

Kaji Eksperimen Output Energi Termoelektrik TEG-SP1848-27145SA Dengan Sumber Panas Dari Solar Parabolic Trough

^{(1)*} **Muhammad Taufiqurrahman**, ⁽²⁾ **Gita Suryani Lubis**, ⁽³⁾ **Muhammad Ivanto**, ⁽⁴⁾ **Putro Setio**
^(1,2,3,4) Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak
*E-mail: hwelex@gmail.com

Submite: 03.11.2021; Di Setujui: 08.12.2021; Di Terbitkan: 26.12.2021

ABSTRACT

Solar energy is the energy that is most easily obtained in the conditions of our country which is in an area that is crossed by the equator. Energy that can be in the form of sunlight and heat from the sun can certainly be used as alternative energy to produce electrical energy. One technology that is able to utilize solar thermal energy is a solar parabolic trough system as a solar thermal collector. From the heat source produced, it is expected to be able to produce electrical energy generated by thermoelectric, where the thermoelectric heat side is obtained from the heat source in the solar parabolic trough. In this study, the aim of this research is to examine the output of electrical energy in the experiment of making a power plant that utilizes a solar parabolic trough which is integrated with a thermoelectric type TEG-SP1848-27145SA as many as seven units. The output of electrical energy in the form of electrical voltage produced is strongly influenced by the difference in temperature on the hot and cold side of the thermoelectric, the greater the temperature difference, the greater the energy output that can be generated. From the experimental results, the highest temperature difference produced is 20.7 C with a current value of 85.93 mA and a voltage of 2.51 volts in the direction facing north, and the highest temperature difference produced is 11.5 C with a current value of 77.63 mA and a voltage of 2.15 volts in the direction facing east to west. The highest thermoelectric efficiency is 14.996% with the direction of the solar parabolic trough facing east to west.

Keywords: *solar parabolic trough, thermoelectric, energy output*

ABSTRAK

Energi surya merupakan energi yang paling mudah didapatkan pada kondisi negara kita yang berada di daerah yang dilintasi garis khatulistiwa. Energi yang dapat berupa sinar dan panas matahari ini tentu dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif untuk dapat menghasilkan energi listrik. Salah satu teknologi yang mampu memanfaatkan energi panas matahari adalah sistem solar parabolic trough sebagai kolektor panas matahari. Dari sumber panas yang dihasilkan tersebut diharapkan mampu menghasilkan energi listrik yang dibangkitkan oleh termoelektrik, dimana sisi panas termoelektrik diperoleh dari sumber panas pada solar parabolic trough tersebut. Di dalam penelitian ini bertujuan untuk mengkaji output energi listrik pada eksperimen pembuatan pembangkit listrik yang memanfaatkan solar parabolic trough yang diintegrasikan dengan termoelektrik tipe TEG-SP1848-27145SA sebanyak tujuh buah. Output energi listrik yang berupa tegangan listrik yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh perbedaan suhu pada sisi panas dan sisi dingin termoelektrik, semakin besar perbedaan suhu tersebut maka semakin besar pula output energi yang dapat dihasilkan. Dari hasil percobaan terdapat perbedaan suhu tertinggi yang dihasilkan adalah 20,7 °C dengan nilai arus 85,93 mA dan tegangan 2,51 volt pada arah menghadap ke utara, serta perbedaan suhu tertinggi yang dihasilkan adalah 11,5 °C dengan nilai arus 77,63 mA dan tegangan 2,15 volt pada arah menghadap timur ke barat. Efisiensi termoelektrik tertinggi yaitu sebesar 14,996% dengan arah solar parabolic trough menghadap timur ke barat.

Kata Kunci: *output energi, solar parabolic trough, termoelektrik*

I. Pendahuluan

Negara kita yang dilintasi garis khatulistiwa mempunyai sumber energi surya yang berlimpah dengan intensitas radiasi matahari rata-rata sebesar $4,8 \text{ kWh/m}^2$ per hari (Rahardjo, 2005). Hal ini tentu perlu dimanfaatkan secara optimal sebagai salah satu sumber energi listrik yang merupakan energi terbarukan. Proses yang kita kenal selama ini dalam pemanfaatan energi surya sebagai pembangkit listrik adalah proses *photovoltaic* dan proses pemanfaatan energi panas secara langsung. Tentu sangat diharapkan semakin berkembangnya penggunaan teknologi pembangkit energi listrik berbasis energi terbarukan, mengingat ketersediaan energi terbarukan tersebut sangat mudah sekali didapatkan.

