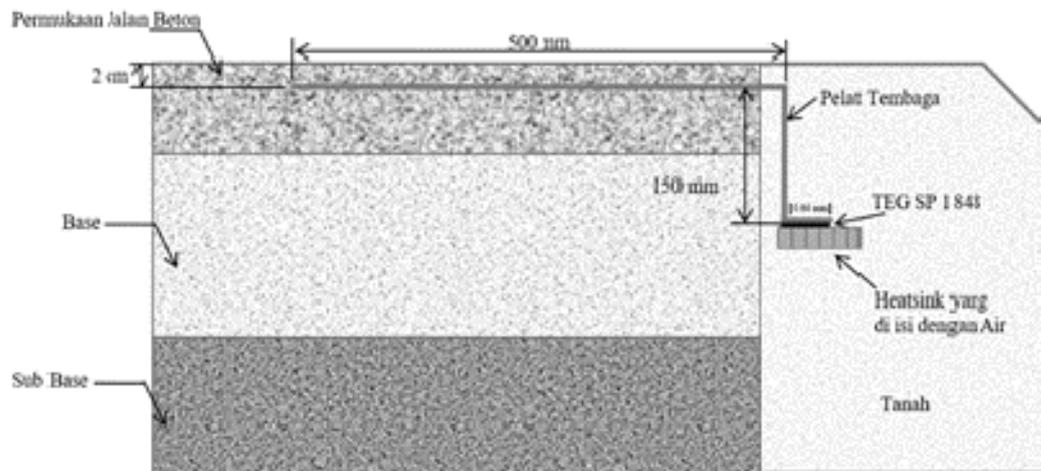
Merupakan tahapan dalam mencari teori – teotri yang relevan dalam membantu kegiatan penelitian yang dilaksanakan. Bersumber dari jurnal, buku, skripsi dan juga bimbingan langsung dengan dosen pembimbing tugas akhir.

### 2.3. PERAKITAN ALAT DAN BAHAN

Penelitian ini menggunakan Alat dan bahan yaitu termokopel tipe K, multimeter digital, termometer anemometer, power meter, material beton dan aspal, media cetak beton dan aspal, termoelektrik generator tipe SP 1848, Tembaga untuk kolektor panas, heat sink, termal pasta, dan isolator panas alumunium.

Dengan mengacu pada studi literatur dan batasan masalah, dibawah ini adalah konsep dari perancangan alat yang akan di pakai dan bagaimana sistem pembangkit listrik ini bekerja. Proptotype pemanfaatan energi ini terdapat 4 bagian dasar yaitu :

1. Tembaga L, I dan Z shaped adalah isolator pelat tembaga.
2. Termoelektrik generator yang dipasang diantara pelat tembaga dan heat sink.
3. Heat sink yang terhubung dengan termoelektrik generator.
4. Alat ukur dari temperatur serta keluaran volt dan energi.



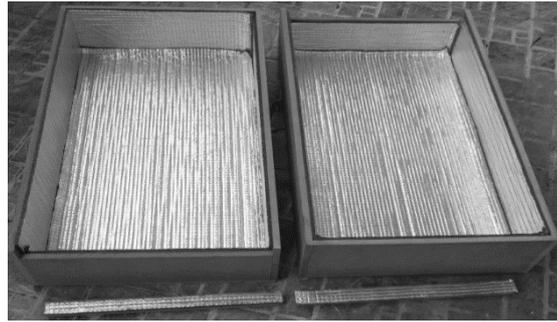
**Gambar 3.** Konsep Alat

Gambar alat dari penelitian ini yang dimana beton dicetak pada media yang telah disiapkan. Plat tembaga ditanamkan pada beton sedalam 2 cm dari permukaan beton dengan Panjang 500 mm. Bentuk plat tembaga yang digunakan L, I, dan Z. Pada desain alat dibagi menjadi dua bagian [8].



**Gambar 4.** Heat Sink yang Sudah Disatukan

Gambar heat sink yang sudah disatukan, Kemudian heat sink diletakkan didalam tanah agar modul termoelektrik dapat diletakkan diantara ujung pelat tembaga dan heat sink. Heat sink yang dirancang khusus agar panas yang diterima dapat di alirkan keluar dari termoelektrik dan heat sink akan disisipkan sirip-sirip dan akan diisi air agar panas yang diterima dapat cepat menurun.



