



# Analisa Konversi Energi Termoelektrik Generator Menggunakan Peltier TEG-SP1848-27145SA

Muhammad Sidik<sup>1\*</sup>, Benhur Nainggolan<sup>1</sup>, dan Indra Silanegara<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

## Abstrak

*Dengan sumber energi surya yang melimpah, Indonesia memiliki rata-rata intensitas radiasi sinar matahari mencapai 4.8 kWh/m<sup>2</sup>. Dengan potensi yang dapat dihasilkan 207.9 GWp (Gigawatt-peak) listrik, intensitas radiasi sebesar itu dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik. Namun dalam proses konversi energi selalu terjadi rugi rugi pada komponen dan pada proses. Tim kami telah merancang bangun sebuah termoelektrik generator. Generator ini dilengkapi dengan solar tracker dan Fresnel Lens. Menggunakan Peltier TEG-SP1848-27145SA dirangkai secara seri dan paralel memanfaatkan panas matahari langsung dengan sisi panas menghadap matahari dan sisi dingin dengan air coolant yang bersirkulasi. Termoelektrik Generator dapat membangkitkan listrik dari selisih panas yang di dapat dari perbedaan temperatur pada sisi panas dan air sisi dingin yang kemudian mengubah energi panas yang ditangkap menjadi energi listrik. Hasil dari pengujian hari pertama mendapatkan perubahan konversi energi surya ke energi listrik paling tinggi dibanding hari lainnya. Hal ini dapat dilihat dari nilai rata-rata rugi-rugi daya dengan nilai 10,7748 watt dengan efisiensi sistem tertinggi pada nilai 0,23333%.*

*Kata-kata kunci: Termoelektrik Generator, Intensitas Radiasi, Beda Temperatur, Daya, Tegangan*

## Abstract

*With abundant sources of solar energy, Indonesia has an average solar radiation intensity of 4.8 kWh/m<sup>2</sup>. With the potential that can be generated by 207.9 GWp (Gigawatt-peak) of electricity, the radiation intensity of that magnitude can be utilized as electrical energy. However, in the energy conversion process, there are always losses in the components and in the process. Our team has designed a thermoelectric generator. This generator is equipped with a solar tracker and Fresnel Lens. Using the Peltier TEG-SP1848-27145SA, arranged in series and parallel, utilizing direct sunlight with the hot side facing the sun and the cold side with circulating coolant. Thermoelectric Generators can generate electricity from the difference in heat obtained from the temperature difference on the hot side and cold side water which then converts the captured heat energy into electrical energy. The results of the first day of testing found that the conversion of solar energy to electrical energy was the highest compared to other days. This can be seen from the average value of power losses with a value of 10.7748 watts with the highest system efficiency at a value of 0.23333%.*

*Keywords: Thermoelectric Generator, Radiation Intensity, Temperature Difference, Power, Voltage*

\* Corresponding author E-mail address: muhammad.sidik.tm19@mhs.pnj.ac.id

## 1. PENDAHULUAN

Dengan negara yang memiliki sumber daya alam besar dengan jumlah penduduk yang terus meningkat setiap tahunnya. Dengan wilayah 1,9 juta km<sup>2</sup> dan jumlah penduduk 270.2 juta jiwa[1]. Indonesia dihadapkan dengan peningkatan konsumsi energi yang besar. Bahkan energi listrik sudah sejajar tingkat kebutuhannya dengan kebutuhan primer.

Sumber energi surya yang melimpah, Indonesia memiliki rata-rata intensitas radiasi sinar matahari mencapai 4.8 kWh/m<sup>2</sup>. Dengan potensi yang dapat dihasilkan 207.9 GWp (Gigawatt-peak) listrik[2], intensitas radiasi sebesar itu dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik.

Dengan adanya sumber energi surya yang melimpah, maka sudah seharusnya dimanfaatkan secara optimal. Terdapat potensi pemanfaatan sumber energi surya untuk mengurangi penggunaan energi fosil tersebut. Salah satu teknologi yang bisa mengkonversi secara langsung energi panas menjadi energi listrik yaitu teknologi *Thermoelectric Generator* (TEG). Beberapa keuntungan penggunaan TEG antara lain ramah lingkungan, sederhana, tidak memerlukan perawatan, berukuran kecil, sangat ringan dan tidak bersuara[3].

Untuk memanfaatkan energi matahari dan mengeksploitasinya dengan langkah-langkah penangkapan dan konversi. Energi tersebut sampai di bumi ketika radiasi didistribusikan melintasi spektrum warna dan inframerah ke ultraviolet[4]. Oleh karena itu dengan menggunakan salah satu teknologi bernama Termoelektrik Generator (TEG), memiliki prinsip menghasilkan tenaga listrik yang sangat efisien dari panas yang diberikan radiasi matahari.

