

Rancang Bangun Pembangkit Listrik Alternatif Menggunakan Termoelektrik dengan Memanfaatkan pada Tungku Pemanas

Muhammad Abdul Manab*, Al Fikri

Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro dan Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

Correspondent email: am@unja.ac.id

Abstrak_ Penelitian ini telah dirancang bangun sebuah pembangkit listrik alternatif menggunakan termoelektrik generator (TEG) dengan memanfaatkan tungku pemanas, dengan menggunakan dua termoelektrik generator (TEG) yang di rangkai secara seri. Termoelektrik yang memanfaatkan perbedaan suhu dapat menghasilkan tegangan yang sesuai dengan efek *seebeck*. Pembangkit listrik alternatif yang telah dirancang tersebut terdiri dari termoelektrik, *boost converter*, dan beban lampu DC 5 Watt. Pengujian dilakukan menggunakan *Boost Converter* dan menggunakan beban lampu DC 5 Watt selama 20 menit. Hasil penelitian menggunakan *Boost Converter* menghasilkan tegangan sebesar 42,8 V dengan perbedaan suhu sebesar 90°C, sedangkan menggunakan beban lampu DC 5 Watt menghasilkan tegangan sebesar 8,81 V dengan perbedaan suhu 82°C dan arus yang dihasilkan sebesar 0,6 A, serta daya yang dihasilkan 4,84W.

Kata kunci: *Boost Converter*; Termoelektrik Generator

Abstract_ his study aims to design an alternative power generator using a thermoelectric generator (TEG) by utilizing a heating furnace, using two thermoelectric generators (TEG) connected in series. Thermoelectrics that take advantage of temperature differences can produce voltages that correspond to the *seebeck* effect. The alternative power generator that has been designed consist of a thermoelectric, *boost converter*, and a 5 Watt DC lamp load. The test was carried out using a *Boost Converter* and using a 5 Watt DC lamp load for 20 minutes. The results of the research using the *Boost Converter* produce a voltage of 42.8 V with a temperature difference of 90°C, while using a 5 Watt DC lamp load produces a voltage of 8.81 V with a temperature difference of 82°C and the resulting current is 0.6 A, the resulting power 4.84W.

Keywords: *Boost Converter*; *Thermoelectric Generator*

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu keperluan yang harus terpenuhi bagi kehidupan manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Energi listrik dapat dibangkitkan dari beberapa sumber, energi yang sering digunakan di Indonesia yaitu batubara, minyak, surya, angin, air dan perbedaan suhu [1].

Permasalahan listrik di Indonesia terutama di pedesaan masih belum terjangkau oleh penyediaan listrik yang ada karena berbagai alasan dan kendala, salah satunya adalah jarak antara pembangkit dan konsumen terlalu jauh. Keadaan desa di Indonesia ada 74.093 desa, diantaranya 39.086 desa tertinggal dan 17.268 desa sangattertinggal. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) sekitar 15,4% atau lebih dari 12 ribu desa dan kelurahan belum teraliri listrik[2][3].

Kendala yang sering terjadi di pedesaan yaitu akses jalan menuju desa untuk mendistribusikan energi listrik, permasalahannya antara lain, alokasi anggaran pemerintah yang relatif kecil dibanding luas wilayah. Indonesia masih banyak tempat-tempat energi listriknya tertinggal seperti di pedesaan [2].

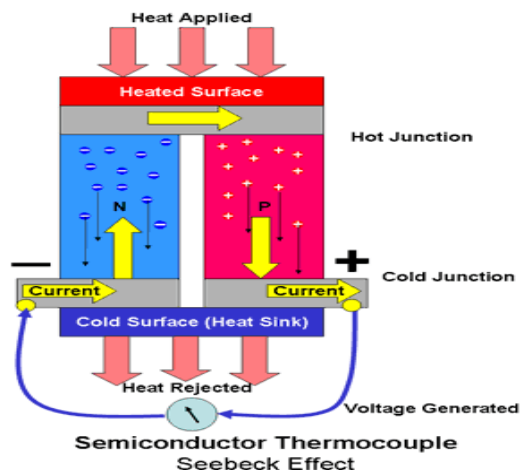
Pada penelitian ini dirancang sistem pembangkit listrik menggunakan dua termoelektrik generator, kemudian sebuah *Boost Converter* digunakan agar dapat menaikkan sumber tegangan yang dihasilkan[4][5]. Sehingga pada pengujian dapat menghidupkan lampu DC 12 V.