**Gambar 5.** Media Beton dan Aspal Setelah Terpasang Isolator Panas Aluminium

Pemasangan isolator panas aluminium pada media peletakan beton dan aspal, agar panas yang diterima tidak lepas ke udara maupun ke tanah, sehingga panas yang maksimal akan menghasilkan gradient temperatur yang tinggi.

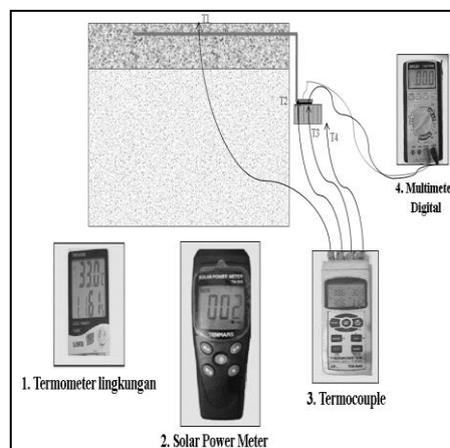


**Gambar 6.** Gambar Tembaga Setelah Terpasang Isolator Panas

Gambar pelat tembaga setelah terpasang isolator panas aluminium, agar panas yang dialirkan tembaga kedalam tanah tidak hilang karena diserap oleh tanah. Karena panjang pelat tembaga ke tanah yaitu 15 cm. Bertujuan agar panas yang sampai ke modul termoelektrik dapat maksimal dan 5 cm untuk peletakan termoelektrik generator yang dipasang secara seri [9].

Berikut nilai temperatur yang akan di ambil:

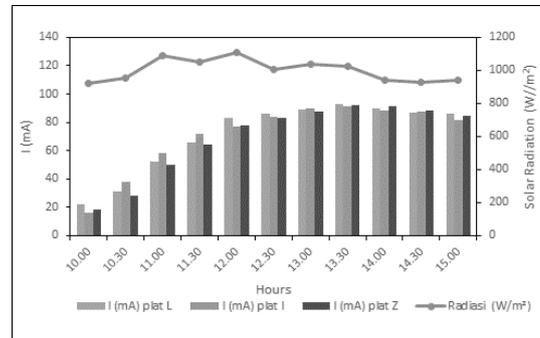
1. Temperatur T1 untuk temperatur permukaan beton.
2. Temperatur T2 untuk temperatur pelat tembaga.
3. Temperatur T3 untuk temperatur pada heat sink
4. Temeptratur T4 untuk temperatur pada tanah.



**Gambar 7.** Instalasi Pengujian Termoelektrik Generator

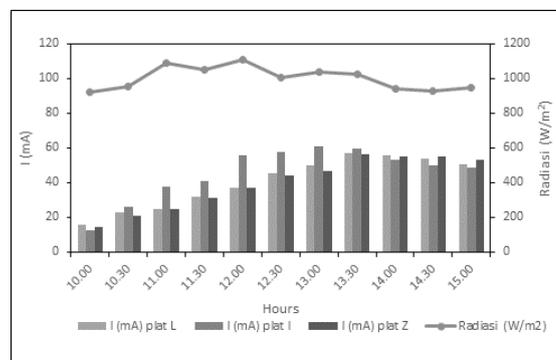
## 3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 3.1. KOMPARASI OUTPUT NILAI KUAT ARUS PADA JALAN ASPAL DAN JALAN BETON



**Gambar 8.** Pengaruh Bentuk Plat L, I Dan Z Terhadap Kuat Arus Pada Jalan Aspal. Data Diolah Dari (Harri Gunawan,2021) , (Abd. Habib Barqi AD,2021) Dan (Nurman Saputra,2021)

Komparasi output kuat arus plat L menjadi yang lebih besar dari pada plat lainnya yang dimana dapat kita lihat bahwa bentuk dari penghantar panas yang digunakan berpengaruh dengan nilai dari kuat arus. Pada bentuk plat L yang memiliki lekukan dan relatif lebih panjang dibandingkan dengan plat I membuat terjadinya panas terbuang selama proses perambatan. Hal ini juga di faktor oleh luas dari permukaan modul termoelektrik sebagai penerima energi kalor dari plat penghantar panas. Pada grafik dapat kita lihat juga bahwa plat Z memiliki nilai kuat arus yang hampir sama dengan plat I. Dalam eksperimen yang telah kita lakukan dapat kita lihat bahwa pada kuat arus plat L lebih memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan plat I dan plat Z.