Sistem pemanfaatan energi panas matahari secara langsung salah satunya adalah sistem *solar parabolic trough* dengan teknologi *concentrated solar power* yaitu prinsip mengumpulkan cahaya matahari dalam suatu media kemudian dikonversikan menjadi energi panas.

Untuk mengubah energi panas tersebut menjadi energi listrik tentu diperlukan sebuah teknologi yang dikenal dengan teknologi termoelektrik, yaitu teknologi yang memanfaatkan efek *seebeck*. Generator termoelektrik dapat menghasilkan tegangan listrik apabila terdapat perbedaan suhu antara sisi panas dan sisi dingin termoelektrik tersebut, sehingga semakin tinggi nilai perbedaan suhu yang dihasilkan, maka semakin besar pula tegangan listrik yang bisa dihasilkan.

Modul termoelektrik tipe TEG-SP1848-27145SA berbahan keramik, sudah banyak terdapat di pasaran, terutama pada marketplace secara online. Dengan keunggulan sebagai pembangkit listrik yaitu memiliki efisiensi lebih baik dari pada tipe TEC1-12706. Pada perbedaan suhu 100°C satu modul TEG-SP1848-27145SA mampu menghasilkan tegangan sebesar 4,8 volt (tanpa beban).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji seberapa besar *output* energi yang bisa dihasilkan termoelektrik TEG-SP1848-27145SA dengan memanfaatkan panas yang bersumber dari *solar parabolic trough*.

II. Bahan dan Metode

1. Bahan dan peralatan yang digunakan

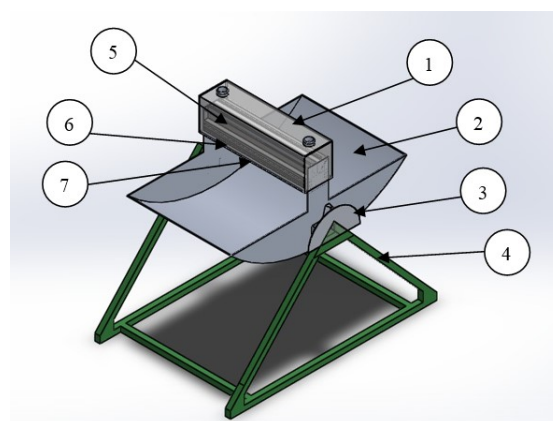
Adapun bahan yang digunakan untuk membuat alat percobaan dalam penelitian ini terdiri dari modul termoelektrik tipe SP1848-27145SA, plat stainless, besi hollow, heatsink aluminium, thermal pad tembaga, thermal glue. Untuk peralatan pendukung dalam proses manufaktur alat eksperimen yang akan dibuat adalah peralatan standar yang biasa dipergunakan dalam proses permesinan. Sedangkan alat untuk pengambilan data menggunakan *thermocouple* beserta pembacanya untuk mendapatkan nilai suhu, multimeter digital sebagai pengukur arus dan tegangan listrik, serta kompas sebagai penunjuk arah mata angin.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yaitu dengan melakukan pembuatan peralatan percobaan untuk mendapatkan data yang akan diolah untuk mendapatkan kesimpulan dari penelitian ini. Tempat pelaksanaan pengambilan data di Kelurahan Bansir Laut, Kecamatan Pontianak Tenggara, Kota Pontianak, pada posisi koordinat $-0.047402, 109.351914$.

