PERANCANGAN PROTOTYPE HYBRID ENERGI ANTARA SOLAR CELL DAN THERMOELECTRIC GENERATOR (TEG)

Mohamad Rifal^{a*}, Nurmala Shanti Dera^b, Rifaldo Pido^c
^{a,b,c}Program Studi teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gorontalo
 *rivalr48@gmail.com

Abstract

Until 2012, the electrification ratio in Gorontalo Province was 64.35%. The potential of primary energy available in Gorontalo to generate electrical energy is quite large and has opportunities to be developed, be it hydro, solar or geothermal. The use of sunlight as a source of electrical energy is carried out using solar cells or solar panels. Solar panels can be used to convert solar radiation into electrical energy. The electric voltage generated by the solar panels can be used to charge the battery. In addition, the potential for thermal energy from hot springs can also be used as electrical energy by using a Thermoelectric Generator (TEG). The purpose of this study is to test whether the use of thermoelectric placed on aluminum plates can increase the voltage output of the thermoelectric generator and compare the resulting output voltage between hybrid energy, (solar cell and thermoelectric generator). The method used in this study is to measure the output voltage generated by the solar panels and each TEG every 1 hour. Then measure the total voltage of the hybrid generator. The results showed that the voltage obtained from TEG utilization depends on the temperature received by the TEG. The highest voltage is at TEG 6 at 3.7V at 10.00. the highest hybrid voltage is 37.4 v.

Kata kunci: photovoltaic; TEG; Energy; Hybrid Energy; Thermal Energy

Abstrak

Sampai dengan tahun 2012 rasio elektrifikasi di Provinsi Gorontalo sebesar 64,35%[1]. Potensi energi primer yang tersedia di Gorontalo untuk membangkitkan energi listrik cukup besar dan mempunyai peluang untuk dikembangkan baik itu tenaga air, matahari maupun tenaga panas bumi. Pemanfaatan cahaya matahari sebagai sumber energi listrik dilakukan dengan menggunakan solar sel atau panel surya. Panel surya dapat dimanfaatkan untuk mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat dipakai untuk mengisi baterai. Selain itu juga Potensi energi panas dari sumber air panas juga dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan menggunakan Thermoelectric Generator (TEG). Tujuan dari penelitian ini yaitu menguji apakah penggunaan Termoelektrik yang diletakkan pada pelat almunium dapat meningkatkan output tegangan dari *thermoelektrik generator* dan membandingkan tegangan output yang dihasilkan antara *hybrid energy*, (solar cell dan thermoelektrik generator). Metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu mengukur tegangan output yang dihasilkan oleh panel surya dan masing-masing TEG tiap 1 jam. Kemudian mengukur tegangan total pembangkit hybrid. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan yang di dapatkan dari pemanfaatan TEG tergantung dari suhu yang di terima oleh TEG tersebut. tegangan paling tinggi berada pada TEG 6 sebesar 3.7V pada pukul 10.00. tegangan hybrid paling tinggi yaitu 37.4 v.

Kata kunci: Panel Surya; TEG; Energi; Energi Hibrida; Energi Panas

1. PENDAHULUAN

Gorontalo sebagai Provinsi pemekaran dari Sulawesi Utara saat ini terdiri dari 5 (lima) kabupaten dan 1 (satu) kota yaitu Kabupaten Pohuwato, Kabupaten Boalemo, Kabupaten Gorontalo, Kabupaten Bone Bolango, Kabupaten Gorontalo Utara dan Kota Gorontalo. Sampai dengan tahun 2012 rasio elektrifikasi di Provinsi Gorontalo sebesar 64,35%[1]. Potensi energi primer yang tersedia di Gorontalo untuk membangkitkan energi listrik cukup besar dan mempunyai peluang untuk dikembangkan baik itu tenaga air, matahari maupun tenaga panas bumi.

Energi matahari merupakan sumber energi yang mudah diperoleh. Karena itu, energi matahari tergolong sebagai sumber energi terbarukan atau energi alternatif dari sumber energi fosil. Energi matahari yang sering pula disebut sebagai energi surya mengandung dua jenis energi, yaitu energi cahaya (radiasi) dan energi panas (termal) [2]. Pemanfaatan cahaya matahari sebagai sumber energi listrik dilakukan dengan menggunakan solar sel atau panel surya. Panel surya dapat dimanfaatkan untuk mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat dipakai untuk mengisi baterai [2]. Potensi energi panas dari sumber air panas juga dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan menggunakan Thermoelectric Generator (TEG). TEG dapat memanfaatkan perbedaan suhu yang terdapat pada dua sisi benda yang berbeda suhunya untuk dikonversi menjadi beda potensial (tegangan listrik) [3].