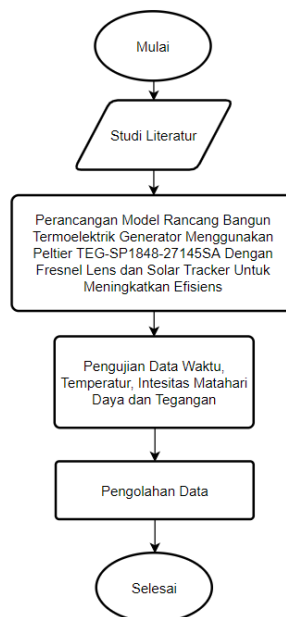
Penggunaan termoelektrik generasi membawa keuntungan tertentu, seperti daya tahan tinggi, presisi tinggi, dan ukuran berkurang, selain menjadi cara terbaik untuk mengumpulkan energi panas sisa, yang berarti itu adalah energi bersih[10].

Dengan pertimbangan tersebut, penulis merancang alat konversi energi listrik dengan menggunakan Termoelektrik Generator (TEG) bahwa energi panas bisa dijadikan sebuah alternatif untuk dijadikan pembangkit listrik. Dengan menggunakan Tujuan dari penulisan ini akan membuktikan bahwa dengan pemanasan langsung dari matahari pada sisi panas peltier dan air *coolant* pada sisi dingin mampu membangkitkan listrik.

### Tujuan Penulisan

1. Mengetahui bagaimana Termoelektrik Generator mengubah energi panas menjadi listrik.
2. Mengamati rugi-rugi daya dan efisiensi sistem ketika proses konversi energi tersebut.

## 2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Dilihat pada gambar 1, Tahap pertama adalah studi literatur digunakan untuk mendapatkan informasi yang cukup dengan mempelajari penelitian melalui jurnal-jurnal mendukung ide maupun inovasi agar memiliki dasar yang valid. Serta diskusi dengan rekan kelompok dan bimbingan dengan dosen pembimbing untuk mematangkan ide dari model yang sudah dirancang. Selanjutnya pengujian dengan data yang diambil adalah waktu, temperatur, intensitas matahari, daya dan tegangan. Setelah itu data yang terkumpul akan diolah menjadi grafik.

### Termoelektrik Generator

Hasil daya radiasi matahari yang mengenai termoelektrik generator adalah:

$$P_{in} = I_r \times A \quad [8] \quad (1)$$

Dimana,

$I_r$  = Intensitas radiasi matahari

$A$  = Penampang modul Peltier

Panas yang diserap oleh Termoelektrik Generator,  $Q_{in}$  adalah:

$$Q_{in} = C_m (T_h - T_c) \quad [8] \quad (2)$$

$$\Delta T = T_h - T_c \quad [8] \quad (3)$$

Dimana,

$Q_{in}$  = Panas terserap

$T_h$  = Temperatur pada hot side ( $^{\circ}C$ )

$T_c$  = Temperatur pada cold side ( $^{\circ}C$ )

$\Delta T$  = Beda temperatur ( $^{\circ}C$ )

### Prinsip Termoelektrik Generator

Termoelektrik Generator bekerja dengan energi panas yang dikonversi menjadi energi listrik secara langsung (generator termoelektrik) ataupun sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Material termoelektrik cukup diletakkan dalam rangkaian dengan sumber panas dan dingin yang dihubungkan. Rangkaian tersebut dapat menghasilkan listrik sesuai dengan bahan yang dipakai. Pendingin termoelektrik memiliki cara kerja yang tidak jauh berbeda. Material termoelektrik saat dialiri listrik, akan menyerap panas yang ada disekitarnya. Oleh karena itu, jika untuk mendinginkan udara, tidak diperlukan kompresor pendingin seperti yang ada pada mesin-mesin pendingin konvensional [5].

Untuk keperluan pembangkitan listrik tersebut umumnya bahan yang digunakan adalah bahan semikonduktor. Semikonduktor adalah bahan yang mampu menghantarkan arus listrik namun tidak sempurna. Semikonduktor yang digunakan tipe n dan tipe p. Bahan semikonduktor yang digunakan adalah bahan semikonduktor ekstrinsik. Persoalan untuk Termoelektrik adalah untuk mendapatkan bahan yang mampu bekerja pada suhu tinggi [8].

Pada dasarnya TEG terdiri dari tiga komponen dasar [9], yaitu:

1. Struktur penopang, yaitu tempat dimana modul TEG diletakkan. Sebagian penelitian meletakkan di dalam aliran gas buang dan beberapa dengan hanya memanfaatkan panas dingin saluran gas buang untuk menghindari adanya back pressure aliran gas buang
2. Modul termoelektrik, yang tergantung pada jangkauan suhu, material TEG yang digunakan dapat berupa berbahan silicon germanium, lead telluride, atau bismuth telluride.
3. Sistem disipasi panas, yang mengatur transmisi panas melalui modul termoelektrik.