2. TINJAUAN PUSTAKA

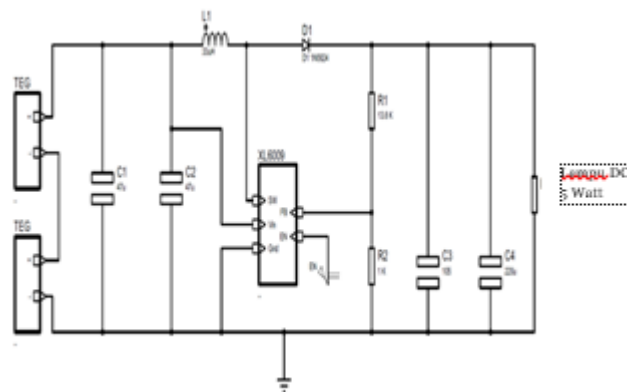
Termoelektrik generator merupakan sebuah alat yang mampu mengkonversi energi panas menjadi energi listrik secara langsung berdasarkan efek *Seebeck* yang akan membangkitkan tegangan DC, termoelektrik juga memiliki biaya perawatan yang murah dan tidak adabiaya pengoperasian, dan teknologi pembangkit listrik yang menggunakan efek *Seebeck* dimana dapat mengubah perbedaan temperatur pada material semikonduktor menjadi listrik [6].

Prinsip kerja dari Termoelektrik generator yaitu membutuhkan perbedaan temperatur yang tinggi agar menghasilkan tegangan, arus, dan daya yang besar, termoelektrik generator mampu menghasilkan daya 12 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ hanya dengan selisih temperatur 5°C[7].

Termoelektrik generator (TEG) menggunakan sistem efek *Seebeck*, efek *Seebeck* membuktikan adanya medan magnet yang menggerakkan jarum kompas ketika dipasangkan diantara rangkaian logambesi dan tembaga salah satu sisinya dipanaskan, medan magnet timbul karena adanya listrik akibat logam yang dipanaskan[8].



Gambar 1. Skema Efek Seebeck [8]



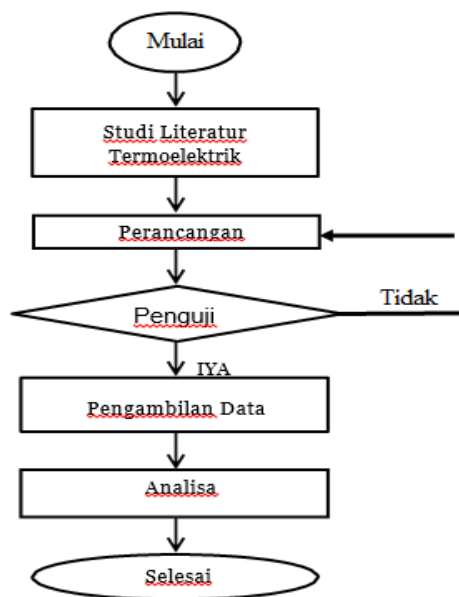
Gambar 2. Rangkaian keseluruhan

Bahan termoelektrik yang baik seharusnya memiliki karakteristik, konduktivitas listrik yang tinggi meminimalkan kenaikan temperatur dari hambatan ke arus listrik yang mengalir, koefisien Seebeck yang besar pada perubahan maksimal dari panas ke daya listrik, dan konduktivitas panas yang rendah dapat mencegah konduksi panas melalui bahan[9].

Pengertian kayu bakar adalah sumber energi penting untuk memasak baik untuk rumah tangga maupun industri rumah tangga, namun penggunaan kayu bakar masih ada. Kayu bakar digunakan untuk memasak makanan dan air, kayu bakar bagi masyarakat di pedesaan belum tergantikan oleh jenis energi seperti minyak tanah dan gas karena daya belinya yang rendah[10][11].