Penggabungan energi listrik dari pemanfaatan radiasi matahari oleh panel surya dan pemanfaatan panas matahari oleh TEG sangat menarik untuk menjadi bahan penelitian. Salah satu diantaranya adalah penelitian yang berjudul "*Pengembangan Hybrid Solar Cell dan Thermoelectric Generator*." Pada penelitian tersebut daya yang dihasilkan dengan penambahan TEG pada sel surya lebih besar [4]. Pada tahun 2019 Sukma Abadi dkk melakukan penelitian mengenai Pemanfaatan Thermoelectric Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Penelitian dilakukan dengan memasang beberapa modul TEG pada bagian bawah modul panel surya. Tujuh modul TEG disusun secara seri. Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya diperoleh dari energi cahaya matahari (radiasi), sedangkan tegangan dari TEG diperoleh dari energi panas matahari. Penggabungan tegangan yang dihasilkan dari solar panel dan tegangan dari TEG disebut sebagai tegangan sistem hybrid solar energy. Dari pengujian yang dilakukan diperoleh tegangan sistem hybrid lebih besar daripada tegangan panel surya, baik dengan 6 TEG maupun dengan 7 TEG. Pada pemanfaatan 6 TEG, terdapat penambahan tegangan, yaitu rata-rata sebesar 0,60 Volt, sedangkan dengan pemanfaatan 7 TEG rata-rata sebesar 0,77 Volt.[5].

Intensitas cahaya matahari sangat berpengaruh terhadap tegangan output yang dihasilkan oleh panel surya itu sendiri. Performa panel surya dipengaruhi oleh intensitas matahari, temperatur permukaan, dan sudut pengarah semakin besar faktor yang mempengaruhinya daya yang dihasilkan juga semakin besar[6]. Hasyim Asy'ari dkk melakukan penelitian mengenai intensitas cahaya matahari terhadap daya keluaran panel sel surya, metode penelitian yang mereka gunakan adalah pengukuran intensitas matahari secara real dan pengukuran daya keluaran panel sel surya tersebut, adapun bahan yang digunakan adalah lumen meter digunakan untuk mengukur intensitas cahaya matahari, multimeter digunakan untuk mengukur tegangan dan arus, battery charge regulator dengan kapasitas 10 A, Panel sel surya dengan kapasitas 100 Wp, dan battery 7 Ah. Pengujian dilakukan selama 6 hari, setiap hari pengujian dimulai dari jam 07.00 – 18.00. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari tertinggi terjadi antara jam 11.00 – 13.00 dengan nilai intensitas cahaya matahari sebesar 99.900 lux – 115.800 lux, sedangkan daya keluaran sel surya tertinggi sebesar 15,53 watt dengan intensitas cahaya matahari terukur 115.800 lux [7].

Tujuan dari penelitian ini yaitu menguji apakah penggunaan Termoelektrik yang diletakkan pada pelat aluminium dapat meningkatkan output tegangan dari *thermoelektrik generator* dan membandingkan tegangan output yang dihasilkan antara *hybrid energy*, (solar cell dan termoelektrik generator).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan pembuatan rangka dudukan panel surya dan TEG. Bagian atas rangka di tempatkan panel surya dan bagian bawah di letakan pelat aluminium sebagai media perambatan panas pada TEG yang digunakan.