### Efek Termoelektrik

Efek Termoelektrik dengan mengkonversi energi panas menjadi listrik secara langsung atau sebaliknya. Dengan prinsip kerja berdasarkan Efek Seebeck jika 2 buah logam yang berbeda disambungkan salah satu ujungnya dan diberikan suhu berbeda pada sambungan maka terjadi perbedaan tegangan pada ujung yang satu dengan ujung lain [5].

### Daya Keluaran Termoelektrik Generator

Elemen peltier adalah merupakan bagian penting dari termoelektrik generator, kedua sisi yang terbuat dari keramik memiliki fungsi sebagai sisi panas dan sisi dingin yang kemudian menghasilkan Arus positif dan negatif [7]. Jika nilai Tegangan (V) dan Arus (A) telah didapatkan, besar daya peltier dapat dihitung berdasarkan persamaan :

$$P = V \times I [7] \quad (4)$$

Dimana,

$P$  = Daya (Watt)

$I$  = Arus keluaran termoelektrik generator (Ampere)

$V$  = Tegangan keluaran termoelektrik generator (Volt)

### Rugi-Rugi Daya Pada Termoelektrik Generator

Energi (daya) radiasi matahari yang masuk ke termoelektrik generator sebagian dikonversi menjadi energi listrik dan sebagian lagi berupa rugi-rugi daya atau panas pada peralatan dan proses. Besarnya rugi daya pada termoelektrik generator  $P_{\text{rugi}}$  adalah:

$$Prugi = Pin - Pout [7] \quad (5)$$

Dengan,

$P_{\text{in}}$  = Daya masuk (watt)

$P_{\text{out}}$  = Daya keluar (watt)

### Efisiensi Sistem Perangkat Konversi Energi

Dari daya masuk dan daya keluar yang sudah didapatkan, untuk mendapatkan efisiensi sistem didapatkan rumus sebagai berikut:

$$Efisiensi = \frac{Pin}{Pout} \times 100\% \quad (6)$$

Dengan,

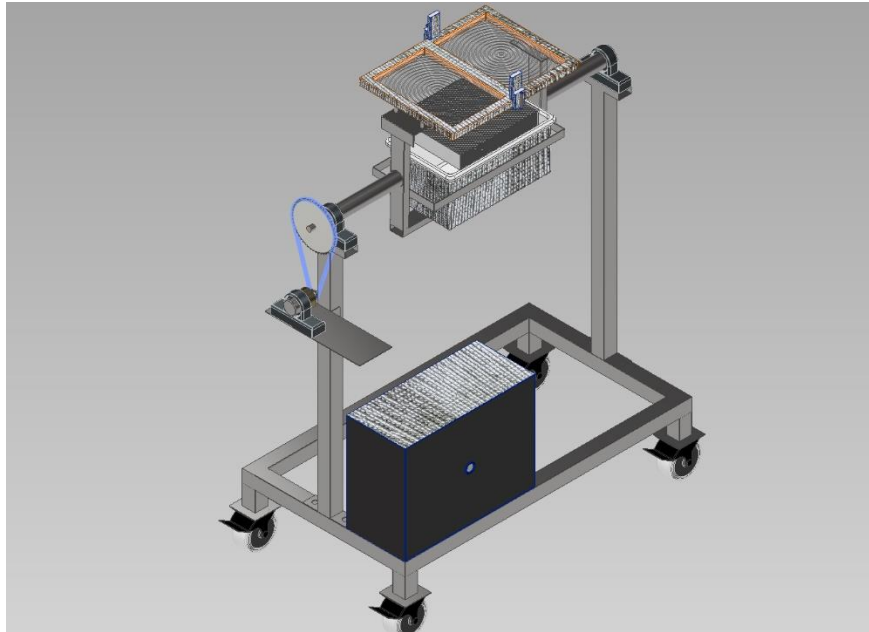
$P_{\text{in}}$  = Daya masuk (watt)

$P_{\text{out}}$  = Daya keluar (watt)

Efisiensi tersebut adalah efisiensi sistem perangkat total terjadinya konversi energi.

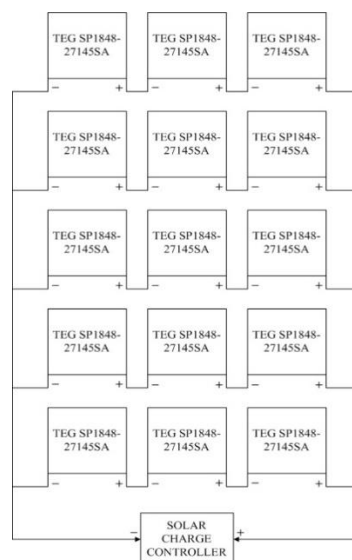
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rancang bangun termoelektrik generator ditunjukkan seperti pada gambar. 2



Gambar 2 Rancang Bangun Termoelektrik Generator

Susunan peltier ditujukan seperti gambar 3.