3. METODE PENELITIAN

Perancangan pada penelitian ini terdiri dari rangkaian sumber tegangan (TEG), rangkaian converter sebagai menaikkan tegangan tipe *Boost Converter*, dan Lampu DC 5 Watt sebagai beban.



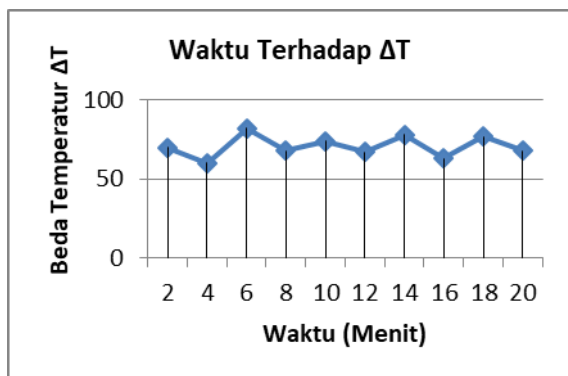
Gambar 3. Diagram alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

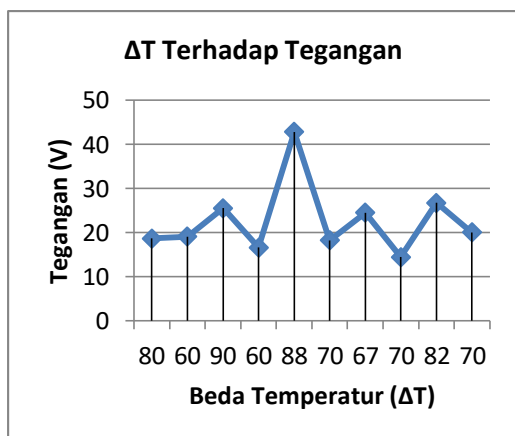
Hasil pengujian menggunakan Termoelektrik Generator, didapatkan 3 data sebagaimana ditampilkan pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Pengujian Menggunakan Termoelektrik Generator

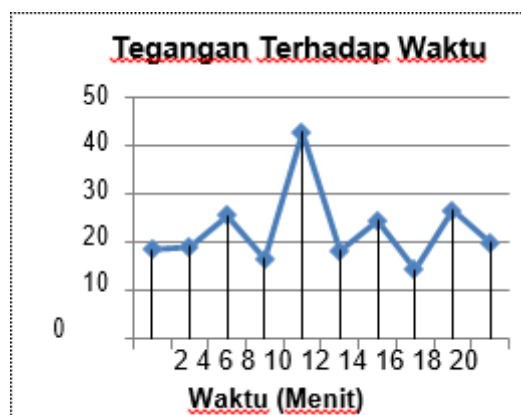
Waktu (Menit)	Temperatu r Panas (°C)	Temperatur Dingin (°C)	ΔT (°C)	Tegangan (V)
2	90	30	60	5,27
4	100	28	72	5,72
6	89	30	59	5,41
8	110	29	81	5,87
10	88	32	56	5,33
12	100	28	72	5,63
14	90	30	60	5,57
16	110	29	81	6,10
18	87	30	57	5,49
20	100	28	72	5,63
Rata-rata			72	5,63



Gambar 4. Karakteristik Beda Temperatur Terhadap Tegangan



Gambar 5. Karakteristik ΔT Terhadap Tegangan



Gambar 6. Karakteristik Tegangan Terhadap Waktu

Data yang diperoleh dari pengujian tabel 1, tegangan yang dihasilkan sebesar 6,10 V dengan beda temperatur yang dihasilkan 81°C. Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa pada 2 menit awal terjadi beda temperatur 60°C. Pada menit ke 2 sampai ke 8 terjadi kenaikan beda temperatur yang terlalu besar yang mencapai beda temperatur maksimumnya 81°C pada menit ke 8. Setelah mencapai beda temperatur maksimum, terjadi penurunan beda temperatur pada TEG yang dimulai pada menit ke 6 yaitu 59°C, menit ke 10 dengan beda temperatur 56°C