3. Rancangan Alat

Rancangan alat eksperimen yang digunakan untuk mendapatkan output energi listrik pada termoelektrik dengan sumber panas dari *solar parabolic trough* sebagai berikut :



Gambar 1. Desain Alat Eksperimen

Keterangan pada gambar desain alat eksperimen di atas :

1. Tempat atau wadah air pendingin
2. *Solar parabolic trough*
3. Alat pengukur sudut

4. Rangka
5. Heatshink pendingin
6. Termoelektrik
7. Thermal pad tembaga

Dimensi desain *solar parabolic trough* yang akan dibuat berukuran panjang sebesar 30 cm, lebar aperture 50 cm, dengan kedalaman 10 cm, sedangkan titik fokus parabola dibuat berukuran 15,625 cm. Pada bagian rangka dibuat bentuk segitiga dengan dimensi alas 50 cm dan tinggi 30 cm. Untuk bagian penempatan termoelektrik berukuran panjang 30 cm, lebar 6 cm, dan tinggi 10 cm, dengan menggunakan 7 buah termoelektrik yang disusun secara seri. Sistem pendinginan dilakukan secara manual dengan mengalirkan air sebagai pendingin pada wadah air pendinginan.

III. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Pengujian

Penelitian ini dilakukan pada pukul 10.00 sampai dengan pukul 14.00 WIB diambil setiap 20 menit selama 3 hari. Terdapat dua skema yang digunakan dalam percobaan yang dilakukan yaitu, yang pertama untuk arah *solar parabolic trough* menghadap ke utara, membentuk sudut 60° dari permukaan tanah, yang kedua untuk *solar parabolic trough* yang mengarah dari timur ke barat dilakukan dengan dengan *tracking* (mencari sudut yang tepat) agar titik fokus panas tepat mengenai bagian termoelektriknya.

Suhu pada sisi panas diukur pada thermal pad tembaga, sedangkan suhu pada sisi dinginnya diukur pada bagian *heatsink*. Pada waktu pengambilan data diukur pula intensitas matahari agar dapat membandingkan kondisi cuaca pada hari pengambilan data. Berikut gambar pengujian dari penelitian ini:



Gambar 2. (a) pengujian arah timur ke barat, (b) pengujian arah ke utara

Tabel 1. Data Solar Parabolic Trough Dengan Arah Menghadap Ke Utara

Waktu	Intensitas Matahari (Lux)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Tembaga (°C)	Suhu Heatshink (°C)
10.00	137133	36,5	31,1	30,6
10.20	140200	49,9	55,3	38,3
10.40	103736	48,7	54,6	41,5
11.00	145933	49,5	63,4	43
11.20	144433	51,7	66,9	46,2
11.40	142933	50,7	67,7	48,1
12.00	144800	52	69,3	50,2
12.20	105826	52,8	61	50,2
12.40	141766	52,2	64,6	48
13.00	143300	51,3	65,9	46,9
13.20	135133	51	59,9	40
13.40	122650	48,7	58	40
14.00	127000	47,1	57,8	42,4

Selanjutnya diambil data untuk *solar parabolic trough* yang menghadap timur ke barat yang disesuaikan arahnya dengan membentuk sudut terhadap permukaan tanah agar mendapatkan titik fokus yang tepat mengenai bagian termoelektriknya.

Tabel 2. Data Solar Parabolic Trough Dengan Arah Menghadap Timur Ke Barat

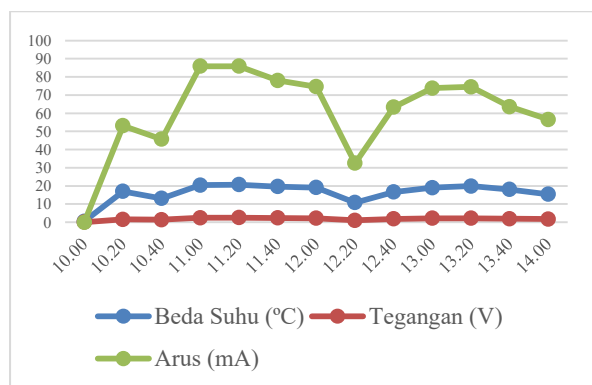
Waktu	Intensitas Matahari (Lux)	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Tembaga (°C)	Suhu Heatshink (°C)	Sudut (°)
10.00	149.900	35,4	28,1	27,8	55
10.20	151.800	47,7	51,1	39,9	63
10.40	142.533	47,4	51,2	41,7	70
11.00	150.266	47	50,5	42	77
11.20	157.966	51,2	56,5	45	84
11.40	138.500	46,6	50,3	43,1	90
12.00	158.833	50,6	56,2	44,9	98
12.20	143.933	49,5	54,9	44,9	105
12.40	118.020	53,3	57,3	47,6	110
13.00	139.966	50,5	58,9	48,9	118
13.20	133.366	51,4	60,5	49,7	125
13.40	88.003	50,4	56,2	48,7	133
14.00	118.400	47,8	57,7	48	140