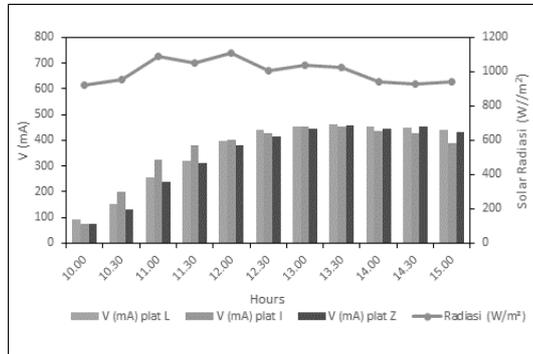


**Gambar 9.** Pengaruh Bentuk Plat L, I Dan Z Terhadap Kuat Arus Pada Jalan Beton. Data Diolah Dari (Harri Gunawan,2021) , (Abd. Habib Barqi AD,2021) Dan (Nurman Saputra,2021)

Grafik Komparasi dari kuat arus antara plat L, I dan Z dengan radiasi matahari. Pada grafik dapat kita lihat bahwa plat I memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada grafik plat L dan plat Z serta dalam grafik diatas dapat kita lihat bahwa nilai tertinggi dari plat I berada pada 91,04 mA dengan nilai radiasi sebesar 1022 W/m<sup>2</sup>. Pada grafik diatas dapat kita lihat juga plat Z memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dengan plat I. Pada grafik nilai dari plat Z memiliki puncak tertinggi 92,1 °C dengan nilai radiasi 1022 W/m<sup>2</sup>. Serta dalam grafik kita lihat juga pada plat L memiliki nilai puncak tertinggi pada 92,9 °C dengan nilai grafik sebesar 1022 W/m<sup>2</sup>. Pada grafik dapat kita lihat juga kenaikan nilai dari plat L, I dan Z mengalami kenaikan bertahap yang dimana hal ini dipengaruhi

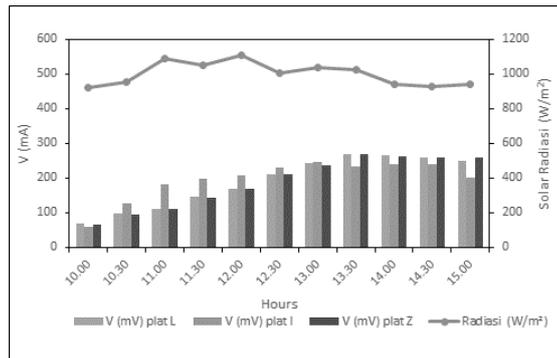
oleh nilai dari radiasi matahari. Pada grafik diatas dapat kita lihat nilai radiasi matahari mengalami penurunan akan tetapi nilai dari kuat arus mengalami peningkatan.

Pada kedua grafik kuat arus diatas kita dapat melihat nilai kuat arus pada jalan aspal lebih besar dibandingkan dengan nilai kuat arus pada jalan beton. Hal ini disebabkan oleh pada jalan aspal energi lebih banyak tersimpan dari pada jalan beton.



**Gambar 10.** Pengaruh Bentuk Plat L, I Dan Z Terhadap Tegangan Pada Jalan Aspal. Data Diolah Dari (Harri Gunawan,2021) , (Abd. Habib Barqi AD,2021) Dan (Nurman Saputra,2021)

Grafik perbandingan tegangan dari plat L, I, dan Z. Pada grafik perbandingan diatas dapat kita lihat bahwa nilai dari plat L lebih besar dibandingkan dengan plat lainnya. Pada grafik diatas kita lihat bahwa plat I memiliki nilai puncak pada 91,04 mA dan rata – rata 71,1 mA dengan radiasi sebesar 1022 W/m<sup>2</sup>. Pada plat L nilai puncak berada pada 91,04 mA dan rata – rata 71,4 mA dengan nilai radiasi sebesar 1022 W/m<sup>2</sup>. Pada plat Z nilai puncak berada pada 92,1 mA dan rata – rata 69,6 mA dengan nilai radiasi sebesar 1022 W/m<sup>2</sup>. Radiasi matahari menjadi sumber dari energi kalor yang dikonversikan oleh TEG menjadi listrik yang mengandung tegangan. Ketika radiasi meningkat maka nilai dari tegangan juga akan meningkat. Pada grafik kita lihat juga bahwa saat radiasi matahari menurun nilai dari tegangan tetap meningkat hal ini disebabkan oleh kalor masih tersimpan pada jalan aspal dan membutuhkan waktu untuk merambat pada plat penghantar panas.