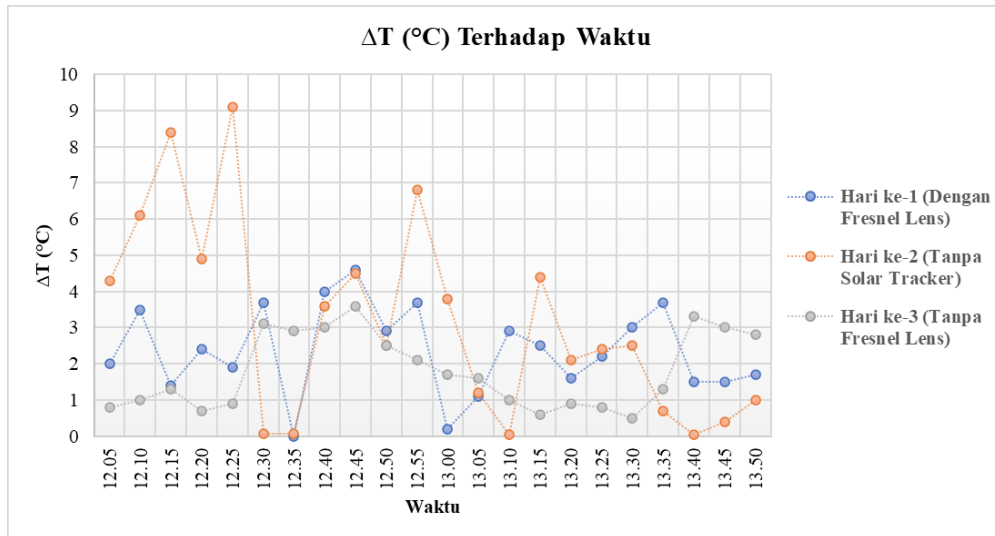


Gambar 3. Rangkaian Peltier TEG-SP1848

Pengujian ini menggunakan Peltier tipe TEG-SP1848-27145SA. Alat ukur untuk mengukur perbedaan antara sisi panas menggunakan thermogun dan menggunakan thermometer digital yang dipasangkan pada sisi dingin Peltier. Untuk pembacaan intensitas radiasi menggunakan solarimeter dan pembacaan tegangan menggunakan multimeter. Dengan luas penampang peltier adalah  $4 \times 4 = 16$  cm.

Dengan cara pemanasan dari matahari langsung, dengan sisi panas dihadapkan ke matahari sedangkan sisi dingin diletakan pada *cooler box* dengan sirkulasi air *coolant*. Pada pengujian ini dilaksanakan 3 hari dengan masing-masing hari selama 1 jam 55 menit, dimulai pada pukul 12:05 dan berakhir pada pukul 13:50. Hasil pengolahan daya ditampilkan dalam bentuk grafik dari gambar 4 hingga gambar 8.

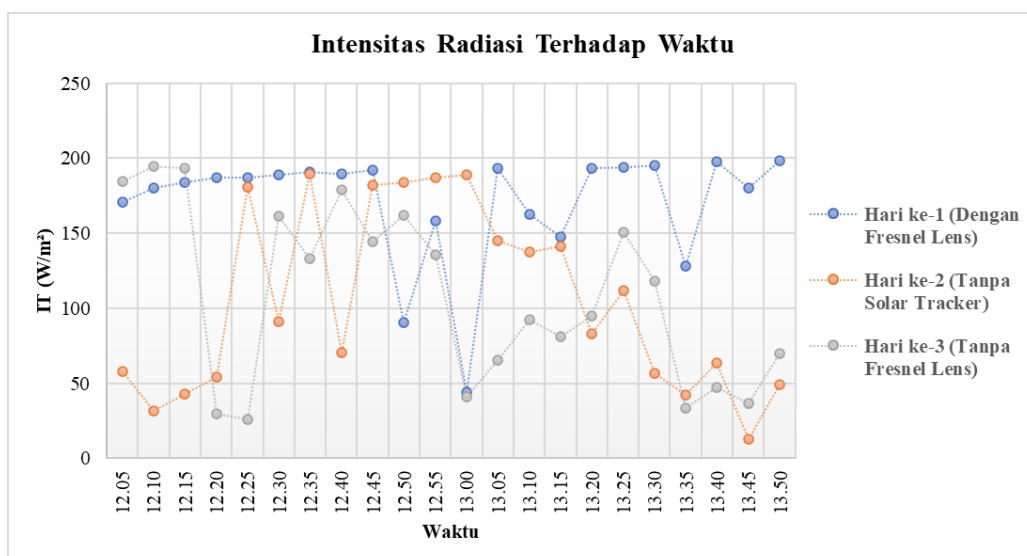
Berikut grafik perbandingan tegangan dengan beda temperatur pada gambar 4.

