

Perancangan Thermoelectric Generator (TEG) sebagai Sumber Energi Terbarukan

Faikul Umam^{1*}, Hairil Budiarto², Sri Wahyuni³

^{1,2,3} Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo Madura

*faikul@trunojoyo.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.21107/rekayasa.v10i2.6345>

Abstrak: *Kebutuhan bahan bakar fosil untuk pembangkit listrik semakin meningkat, sehingga cadangan bahan bakar semakin menipis. Energi listrik merupakan energi yang sangat mudah untuk dipergunakan, karena sangat mudah dikonversi menjadi bentuk energi lain dengan mudah dan efisien. Pemerintah telah mencanangkan untuk berhemat energi dan memberikan program program perancangan energi terbarukan melalui perubahan energi matahari, angin, air dan biomassa. Penelitian energi terbarukan pada solar cell, micro hydro dan biomassa telah banyak dilakukan, isu terkini pada energi terbarukan adalah pemanfaatan panas buang (waste heat), pada dunia industri dan permesinan seperti automobiles, boilers dan radiator pada mobil dan kapal banyak menyumbang panas yang terbuang. Thermoelectric generator (TEG) merupakan jenis semikonduktor yang dapat menghasilkan tegangan berdasarkan perbedaan temperatur yang melewati kedua sisi alatnya. Perancangan media ajar energi terbarukan dengan memanfaatkan Thermoelectric generator (TEG) akan menggunakan dua jenis fluida yaitu fluida panas dan fluida dingin, untuk membangkitkan fluida panas digunakan heater dan untuk fluida dingin akan menggunakan air es. Metode pada penelitian ini adalah eksperimental dari 5 TEG yang disusun secara seri dan di paralel dengan 5 TEG berikutnya. Data hasil percobaan bahwa media ajar TEG dapat menghasilkan tegangan 9,20 volt pada kondisi fluida panas pada temperatur 64oC dan fluida dingin pada temperatur 11oC, sedangkan perbedaan temperatur ($\Delta T=53oC$).*

Kata Kunci: *media ajar, energi terbarukan, TEG*

PENDAHULUAN

Ketergantungan pada bahan bakar fosil untuk pembangkit listrik semakin meningkat dari tahun ketahun, namun demikian cadangan bahan bakar fosil akan terus menipis seperti minyak & gas bumi adalah sumber yang paling banyak digunakan namun tidak dapat diperbaharui [1]. Isu masalah energi dan permintaan untuk sumber energi alternatif sangat diperlukan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil tersebut, bagi perkembangan suatu negara, krisis energi memaksa untuk mencari sumber alternatif energi baru terbarukan yang ramah lingkungan sehingga tidak berdampak buruk bagi lingkungan.

Pada pembuatan media ajar ini, kami menggunakan satu perangkat yang digunakan untuk dibuat dan diperkenalkan oleh manusia sebagai energi terbarukan yaitu thermo electric peralatan generator untuk menghasilkan listrik. Seperti kita tahu energi terbarukan adalah, energi matahari, angin energi, energi air, energi gelombang laut, dll, energi tersebut dapat menghasilkan listrik dalam berbagai bentuk dan metode. Namun beberapa penggunaannya memiliki kekurangan. Sel surya adalah yang paling umum digunakan di aplikasi seperti industri rumah tangga dan sistem kelistrikan pesawat ruang angkasa. Namun, jika tidak ada cahaya matahari tidak akan ada produksi listrik sumber alternatif diperlukan untuk menghasilkan

listrik. Energi angin dan hidro listrik punya kekurangan yang membuat mereka lebih sedikit daya produksi dan tidak cukup untuk penggunaan yang lebih luas. Dunia industri dan permesinan, menghasilkan panas buang yang sangat banyak, jika panas tersebut dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik maka kita dapat menghemat bahan bakar, dengan memanfaatkan *Thermoelectric generator* (TEG) pada sisi panas dilewati fluida panas (berupa air panas) dan sisi dingin dilewati fluida dingin (air es), maka TEG tersebut akan menghasilkan *voltage* listrik [2].