**Gambar 11.** Pengaruh Bentuk Plat L, I Dan Z Terhadap Tegangan Pada Jalan Aspal. Data Diolah Dari (Harri Gunawan,2021) , (Abd. Habib Barqi AD,2021) Dan (Nurman Saputra,2021)

Grafik tegangan yang dihasilkan oleh plat L, I dan Z. Dalam grafik diatas dapat kita lihat pada plat I dan plat Z memiliki nilai yang relatif hampir sama serta pada plat L memiliki nilai tegangan yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan plat I dan plat Z. Dapat kita lihat juga pada plat I dan plat Z kenaikan yang terjadi pada tegangan sepanjang waktu percobaan memiliki kenaikan yang lebih signifikan dibandingkan dengan plat L yang kenaikannya secara pertahapan. Pada jam 13.30 WIB

nilai dari tegangan plat I dan Z berada pada puncak tertinggi nya yaitu pada 269,2 mV dan 268,9 mV sedangkan pada plat L puncak tertinggi nya berada pada jam 13.00 WIB dengan nilai 245,6 mV. Sedangkan radiasi matahari nilai puncak tertingginya berada pada jam 12.00 WIB dengan nilai 1107 W/m<sup>2</sup>. Dapat kita simpulkan bahwa saat radiasi matahari berada pada puncak tertingginya nilai tegangan plat L, I dan Z tidak berada pada puncak tertingginya. Hal ini terjadi dikarenakan energi dari radiasi matahari yang tersimpan pada jalan beton memerlukan waktu untuk merambat menuju modul termoelektrik untuk menaikkan nilai dari tegangan.

#### 4. KESIMPULAN

Perbandingan daya pada jalan beton dan jalan aspal oleh ketiga bentuk profil yang diuji. Plat L menjadi plat yang menghasilkan daya paling maksimal dengan 15,35 mW pada jalan beton dan 43,0 mW pada jalan aspal diikuti dengan plat Z dengan daya 15,22 mW pada jalan beton dengan 43,02 mW pada jalan aspal dan terakhir plat I dengan daya sebesar 14,88 mW pada jalan beton dan 41,42 mW pada jalan aspal. serta Daya yang di hasilkan pada jalan beton dan jalan aspal dipengaruhi oleh bentuk profil yang digunakan, bentuk profil yang lebih baik dalam menghasilkan daya yaitu bentuk profil L dibandingkan bentuk profil lainnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Khalid, M. Syukri, and M. Gapy, "Pemanfaatan Energi Panas Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil Dengan Menggunakan Termoelektrik," vol. 1, no. 3, p. 2016, 2016.
- [2] H. J. Goldsmid, "Springer Series in Materials Science 121 Introduction to Thermoelectricity." [Online]. Available: <http://www.springer.com/series/856>.
- [3] N. Suryanto, "Suryanto, N., Aziz, A., Mainil, R. I., Energi, L. K., Mesin, J. T., Teknik, F., & Riau, U. (2017)," Jom FTEKNIK Vol. 4 No . 2 Oktober 2017 Jom FTEKNIK Vol. 4 No . 2 Oktober 2017, vol. 4, 2017.
- [4] I. Agustina and D. Astuti, "Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika (SNFPF) Ke-6 2015 Penentuan Konduktivitas Termal Logam Tembaga, Kuningan, dan Besi dengan Metode Gandengan."
- [5] P. I. FRANK, P. D. DAVID, L. B. THEODORE, and S. L. ANDRIENNE, *Fundamentals Heat and Mass Transfer*, vol. 112. 2015.
- [6] Y. Cengel, "Heat Transfer: A Practical Approach," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [7] S. S. (2017) Indonesia, "11," Indonesia, S. S. (2017). Perkerasan Jalan Beton Tanpa Tulangan. Medium.Com. <https://medium.com/@soilindo/perkerasan-jalan-beton-tanpa-tulangan-3eaf82df4af9>.
- [8] H. . (2021) Gunawan, "Pembangkit Energi Listrik Memanfaatkan Penyerapan Panas Jalan Beton Dengan Teknologi Termoelektrik Generator Menggunakan Pelat Tembaga Berbentuk Z."
- [9] M. Penyerapan, E. Panas, J. Beton, M. Pelat, T. Berbentuk, and A. Habib Barqi, "Azridjal Aziz (1) Jurusan Teknik Mesin."