Gambar 1. Perangkat Pengujian

Modul Thermoelectric Generator (TEG) yang digunakan dalam penelitian sebanyak 6 buah dan disusun secara seri seperti pada gambar 2.1 di atas. Pada sistem hybrid ini, digunakan 6 TEG yang diletakkan di atas permukaan pelat aluminium. Tujuannya adalah untuk memudahkan perambatan panas dari sumber air panas dan memfokuskan suhu panas ke TEG, sehingga panas yang didapatkan bisa optimal. Untuk bagian dingin TEG digunakan heatsink yang bertujuan untuk menyerap panas kemudian dipindahkan ke lingkungan sekitarnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil pengujian di peroleh dengan melakukan pengukuran besaran-besaran yang diperlukan dalam penelitian ini, mencakup :

- Suhu sumber air panas
- Suhu yang merambat dari plat alumuniam ke peltier (TEG)
- Tegangan Panel Surya
- Tegangan TEG
- Tegangan Hybrid

Dari hasil data yang didapat setidaknya cukup memberikan gambaran mengenai tren energi yang dihasilkan pada hari-hari lainnya dengan kondisi yang sama.

a) Karakteristik Tegangan Solar Cell (V_{SC}) Terhadap Waktu

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengujian lapangan dengan variabel rangkaian yang telah dilakukan sebelumnya dan kemudian dibuktikan dengan hasil studi literatur, rangkaian modul termoelektrik yang akan menghasilkan tegangan terbesar adalah rangkaian seri. Oleh karena itu, pada pengujian lapangan rangkaian yang digunakan adalah rangkaian seri. Data hasil pengujian tegangan dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Tegangan

No	Waktu	Tegangan Solar Cell (V)	Tegangan TEG (V)					
			TEG1	TEG2	TEG3	TEG4	TEG5	TEG6
1	9:00	19.15	1.803	2.612	2.866	3.31	3.487	3.633
2	10:00	19.47	1.948	2.39	2.611	3.609	3.709	3.732
3	11:00	20.56	1.767	2.209	2.43	3.428	3.528	3.551
4	12:00	21.37	0.779	1.221	1.442	2.44	2.54	2.563
5	13:00	20.82	0.652	1.094	1.315	2.313	2.413	2.436
6	14:00	19.32	1.16	1.602	1.823	2.821	2.921	2.944
7	15:00	18.54	1.332	1.774	1.995	2.993	3.093	3.116

Hasil yang didapat pada pengujian ini sangat bergantung pada kondisi cuaca, pada saat pengambilan data intensitas radiasi matahari dilakukan. Kondisi cuaca yang terjadi sangat cerah, sehingga nilai tegangan yang dibangkitkan oleh solar cell sangat baik, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1 berikut :

Gambar 2. Grafik karakteristik tegangan Solar Cell terhadap waktu

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa tegangan panel surya yang didapatkan bervariasi tergantung pada intensitas cahaya yang di dapatkan. Tegangan output yang paling tinggi sebesar 21.3 v pada pukul 12:00. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Hasyim Asy'ari pada tahun 2012 dan Suwarti pada tahun 2018 dimana hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa intensitas matahari memiliki pengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan. Semakin tinggi intensitas matahari, semakin besar pula tegangan yang dihasilkan oleh panel surya [6,7]. Intensitas matahari yang paling tinggi berkisar pada pukul 11.00-13.00 [7]

b) Karakteristik Suhu TEG Terhadap Waktu

Gambar 3. Grafik Hasil Pengukuran Suhu Pada TEG

Dari Gambar di atas dapat dilihat bahwa suhu TEG yang paling tinggi yaitu TEG1, hal ini dikarenakan TEG1 berada paling bawah dan dekat dengan sumber air panas. Selisih suhu yang terjadi cenderung konstan di karenakan penggunaan *heatsink*. *Heatsink* merupakan media penukar kalor yang menyerap panas dari suatu komponen elektronika, panas tersebut kemudian merambat menuju sirip (fin) untuk ditransfer ke lingkungan sekitar [1]. Suhu pada *heatsink* juga akan dipengaruhi oleh suhu dari pelat aluminium yang terendam di sumber air panas karena terjadi proses perpindahan panas/kalor pada kedua material tersebut[2].

c) Karakteristik Tegangan (V_{TEG}) Terhadap Waktu

Gambar 3 adalah untuk menunjukkan karakteristik tegangan terhadap waktu pengukuran yang terjadi pada modul termoelektrik (TEG) sebanyak 6 buah dan dihubungkan secara seri dimana posisi modul TEG diletakkan berbaris, masing-masing berkontak langsung dengan pelat aluminium.