Gambar 4. Grafik Pengukuran Rata-Rata  $\Delta T$  Terhadap Waktu

Dilihat grafik pada gambar 4 tersebut, dimana perbedaan suhu di setiap sisi peltier terhadap waktu. Pada pengujian hari ke-1 dengan Fresnel Lens nilai  $\Delta T$  terbesar  $4.6^{\circ}\text{C}$  pada pukul 12:45 dan nilai terendah  $0.2^{\circ}\text{C}$  pada pukul 13:00 dengan 22 pengujian didapatkan rata-rata berjumlah  $2.4762^{\circ}\text{C}$ . Pada pengujian hari ke-2 tanpa Solar Tracker nilai  $\Delta T$  terbesar  $9.1^{\circ}\text{C}$  pada pukul 12:25 dan nilai terendah  $0.05^{\circ}\text{C}$  pada pukul 13:10 dan 13:40 dengan 22 pengujian didapatkan rata-rata berjumlah  $3.1341^{\circ}\text{C}$ . Pada hari ke-3 atau hari terakhir pengujian  $\Delta T$  tanpa Fresnel Lens nilai  $\Delta T$  terbesar  $3.6^{\circ}\text{C}$  pada pukul 12:45 dan nilai terendah  $0,5^{\circ}\text{C}$  pada 13:30 dengan 22 pengujian didapatkan rata-rata berjumlah  $1.7909^{\circ}\text{C}$ .

Dengan pengujian pada ketiga hari tersebut didapatkan  $\Delta T$  yang berbeda-beda, dengan rentang perbedaan tidak terlalu jauh, faktor terbesar adalah pada peltier sisi dingin tidak menurunkan suhu karena pengaruh dari keadaan cuaca dan faktor udara sekitar.

Berikut grafik perbandingan intensitas matahari terhadap waktu pada gambar 5



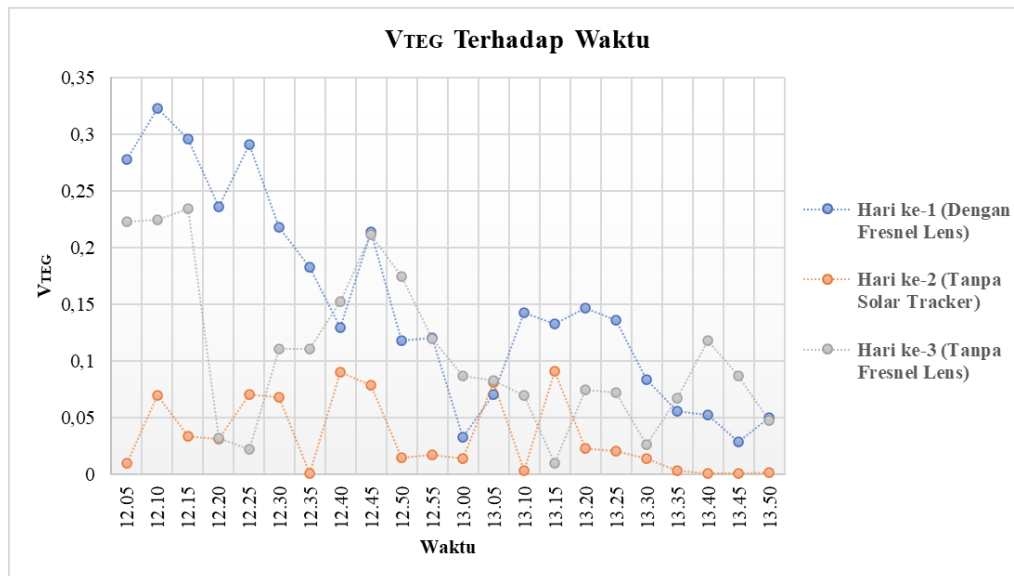
Gambar 5. Grafik Intensitas Radiasi Terhadap Waktu

Dilihat grafik pada gambar 5 tersebut, Pada pengujian hari ke-1 dengan Fresnel Lens nilai intensitas radiasi terbesar  $198.6 \text{ W/m}^2$  pada pukul 13:50 dan nilai terendah  $44.3 \text{ W/m}^2$  pada pukul 13:00 dengan 22 pengujian

didapatkan rata-rata berjumlah  $170.659 \text{ W/m}^2$ . Pada pengujian hari ke-2 tanpa Solar Tracker nilai intensitas radiasi terbesar  $189.8 \text{ W/m}^2$  pada pukul 12:35 dan nilai terendah  $12.83 \text{ W/m}^2$  pada pukul 13:45 dengan 22 pengujian didapatkan rata-rata berjumlah  $104.715 \text{ W/m}^2$ . Pada hari ke-3 atau hari terakhir pengujian tanpa Fresnel Lens nilai intensitas radiasi terbesar  $194.4 \text{ W/m}^2$  pada pukul 12:10 dan nilai terendah  $25.9 \text{ W/m}^2$  pada 12:25 dengan 22 pengujian didapatkan rata-rata berjumlah  $107.905 \text{ W/m}^2$ .