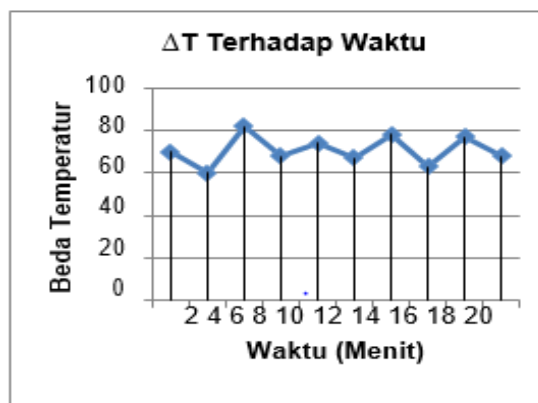
dan menit ke 18 dengan beda temperatur 57°C, akan mengalami penurunan jika tidak ditambahkan kayu bakar dan es batu kembali.

Gambar 6 dapat dilihat bahwa semakin besar beda temperatur maka tegangan yang dihasilkan dari termoelektrik generator juga semakin besar. Pada pengujian ini beda temperatur terbesar adalah 81°C dengan tegangan keluarannya sebesar 6,10 V. Sedangkan beda temperatur terkecilnya adalah 56°C yang menghasilkan tegangan sebesar 5,33 V. Maka dapat dilihat nilai tegangan sebanding dengan beda temperatur.

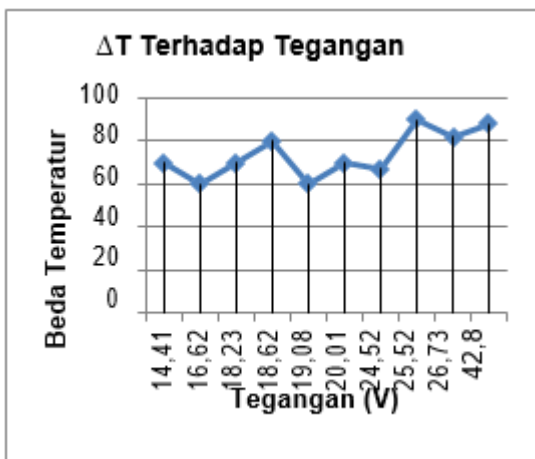
Perubahan pada ΔT terus terjadi seiringnya waktu sehingga ΔT sejajar dengan penambahan waktu seperti pada gambar di atas yaitu tegangan yang dihasilkan terhadap waktu maka tegangan output akan terus mengalami kenaikan hingga mencapai titik maksimum dari termoelektrik generator yang menerima dan melepaskan (ΔT) dari panas pembakaran. Tegangan yang dihasilkan dari menit 2 adalah 5,27 V dengan ΔT 60°C dan terus mengalami kenaikan di menit ke 4 dengan tegangan 5,72 V dengan ΔT 72°C maka menambahkan batu es dan kayu bakar untuk mempertahankan beda temperatur agar tegangan tidak mengalami penurunan. Tegangan maksimum yang dihasilkan selama 20 menit yaitu 6,10 V pada menit ke 16 dengan beda temperatur 81°C.

Tabel 2. Pengujian Menggunakan Boost

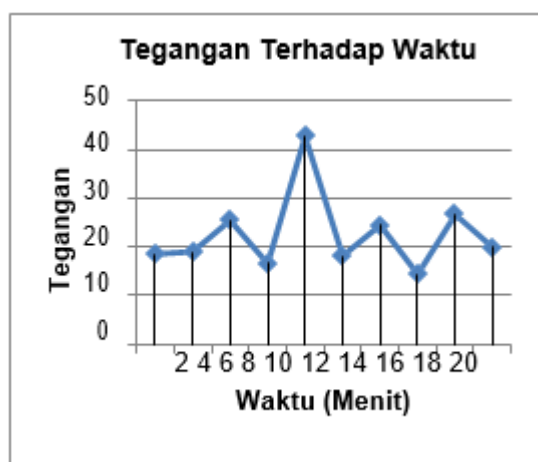
Waktu (Menit)	Temperatur Panas (°C)	Temperatur Dingin (°C)	ΔT (°C)	Tegangan (V)
2	100	20	80	18,62
4	90	30	60	19,08
6	110	20	90	25,52
8	90	30	60	16,62
10	110	22	88	42,8
12	100	30	70	18,23
14	100	33	67	24,52
16	100	30	70	14,41
18	110	28	82	26,73
20	100	30	70	20,01
Rata-rata			73,70	22,34