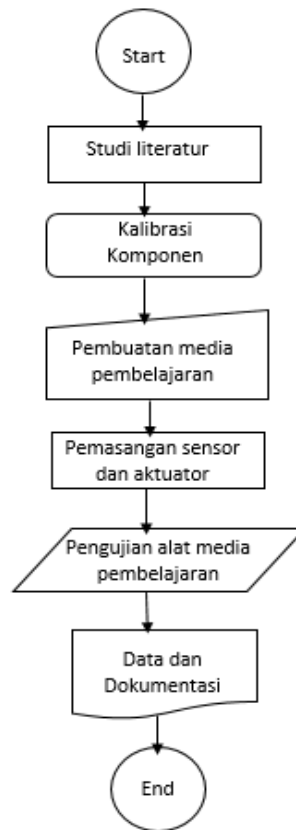
METODE PENELITIAN

A. Alur Sistem

Pembuatan media ajar dilakukan di Laboratorium Mekatronika fakultas Teknik Universitas Trunojoyo madura, fluida panas yang digunakan adalah air panas yang dipanaskan dengan bantuan heater, fluida dingin yang digunakan adalah air es. Sebagai aktuator digunakan pompa air mini untuk memompa kedua fluida tersebut. Sensor temperatur menggunakan LM35 yang tahan air, dua buah sensor diletakkan pada aliran fluida panas dan fluida dingin untuk mencatat keluaran temperatur dan ditampilkan pada LCD. Percobaan dengan memerikan beban berupa lampu LED 12 volt. Langkah langkah pembuatan dan pegujian media ajar, seperti pada Gambar 1.

B. Spesifikasi TEG

Seperti pada Gambar 2, TEG pada penelitian ini menggunakan tipe TEG127-40A, sedangkan semikonduktor yang digunakan adalah Bismuth (Bi) dan Telurium (Te). Selain itu digunakan heatsink sebagai sistem pendingin. Hal ini dilakukan agar penyerapan panas lebih maksimal dari sisi dingin TEG127-40A.



Gambar 1. Alur Sistem



Gambar 2. Rangkaian seri dan paralel TEG127-40A

C. Thermoelectric Generator (TEG)

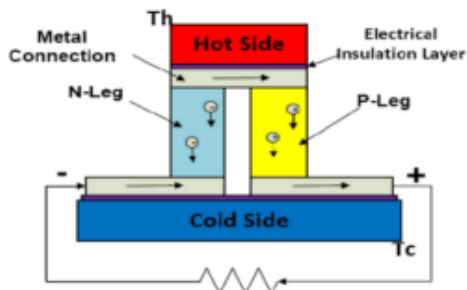
Konversi energi panas menjadi energi listrik sedang marak dilakukan oleh para peneliti salah satunya menggunakan *Thermoelectric Generator* (TEG) [3][4]. TEG terdiri dari sisi panas dan sisi dingin yang memungkinkan dapat mengalirkan elektron dari sisi panas ke sisi yang lebih

dingin. Thermoelectric memiliki tiga antara lain Seebeck Effect, Peltier Effect, dan Thomson Effect [5]. Seperti pada Gambar 3, penjelasan seebeck terkait hal ini yakni jika kedua simpangan stabil pada temperatur berbeda, maka akan menghasilkan tegangan. Konduktifitas termal air biasanya lebih tinggi dari pada udara, sehingga koefisien perpindahan panas lebih maksimal [6].

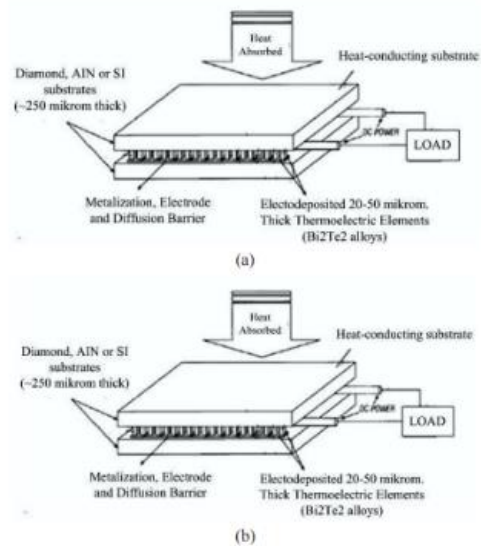
Aliran daya thermoelektrik menggunakan konsep aliran fluida, yaitu aliran panas tertutup seperti seperti pada persamaan 1. Pada kasus penggunaan logam, koefisien Seebeck sangat kecil, oleh karena itu digantikan dengan bahan semikonduktor misalnya germanium-silikon dengan koefisien 830 $\mu\text{V/K}$ [7].