Dimana intensitas radiasi matahari terhadap memiliki grafik yang berbeda-beda karena pada saat pengambilan data pengujian dalam keadaan yang berbeda seperti faktor mendung yang menyebabkan intensitas radiasi kurang optimal.

Berikut grafik perbandingan tegangan terhadap waktu pada gambar 6.

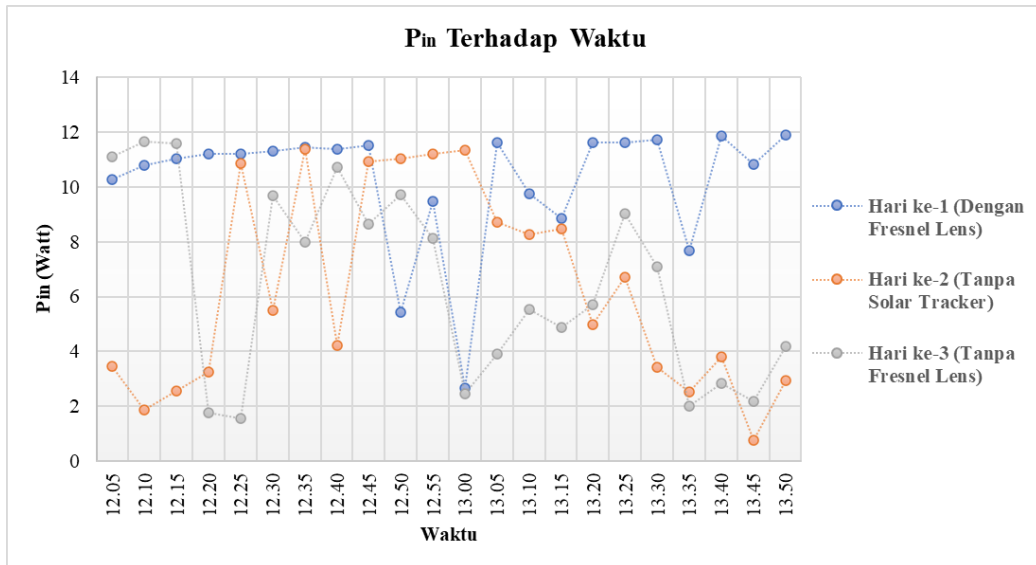


Gambar 6. Grafik Tegangan Terhadap Waktu

Dilihat grafik pada gambar 6 tersebut, dimana tegangan keluar terhadap waktu. Pada pengujian hari ke-1 dengan Fresnel Lens nilai tegangan terbesar  $0.323 \text{ V}$  pada pukul 12:10 dan nilai terendah  $0.007 \text{ V}$  pada pukul 13:45 dengan 22 pengujian didapatkan rata-rata berjumlah  $0.152 \text{ V}$ . Pada pengujian hari ke-2 tanpa Solar Tracker nilai tegangan terbesar  $0.0908 \text{ V}$  pada pukul 13:15 dan nilai terendah  $0.0012 \text{ V}$  pada pukul 12:35 dengan 22 pengujian didapatkan rata-rata berjumlah  $0.0338 \text{ V}$ . Pada hari ke-3 atau hari terakhir pengujian tegangan tanpa Fresnel Lens nilai tegangan terbesar  $0.235 \text{ V}$  pada pukul 12:15 dan nilai terendah  $0.01 \text{ V}$  pada 13:15 dengan 22 pengujian didapatkan rata-rata berjumlah  $0.1074 \text{ V}$ .