Gambar 7. Karakteristik Beda Temperatur Terhadap Bada Temperatur



Gambar 8. Karakteristik Beda Temperatur Terhadap Tegangan



Gambar 9. Karakteristik Tegangan Terhadap Waktu

yang dihasilkan sebesar 42,8 V dengan beda temperatur 90°C. Pada gambar 7 dapat dilihat bahwa 2 menit awal terjadi peningkatan beda temperatur yang signifikan. Pada menit ke 2 sampai ke 6 terjadi kenaikan beda temperatur yang terlalu besaryang mencapai beda temperaturnya 90°C pada menit ke 6. Setelah mencapai beda temperatur maksimum, terjadilah penurunan beda temperatur pada TEG yang dimulai pada menit ke 6 hingga ke menit ke 8 yaitu 60°C dan akan mengalami penurunan jika tidak ditambahkan kayu bakar dan batu es kembali.

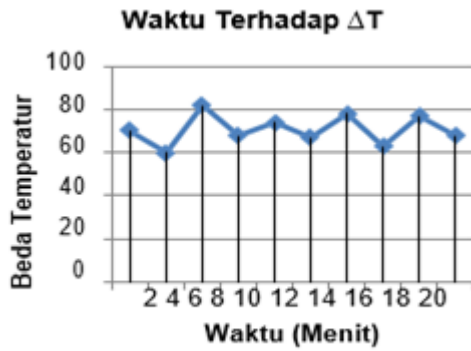
Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa semakin besar beda temperatur maka tegangan yang dihasilkan dari termoelektrik generator juga semakin besar. Begitu pula sebaliknya apabila beda temperatur semakin kecil maka tegangan yang dihasilkan semakin kecil juga. Pada pengujian ini beda temperatur terbesar adalah 90°C dengan tegangan keluarannya sebesar 25,52 V. Sedangkan beda temperatur terkecilnya adalah 60°C yang menghasilkan tegangan sebesar 16,62V.

Pada gambar 9, berdasarkan dari pembahasan pada gambar 4 dan gambar 5 dapat disimpulkan bahwa tegangan *output* dihasilkan berdasarkan perbedaan temperatur yang terjadi seiringnya waktu sehingga beda temperatur sejajar dengan pertambahan waktu seperti pada gambar 3 yaitu tegangan yang dihasilkan terhadap waktu maka tegangan *output* akan terus mengalami kenaikan hingga mencapai titik maksimum dari termoelektrik generator yang menerima dan melepaskan beda temperatur dari panas pembakaran. Tegangan maksimum yang dihasilkan selama 20 menit yaitu 42,8 V.

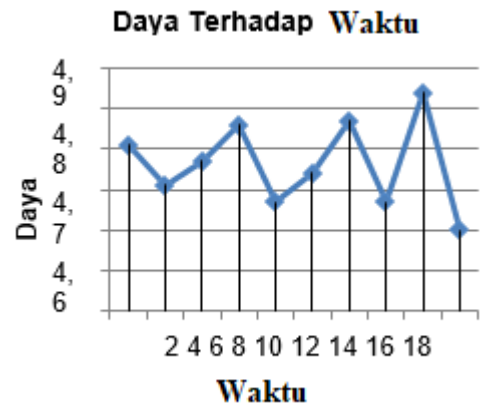
Hasil pengujian tabel 2 dapat dilihat tegangan