$$V = \int_{T_1}^{T_2} [\alpha_B(T) - \alpha_A(T)] dT. \quad (1)$$

Efek Peltier merupakan kebalikan efek Seebeck yakni perbedaan temperatur disebabkan oleh tegangan, dan ketidak stabilan temperature yang disebabkan oleh koefisien Seebeck merupakan efek Thomson. Dari sini TEG dibangun menggunakan prinsip dasar efek Seebeck, sehingga panas yang tersedia di bumi dapat dimanfaatkan lebih maksimal [8]. Modul thermoelectric generator dapat dilihat pada Gambar 4(a) dan Gambar 4(b).



Gambar 3. Prinsip Kerja TEG

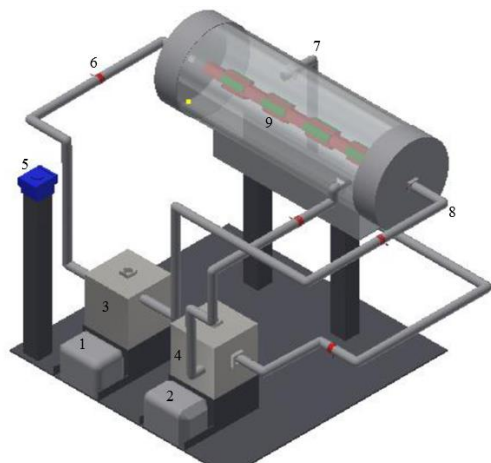


Gambar 4 (a)(b). Diagram Skematik TEG

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain media ajar TEG

Proses pembuatan alat ini dilakukan sepenuhnya dilaboraturium Mekatronika Dasar Universitas Trunojoyo Madura, media ajar menggunakan TEG sebanyak 5 buah yang dirangkai secara seri dan diparalel dengan 5 buah TEG yang dirangkai secara seri juga. Berikut adalah skema rancangan alat yang dibuat pada Gambar 5



Gambar 5. Desain media ajar

Keterangan :

1. Pompa fluida panas (heat pump)
2. Pompa fluida dingin (cold pump)
3. Tangki fluida panas
4. Tangki fluida dingin
5. Volt meter (display tegangan yang dihasilkan)
6. Valve kran
7. Fluida dingin masuk
8. Fluida dingin keluar
9. Generator thermal(TEG)

Media ajar energi terbarukan dengan memanfaatkan TEG seperti pada Gambar 6., langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian pada media ajar tersebut.



Gambar 6. Hasil Pembuatan Alat

Pengujian Alat

Sebelum mengetahui data hasil percobaan yang telah dilakukan terlebih dahulu mengetahui dan menghitung parameter pengukuran yang akan dilakukan :

- a. Tegangan maksimal yang dihasilkan TEG

Menurut *datasheet* untuk 1 buah TEG memiliki dengan kapasitas panas maksimal 150° dapat menghasilkan tegangan listrik sebesar 4,8 V. Percobaan ini menggunakan 5 buah TEG yang disusun secara seri sehingga kapasitas tegangan maksimal (diasumsikan panas yang diberikan

maksimal) yang akan dihasilkan adalah :

$$V_{\text{total}} = \text{TEG}_1 + \text{TEG}_2 + \text{TEG}_3 + \text{TEG}_4 + \text{TEG}_5$$

$$V_{\text{total}} = 4,8 + 4,8 + 4,8 + 4,8 + 4,8$$

$$V_{\text{total}} = 24 \text{ V}$$

- b. Arus maksimal yang dihasilkan TEG
Menurut *datasheet* untuk 1 buah TEG memiliki dengan kapasitas panas maksimal 150° dapat menghasilkan arus listrik sebesar 669 mA. Namun dalam penelitian ini penggunaan arus diabaikan. Hal ini dilakukan karena susunan rangkaian TEG berupa rangkaian seri yang menurut hukum pembagi arus, arus akan bernilai tetap apabila sebuah rangkaian disusun seri.