Selain dari tabel di atas yang mendapatkan data suhunya, juga didapatkan data output energi yang berupa tegangan dan arus yang mengalir ketika termoelektrik yang

disusun seri tersebut dihubungkan dengan sebuah beban berupa lampu LED. Berikut ditampilkan data tegangan dan arus yang dihasilkan serta dibandingkan dengan perbedaan suhu yang dihasilkan antara sisi panas (thermal pad tembaga) dan sisi dingin (heatsink) masing-masing percobaan arah menghadap utara dan menghadap timur ke barat.

Tabel 3. Perubahan Suhu Termoelektrik Terhadap Output Energi Yang Dihasilkan Pada Solar Parabolic Trough Yang Menghadap Ke Utara

Waktu	Beda Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (mA)
10.00	0,5	0,1	0
10.20	17	1,56	53,13
10.40	13,1	1,37	45,67
11.00	20,4	2,44	85,87
11.20	20,7	2,51	85,93
11.40	19,6	2,31	78,03
12.00	19,1	2,18	74,6
12.20	10,8	1,04	32,5
12.40	16,6	1,84	63,37
13.00	19	2,13	73,83
13.20	19,9	2,17	74,53
13.40	18	1,87	63,63
14.00	15,4	1,71	56,53



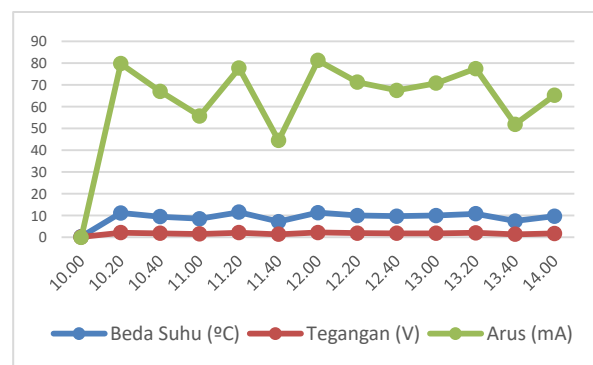
Gambar 3. Grafik Beda Suhu, Tegangan dan Arus Pada Solar Parabolic Trough Menghadap Ke Utara

Dari tabel 3 dan gambar grafik di atas terlihat bahwa pada awal pengukuran jam 10.00 belum terlihat adanya perbedaan suhu antara sisi panas dengan sisi dingin, dikarenakan panas yang direfleksikan dari absorber ke titik fokus solar parabolic trough belum naik. Terlihat pada jam 11.20 terjadi

perbedaan suhu yang paling tinggi yaitu sebesar 20,7°C sehingga menghasilkan pula tegangan yang lebih tinggi sebesar 2,51 Volt jika dibandingkan dengan waktu pengambilan data lainnya.

Tabel 4. Perubahan Suhu Termoelektrik Terhadap Output Energi Yang Dihasilkan Pada Solar Parabolic Trough Yang Menghadap Timur ke Barat

Waktu	Beda Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (mA)
10.00	0,3	0,15	0
10.20	11,2	2,11	79,67
10.40	9,5	1,82	66,97
11.00	8,5	1,55	55,67
11.20	11,5	2,15	77,63
11.40	7,2	1,39	44,47
12.00	11,3	2,23	81,2
12.20	10	1,91	71,17
12.40	9,7	1,85	67,4
13.00	10	1,84	70,73
13.20	10,8	2,06	77,4
13.40	7,5	1,4	51,84
14.00	9,7	1,77	65,2



Gambar 4. Grafik Beda Suhu, Tegangan dan Arus Pada Solar Parabolic Trough Menghadap Timur Ke Barat

Dari tabel 4 dan gambar grafik 4 di atas terlihat bahwa terjadi fenomena yang sama pada percobaan solar parabolic trough yang menghadap ke utara, yaitu bahwa di awal percobaan pada jam 10.00 nilai tegangan yang dihasilkan masih kecil. Baru pada jam 11.20 nilai beda suhu, tegangan dan arus yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan pengukuran yang dilakukan pada waktu lainnya. Jika dihubungkan pada tabel 2, bahwa pada jam 11.20 tersebut memiliki nilai

intensitas cahaya matahari yang paling tinggi. Artinya intensitas cahaya matahari juga mempengaruhi terhadap beda suhu yang dihasilkan oleh *solar parabolic trough* yang selanjutnya dapat menghasilkan output energi berupa tegangan dan arus listrik.