Tabel 3. Pengujian menggunakan beban lampu

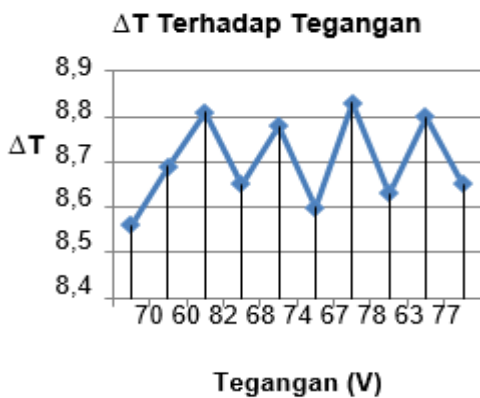
Waktu (Menit)	Temperatur Panas (°C)	Temperatur Dingin (°C)	ΔT (°C)	Tegangan (V)	V	I	P
2	100	20	80	18,62	8,56	0,55	4,71
4	90	30	60	19,08	8,69	0,53	4,61
6	110	20	90	25,52	8,81	0,53	4,67
8	90	30	60	16,62	8,65	0,55	4,76
10	110	22	88	42,8	8,78	0,52	4,57
12	100	30	70	18,23	8,60	0,54	4,64
14	100	33	67	24,52	8,83	0,54	4,77
16	100	30	70	14,41	8,63	0,53	4,57
18	110	28	82	26,73	8,80	0,55	4,84
20	100	30	70	20,01	8,65	0,52	4,50
Rata- rata			73,7	22,34	8,7	0,54	4,66



Gambar 10. Karakteristik Waktu Terhadap ΔT



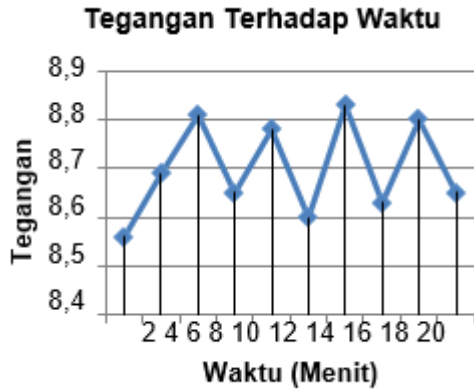
Gambar 14. Karakteristik Daya Terhadap Waktu



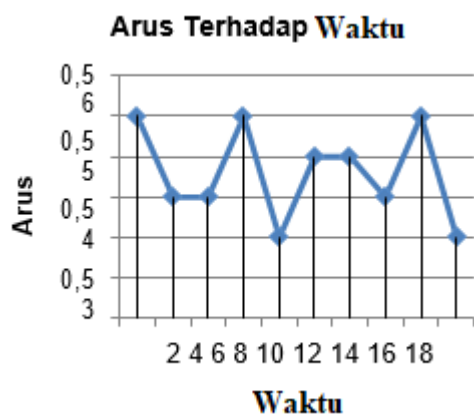
Gambar 11. Karakteristik ΔT Terhadap Tegangan



Gambar 15. Pengujian Menggunakan Lampu



Gambar 12. Karakteristik Tegangan Terhadap Waktu



Gambar 13. Karakteristik Arus Terhadap Waktu

Hasil pengujian dari tabel 3, tegangan yang dihasilkan sebesar 8,83V dengan beda temperatur yang dihasilkan 82°C. Pada gambar 10 dapat dilihat beda temperatur terhadap waktu dalam rentang 20 menit. Pada menit ke 6 terjadi peningkatan temperatur yang signifikan. Kemudian temperatur mengalami naik turun yang tidak terlalu signifikan, dikarenakan setiap 4 menit dilakukan penambahan batu es atau kayu bakar, sehingga apabila tidak ditambahkan batu es atau kayu bakar maka tegangan akan mengalami penurunan sehingga panas yang dihasilkan tidak maksimal.

Pada gambar 11 dapat dilihat semakin besarnya perbedaan suhu maka tegangan yang dihasilkan akan semakin besar dan sebaliknya. Perbedaan suhu terbesar adalah 82°C dengan keluaran tegangan 8,81 V. dan gambar 12 dapat dilihat nilai tegangan yang dihasilkan pada perbedaan suhu antara kedua sisi. Perbedaan suhu terus mengalami kenaikan setiap 4 menit, sehingga menyebabkan tegangan yang dihasilkan setiap 4 menit terus mengalami kenaikan. Kemudian tegangan yang dihasilkan mengalami penurunan secara bertahap seiringnya perbedaan suhu.