Penelitian ini terbagi menjadi 2 siklus yakni siklus naik dan siklus turun. Siklus naik adalah percobaan dimana suhu awal dibiarkan sama dengan suhu ruang yang kemudian diberikan perlakuan pada masing-masing tabung fluida. Tabung I diberikan perlakuan pemanasan, sedangkan Tabung II diberikan perlakuan pendinginan. Siklus ini dilakukan selama 20 menit dengan pembacaan hasil yang akan di *record* per 2 menit. Data hasil pengujian akan disajikan dalam bentuk Tabel 1

Tabel 1. Tabel Hasil Pengujian Media Ajar

Menit ke-	T _{panas} (°C)	T _{dingin} (°C)	ΔT (°C)	V (Volt)
0	30	30	0	0,28
2	35	23	12	1,92
4	39	21	18	2,86
6	43	20	23	3,66
8	46	18	28	4,40
10	50	17	33	5,09
12	52	14	38	5,88
14	55	13	42	6,46
16	57	12	46	7,40
18	60	13	47	8,70
20	64	11	53	9,20
Rata-rata kenaikan temperatur T _{panas}				4 °C
Rata-rata penurunan temperatur T _{dingin}				2 °C
Rata-rata perbedaan temperatur (ΔT)				31 °C
Rata-rata tegangan yang dihasilkan				5,08 V

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa rata rata kenaikan temperatur sekitar 4°C, dan rata rata penurunan temperatur sekitar 2°C, perbedaan temperatur rata rata (ΔT) adalah 31°C, dan tegangan yang dihasilkan rata rata 5,08 volt. Pada percobaan selama 20menit, tegangan tertinggi yang dihasilkan adalah 9,20 volt, dan dapat terus meningkat berbanding lurus dengan perbedaan temperatur yang semakin besar, semakin besar perbedaan temperatur maka semakin besar tegangan yang dihasilkan oleh media ajar tersebut. Untuk mendapatkan perbedaan temperatur yang tinggi maka diperlukan suatu metode kontrol temperatur, dengan mengatur valve dc kran, penambahan TeG secara seri dan paralel untuk mendapatkan tegangan listrik dan arus yang besar, disarankan untuk membuat rangkaian charging sehingga tegangan dari media ajar dapat disimpan pada suatu storage (baterai).

DAFTAR PUSTAKA

- Cengel, Yunus A. (2003). Heat transfer: A practical approach (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Date, Ashwin. et.al. (2015). Theoretical and experimental estimation of limiting input heat flux for thermoelectric power generators with passive cooling. Solar Energy, 111, 201-217.
- E.F. Thacher, B.T. Helenbrook M.A Karri, "Exhaust energy conversion by thermoelectric generator. Two case studies,"Elsevier. November 2010.
- G Rohit, D Manaswini, Vinod Kotebavi, Nagaraja S.R,"Performance Study of Thermo-Electric Generator", International conference on functional materials, characterization, solid state physics, power, thermal and combustion energy. AIP Conf. Proc. 1859,02094-6; doi:10.1063/1.4990247. Published by AIP Publishing.
- Ismail, Basel I. Wael H. Ahmed. Thermoelectric Power Generation Using Waste-Heat Energy as Alternative Green Technology. Recent Patents on Electrical Engineering. 2009.
- Jorge Vázquez, Miguel A. Sanz-Bobi, Rafael Palacios, Antonio Arenas "State of the Art of Thermoelectric Generators Based on Heat Recovered from the Exhaust Gases of Automobiles
- Rislina Sitompul, "Teknologi Energi Terbarukan yang Tepat Untuk Aplikasi di Masyarakat Perdesaan (Manual Pelatihan)" DANIDA, International Development Cooperation, 2011.
- Sugiyanto, Muh Tarum N Umam, Endra Suciawan, "Rancang Bangun Kontruksi TEG (*thermoelectric Generator*) pada knalpot Sepeda Motor Untu Pembangkit Listrik Mandiri". Forum Teknik Vol. 36,No.1, Januari2015.