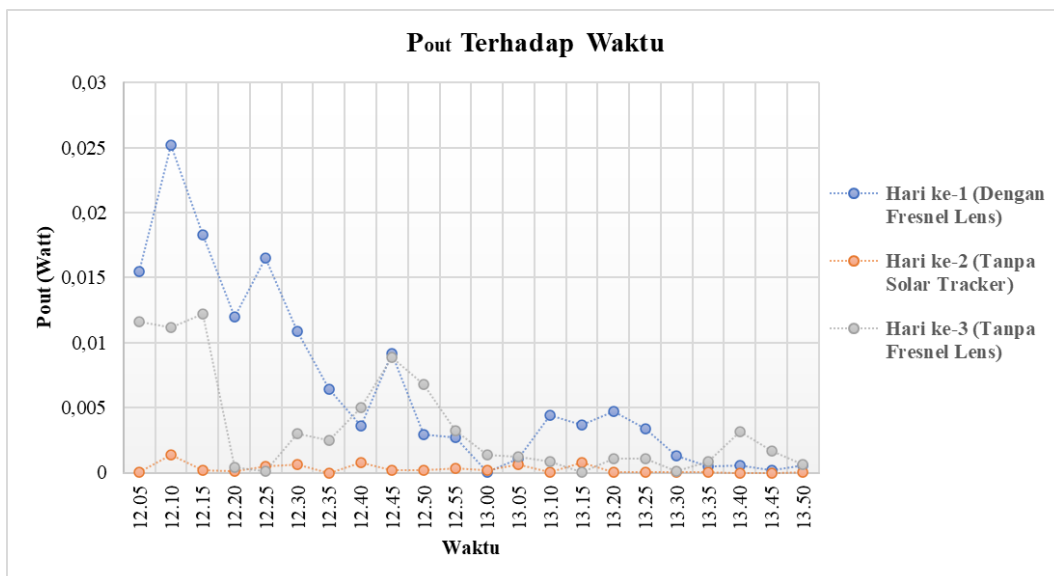
Dengan perbedaan pada nilai yang berubah hal tersebut terjadi karena temperatur pada sisi peltier yang terus berubah.

Berikut grafik perbandingan daya *input* terhadap waktu pada gambar 7.

Gambar 7. Grafik Daya *Input* Terhadap Waktu

Dilihat grafik pada gambar 7, dimana daya *input* terhadap waktu terbesar ada pada hari pertama dengan 10.24 watt dengan daya *input* terkecil ada pada hari kedua 6.283 watt. Nilai daya *input* pada hari pertama merupakan yang tertinggi karena rata-rata intensitas radiasi matahari pada hari pengujian besar.

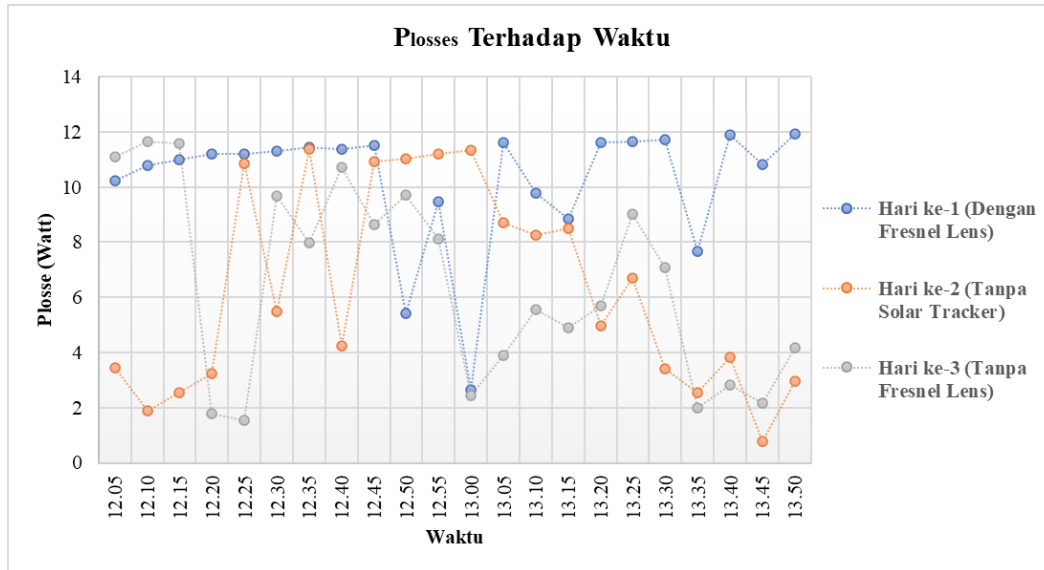
Berikut grafik perbandingan daya output terhadap waktu pada gambar 8.

Gambar 8. Grafik Daya *Output* Terhadap Waktu

Dilihat grafik pada gambar 8, dimana daya *output* terhadap waktu terbesar ada pada hari pertama dengan 0.0065 watt dengan daya *output* terkecil ada pada hari kedua 0,0003 watt. Hal itu dapat terjadi karena arus dan tegangan yang dihasilkan juga besar.