Selanjutnya didapat energi kalor input pada sisi panas termoelektrik yang dihasilkan oleh *solar parabolic trough*. Daya input termoelektrik dari *solar parabolic trough* (*Watt*) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$\dot{Q}_{input} = \frac{m \cdot C_p \cdot (\Delta T)}{t} \quad (1)$$

Dalam perhitungan harus diketahui massa (*m*), kalor jenis (*C_p*), waktu (*t*) dan perbedaan suhu benda antara suhu awal serta suhu akhir (ΔT), dalam penelitian ini benda yang digunakan adalah tembaga. Dimana diketahui massa tembaga sebesar 0,1536 kg, kalor jenis tembaga 381 J/Kg°C. Perbedaan suhu tembaga didapat dari tabel 1 dan tabel 2, yaitu suhu pada jam 10.00 sebagai suhu awal dan data suhu tembaga pada waktu berikutnya sebagai suhu akhir tembaga, dengan lama waktu masing-masing 20 menit (1200 detik). Sebagai contoh perhitungan untuk masing-masing arah *solar parabolic trough* dengan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

Arah menghadap ke utara pada jam 12.00 ($\Delta T = 69,3 - 31,1 = 38,2$), sehingga:

$$Q_{input} = \frac{0,1536 \cdot 381 \cdot 38,2}{1200} = 1,862 \text{ W}$$

Arah menghadap timur ke barat pada jam 13.20 ($\Delta T = 60,5 - 28,1 = 38,2$), sehingga:

$$Q_{input} = \frac{0,1536 \cdot 381 \cdot 32,4}{1200} = 1,580 \text{ W}$$

Berikut adalah hasil perhitungan daya input termoelektrik yang berasal dari sumber panas *solar parabolic trough* tiap waktu pengambilan data penelitian:

Tabel 5. Daya Input Dari Solar Parabolic Trough

Waktu	Daya Input Arah Utara (W)	Daya Input Arah Timur-Barat (W)
10.00	0	0
10.20	1,18	1,121
10.40	1,146	1,126
11.00	1,575	1,092
11.20	1,745	1,385
11.40	1,784	1,082
12.00	1,862	1,37
12.20	1,458	1,306
12.40	1,633	1,424
13.00	1,697	1,502
13.20	1,404	1,58
13.40	1,311	1,37
14.00	1,302	1,443

Dari hasil di atas dapat diketahui efisiensi dari termoelektrik pada alat eksperimen yang telah dibuat, yaitu dengan membandingkan antara daya output energi listrik yang dihasilkan oleh termoelektrik dengan daya input termoelektrik dari sumber panas *solar parabolic trough* pada *thermal pad* tembaga. Untuk daya listrik yang dihasilkan oleh termoelektriknya didapat dari rumus daya listrik yaitu :

$$P_{output} = V \times I \quad (2)$$

Tabel 6. Efisiensi Termoelektrik

Waktu	Daya Output (W)		Daya Input (W)		Efisiensi (%)	
	Arah Utara	Arah Timur ke Barat	Arah Utara	Arah Timur ke Barat	Arah Utara	Arah Timur ke Barat
10.00	0	0	0	0	0	0
10.20	0,0829	0,1681	1,18	1,121	7,024	14,996
10.40	0,0626	0,1219	1,146	1,126	5,4597	10,825
11.00	0,2095	0,0863	1,575	1,092	13,303	7,902
11.20	0,2157	0,1669	1,745	1,385	12,36	12,051
11.40	0,1802	0,0618	1,784	1,082	10,104	5,713
12.00	0,1626	0,1811	1,862	1,37	8,734	13,217
12.20	0,0338	0,1359	1,458	1,306	2,318	10,409
12.40	0,1166	0,1247	1,633	1,424	7,140	8,756
13.00	0,1573	0,1301	1,697	1,502	9,267	8,665
13.20	0,1617	0,1594	1,404	1,58	11,519	10,091
13.40	0,119	0,0726	1,311	1,37	9,076	5,298
14.00	0,0967	0,1154	1,302	1,443	7,424	7,998