Gambar 13 dapat dilihat nilai keluaran arus dari lampu mengalami nilai yang tetap. Percobaan ini dilakukan dengan durasi waktu 20 menit, dapat disimpulkan bahwa nilai arus yang di uji pada durasi

waktu 20 menit tidak melebihi 0,6A. Dan gambar 14 daya yang dihasilkan dari perbedaan suhu cenderung meningkat pada awal dan setiap 4 menit, kemudian turun pada menit ke 20. Perbedaan suhu terus mengalami kenaikan pada menit ke 18, sehingga menyebabkan daya yang dihasilkan 4,84 W. Tegangan mengalami penurunan secara bertahap seiringnya perbedaansuhu.

5. KESIMPULAN

Pembangkit listrik alternatif menggunakan termoelektrik generator dengan memanfaatkan tungku pemanas bekerja dengan baik. Dimana hasil dari perancangan menggunakan 2 termoelektrik generator (TEG) yang dipasang secara seri kemudian dihubungkan ke *boost converter*, dan dihubungkan ke lampu DC 5 Watt dapat digunakan. Perbedaan temperatur maksimal menggunakan termoelektrik generator (TEG) sebesar 81°C pada menit ke 16 dengan tegangan 6,10V.

Nilai keluaran tegangan maksimal termoelektrik generator (TEG) dengan menggunakan lampu sebesar 8,83V. Perbedaan temperatur maksimal yang dihasilkan menggunakan *Boost Converter* adalah 90°C, dengan tegangan sebesar 25,52V. Arus yang dihasilkan dari percobaan menggunakan lampu bernilai 0,55 A dan sedangkan daya yang dihasilkan sebesar 4,84 W pada temperatur maksimal 82°C.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Bachtiar, "Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya" SMARTek, Vol.4, No.3, pp.176-182, 2006.
- [2] Pennelli, G., "Review of Nanostructured Devices for Thermoelectric Applications," Beilstein Journal of Nanotechnology, Vol.5, pp.1268-1284, 2014.
- [3] Lie, J., Putu, A., I Nyoman, S., "Usaha Mengatasi Krisis Energi Dengan Memanfaatkan Aliran Pangkung Sebagai Sumber Pembangkit Listrik Alternatif Bagi Masyarakat Dusun Gambuk Pupuan Tabanan," Universitas Udayana Bali, Laporan Penelitian, 2010.
- [4] C.Y. Sirait dan Hendi Matalata, "PERANCANGAN BOOST CONVERTER DENGAN LDR SEBAGAI PENGENDALI SINYAL PWM," JEPKA, Vol.1, No.2, 2018.
- [5] Hendi Matalata, "Analisa Buck Converter dan Boost Converter Pada Perubahan Duty Cycle PWM Dengan Membandingkan Frekuensi PWM 1,7 KHz dan 3,3 KHz," Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi, Vol.18, No.1, Februari 2018.
- [6] Zhang, H., Xu, T., Hashimoto, S. and Watanabe, T., "The Possibility of mW-Class-On-Chip Power Generation Using Ultrasmall SI Nanowire-Based Thermoelectric Generator," IEEE Transactions, 65, 1-8, 2018.
- [7] Rowe DM. Thermoelectric CRC Handbook. Boca Raton (FL): CRC Press; 2005
- [8] Roekettino, Ardian, "perancangan awal dan manufaktur termoelektrik generator," Universitas Indonesia, 2008.
- [9] T. Kania, A. Dreizler, J. Janicka, B. Schilder, S. Hardt, P. Stephan, "Conceptual Study of a Micro Energy Converter Using Thermoelectric Materials," The Sixth International Workshop on Micro and Nanotechnology for Power Generation and Energy Conversion Applications, Berkeley, U.S.A, Nov. 29 - Dec. 1, 2006.
- [10] Hariyatno Dwiprabowo, "Kajian Kebijakan Kayu Bakar Sebagai Sumber Energi di Pedesaan Pulau Jawa," Jurnal Analisa Kebijakan Kehutanan Vol. 7, No.1, 2010.
- [11] Ade Chandra, "Pengujian Performansi Penerapan Termoelektrik Pada Tong Sampah," 2017.