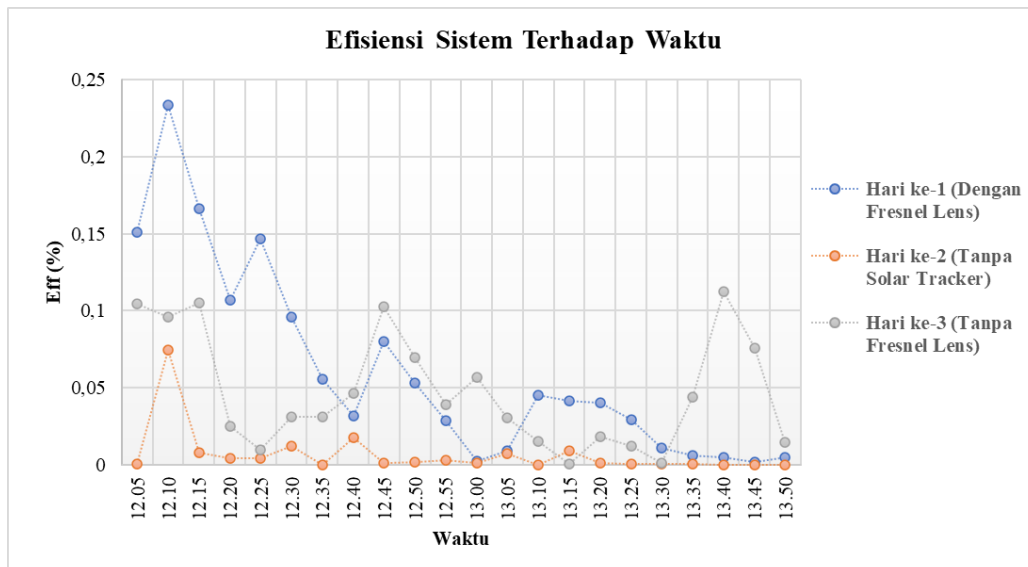
Berikut grafik perbandingan rugi-rugi daya terhadap waktu pada gambar 9.





Gambar 9. Grafik Rugi-Rugi Daya Terhadap Waktu

Dilihat grafik pada gambar 9, dimana rugi-rugi daya terhadap waktu terbesar ada pada hari pertama dengan 11,91545 watt dengan rugi-rugi daya terkecil ada pada hari kedua 0,76979 watt. Hal itu dapat terjadi karena daya yang hilang akan semakin besar jika resistansi besar.



Gambar 10. Efisiensi Sistem Terhadap Waktu

Dilihat grafik pada gambar 10, dimana didapatkan efisiensi sistem perangkat terhadap waktu terbesar ada pada hari pertama dengan 0,233333% dengan efisiensi sistem terkecil ada pada 0,00187%.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil selama 3 hari dan 1 jam 55 menit pengujian pada Peltier TEG-SP1848-27145SA dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Thermoelectric Generator dapat membangkitkan listrik dari selisih panas yang didapat dari perbedaan temperatur pada sisi panas dan sisi dingin yang kemudian mengubah energi panas yang ditangkap menjadi energi listrik.

2. Hasil dari pengujian hari pertama mendapatkan perubahan konversi energi surya ke energi listrik paling tinggi dibanding hari lainnya. Hal ini dapat dilihat dari nilai rata-rata rugi-rugi daya dengan nilai 10,7748 watt dengan efisiensi sistem tertinggi pada nilai 0,23333%.

## REFERENSI

- [1] Tim Sekretaris Badan Pusat Statistik Nasional. 2021. *Statistik Indonesia Statistical Yearbook Of Indonesia*. Badan Pusat Statistik. *Statistik Indonesia Statistical Yearbook Of Indonesia*. 2021. Badan Pusat Statistik
- [2] Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional. 2019. *Indonesia Energy Outlook 2019*. Kementerian Energi Sumber Daya Mineral.
- [3] Arman, M. 2010. *Simple Demonstration of the Seebeck Effect*. Abu Dhabi: The Petroleum Institute.
- [4] Lewis, N. S. (Ed.). (2005). *Basic Research Needs for Solar Energy Utilization*. California: U.S. Department of Energy.
- [5] Hasra Rafika, Rahmat Iman Mainil, dan Azridjal Aziz. 2016. *Kaji Eksperimental Pembangkit Listrik Berbasis Thermoelectric Generator (TEG) Dengan Pendingin Menggunakan Udara*. Universitas Riau.
- [6] Ansyori. 2017. *Rancang Bangun Sistem Generator Termoelektrik Sederhana Sebagai Pembangkit Listrik Dengan Menggunakan Metode Seebeck Effect*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang
- [7] Alden Tulak. 2013. *TEG Dengan 7 Termoelektrik Rangkaian Seri Untuk Charger Handphone*. Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta
- [8] Sherly, K & Sutrisno. 2016. *Pemanfaatan Panas Gas Buang Mesin Diesel Sebagai Energi Listrik*. Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan. Fakultas Teknik, Universitas Hasanudin.
- [9] Vazquez dkk. 2002. State of the art of Thermoelectric Generator Based on Heat Recovered from the Exhaust Gases of Automobile. Pamplona: European Workshop on Thermoelectric
- [10] Uchida, K. dkk. 2008. *Observation of the Spin Seebeck Effect*. Nature, 455, 778–781.