Dari hasil perhitungan efisiensi termoelektrik di atas terlihat bahwa nilai efisiensi terbesar yaitu sebesar 14,996% pada arah timur ke barat. Hal ini menunjukkan efisiensi alat penghasil energi listrik yang dibuat masih belum baik, karena memiliki efisiensi yang sangat rendah. Nilai efisiensi yang di dapat pada arah utara lebih rendah dibandingkan dengan arah timur ke barat, hal ini disebabkan karena pada arah timur ke barat *solar parabolic trough* diatur arah sudut terhadap matahari sehingga titik fokus panas tepat berada pada bagian *thermal pad* tembaga termoelektriknya.

IV. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan antara lain:

1. Perbedaan suhu antara sisi panas dan sisi dingin termoelektrik sangat berpengaruh pada hasil tegangan, dan arus termoelektrik yang dihasilkan. Semakin besar perbedaan suhu yang dihasilkan maka akan semakin besar juga tegangan serta arus yang dihasilkan termoelektrik.
 - Untuk arah utara
Perbedaan suhu tertinggi yang dihasilkan adalah 20,7 °C dengan nilai arus 85,93 mA dan tegangan 2,51 volt.
Perbedaan suhu terendah yang dihasilkan adalah 10,8 °C dengan nilai arus 32,5 mA dan tegangan 1,04 volt.
 - Untuk arah timur ke barat
Perbedaan suhu tertinggi yang dihasilkan adalah 11,5 °C dengan nilai arus 77,63 mA dan tegangan 2,15 volt.
Perbedaan suhu terendah yang dihasilkan adalah 7,2 °C dengan nilai arus 44,47 mA dan tegangan 1,39 volt.
2. Intensitas cahaya matahari juga mempengaruhi terhadap beda suhu yang dihasilkan oleh *solar parabolic trough* yang selanjutnya dapat menghasilkan output energi berupa tegangan dan arus listrik.
3. Nilai efisiensi termoelektrik tertinggi dengan sumber panas yang berasal dari *solar parabolic trough* pada hasil percobaan serbesar yaitu sebesar 14,996% dengan arah menghadap timur ke barat. Hal ini menunjukkan bahwa alat yang dibuat untuk menghasilkan energi belum

cukup efisien karena memiliki nilai efisiensi yang rendah.

Daftar Pustaka

- Ansyori. 2017. *Rancang Bangun Sistem Generator Termoelektrik Sederhana Sebagai Pembangkit Listrik Dengan Menggunakan Metode Seebeck Effect*. Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang
- Binu, D. R., dkk. 2017. Thermoelectric Power Generation Using Solar Energy. *IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development Vol. 5, ISSN (online): 2321-0613*
- Kamal, A. H., Hendrawan, J., Hasan, A. A. 2017. Pengujian Kinerja Couple Termoelektrik Sebagai Pendingin Prosesor. *Prosiding SNATIF Ke-4 Tahun 2017 ISBN: 978-602-1180-50-1*
- Klara, S., dan Sutrisno. 2016. Pemanfaatan Panas Gas Buang Mesin Diesel Sebagai Energi Listrik. *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK) Volume 14, Nomor 1. Makassar*
- Pikra, G., dkk. 2011. Uji Coba Awal *Parabolic Trough Solar Collector*. *Journal Of Mechatronics, Electrical Power, And Vehicular Technology Vol. 02, No 2, Pp 57-64 E-ISSN 2088-6985*
- Pratama A. O., dan Darsopuspito S., 2013, Analisa Performa Kolektor Surya Tipe *Parabolic Trough* Sebagai Pengganti Sumber Pemanas Pada Generator Sistem Pendingin Difusi, *JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 3*
- Rafika, H., Iman, R. M., dan Aziz, A., 2016. Kaji Eksperimental Pembangkit Listrik Berbasis *Thermoelectric Generator* (Teg) dengan Pendinginan Menggunakan Udara. *Jurnal Sains dan Teknologi ISSN 1412-6257*
- Rahardjo Irawan, dan Fitriana Ira, 2005, "*Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia*". FPMIPA UPI – JICA Bandung.