Gambar 4. Grafik Tegangan (V_{TEG}) terhadap waktu

Pada Gambar 3. dapat dilihat bahwa TEG yang digunakan dapat menghasilkan Output berupa tegangan. Hal ini sesuai dengan prinsip kerja dari TEG yang berdasarkan pada *efek seebeck*, yaitu jika dua buah logam yang berbeda disambungkan salah satu ujungnya, kemudian diberikan suhu yang berbeda pada sambungan, maka terjadi perbedaan tegangan pada kedua ujungnya[3]. Tegangan yang dihasilkan oleh TEG pada penelitian ini bervariasi berkisar antara 0.6-3.7 V.

Berdasarkan data potensi keenam TEG yang terpasang terdapat tren potensi tegangan yang sama. Saat pagi hari menghasilkan tegangan yang cukup besar, lalu menurun seiring waktu beranjak siang meskipun penurunan tidak terjadi secara linier. Puncak penurunan tegangan (V_{TEG}) terjadi antara pukul 12:00 s.d. 13:00. Penurunan tersebut merupakan dampak dari meningkatnya suhu lingkungan yang memberi pengaruh pada sistem pendingin di sisi dingin TEG (fin). Namun TEG tidak terus menerus mengalami penurunan produksi V_{TEG} . Tercatat pada ketiga hari tersebut mengalami tren kenaikan produksi V_{TEG} mulai pukul 14:00 s.d. 15:00.

Perbedaan nilai tegangan TEG tersebut juga di pengaruhi oleh suhu yang merambat pada pelat aluminium. Dimana pada TEG 1 tegangan yang di dapatkan lebih kecil dibandingkan tegangan pada TEG 6 pada waktu yang sama yaitu pukul 09:00 masing-masing sebesar 1.8V untuk TEG1 dan 3.6V untuk TEG6. Perbedaan ini terjadi karena suhu yang di terima oleh TEG 1 cukup tinggi dan suhu yang berada di lingkungan juga tinggi

karena di pengaruhi oleh uap panas dari sumber air panas sehingga heatsink yang digunakan kurang optimal dalam mereduksi suhu.

d) Tegangan Total Hybrid

Gambar 5. Grafik Tegangan Hybrid (V)

Pada gambar 4. data hasil pengujian tegangan keluaran sistem hybrid solar energy dapat dilihat bahwa tegangan keluaran sistem lebih besar daripada tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Pada pemanfaatan 6 TEG, terdapat penambahan tegangan, yaitu rata-rata sebesar 17.10 Volt. Besarnya tegangan yang diberikan oleh masing-masing TEG pada sistem bersifat variatif, namun cenderung mengikuti fluktuasi perubahan suhu yang di terima oleh pelat tembaga dari sumber air panas.

4. KESIMPULAN

Radiasi matahari dan sumber air panas yang berada di lokasi penelitian dapat di gunakan sebagai sumber energy yang *sustainable*. Semakin besar intensitas matahari maka tegangan output yang dihasilkan semakin tinggi meskipun tidak terlalu besar. Semakin besar suhu yang diterima oleh TEG, maka semakin kecil tegangan yang dihasilkan. Untuk menghasilkan tegangan total dari penggunaan beberapa TEG dalam sistem hybrid solar energy, maka TEG harus disusun secara seri. Dengan demikian, semakin banyak modul TEG yang disusun seri, maka tegangan total yang dihasilkan juga akan semakin besar.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS Gorontalo
- [2] Kreith, Frank dan Arko Priyono M.Sc. 1997. *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas edisi Ketiga*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [3] Yunianto, Bambang. 2010. *Pengujian Perpindahan Panas Konveksi pada Heatsink Plat Jenis Extrude dan Heatsink Plat dengan Slot*. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin ke-9, Palembang Oktober 2010.
- [4] Nurulianthy, Annisa. 2012. *Pengembangan Hybrid Solar Cell dengan Thermoelectric Generator*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- [5] Sukma Abadi, Makmur Saini, Andar Triwijaya, Fina Pratiwi. *Pemanfaatan Thermoelectric Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*
- [6] Suwarti, Wahyono, Budhi Prasetyo. Analisis Pengaruh Intensitas Matahari, Suhu Permukaan & Sudut Pengarah Terhadap Kinerja Panel Surya. *Jurnal Teknik Energi* Vol 14 No. 3 September 2018; 78 – 85
- [7] Hasyim Asy'ari1, Jatmiko, Angga. Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya. *Symposium Nasional RAPI XI FT UMS – 2012*. ISSN : 1412-9612