e - ISSN: 2615 – 2169
p - ISSN: 2654 – 4296

Analisis Pengaruh Penambahan Thermoelectic Generator (TEG) Terhadap Suhu Dan Daya Keluaran Panel Surya

Hanafi[1], Irfan[2]
[1,2]Prodi Teknik elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan
hnafi3003@gmail.com[1]

Received 25 Nov 2024 | Revised 26 Nov 2024 | Accepted 26 Nov 2024
DOI : 10.31602/eeict.v7i2.17093

EEICT (Electric, Electronic, Instrumentation, Control, Telecommunication)
disebar luaskan oleh : Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional.

Abstrak — Panel surya merupakan perangkat yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Panel surya terdiri dari sel-sel fotovoltaik yang berbahan semikonduktor sehingga ketika terkena sinar matahari, maka foton dari matahari akan menggerakan elektron dalam semikonduktor sehingga menghasilkan energi listrik. Tingkat penyinaran matahari yang tinggi akan membuat panel surya menghasilkan energi listrik yang tinggi, Akan tetapi berdampak pada meningkatknya suhu permukaan panel surya. Peningkatan suhu permukaan panel surya akan menurunkan efisiensi dari panel surya. Untuk menyikapi permasalahan tersebut diusulkan panel surya yang dikombinasikan dengan thermoelectric generator (TEG). TEG memanfaatkan efek seebeck untuk menghasilkan energi listrik, yaitu ketika ada perbedaan suhu antara 2 material semikonduktor, maka akan ada energi listrik yang dihasilkan. Sumber panas untuk TEG bekerja didapat dari permukaan panel surya diserap oleh TEG untuk dikonversi menjadi energi listrik. Pada penelitian ini TEG yang digunakan bertipe SP 1848 12745 SA sebanyak 5 pcs yang dihubung paralel. Kemudian rangkaian TEG tersebut dihubungkan dengan panel surya. Penelitian ini dilakukan pada 2 panel surya dari PLTS di desa Datar Ajab, Kecamatan Hantak, Kabupaten Hulu Sungai Tengah. Hasil dari kombinasi panel surya dan TEG dapat meningkatkan nilai tegangan dari panel surya. Akan tetapi TEG tidak menurunkan nilai suhu permukaan panel surya secara signifikan.

Kata Kunci : Panel Surya, Thermoelectric Generator, PLTS, Hybrid

I. PENDAHULUAN

Polusi udara telah menjadi perhatian utama dalam beberapa tahun terakhir di Indonesia, terutama karena kontribusi besar dari pembangkit listrik yang masih menggunakan sumber energi fosil, yang mencapai 42% dari total emisi CO2 [1], [2]. Sebagai respons terhadap masalah polusi udara, tren energi terbarukan yang ramah lingkungan mulai berkembang pesat. Langkah ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil yang berkontribusi pada polusi udara, serta mendukung komitmen pemerintah untuk mencapai net-zero emission (NZE) pada tahun 2060 [3], [4], [5]. Salah satu contoh pembangkit listrik terbarukan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), yang mengubah

e - ISSN: 2615 – 2169
p - ISSN: 2654 – 4296

sinar matahari menjadi energi listrik melalui proses fotovoltaik. PLTS merupakan alternatif yang cocok untuk Indonesia, yang hanya memiliki dua musim, karena intensitas sinar matahari lebih tinggi dibandingkan dengan negara-negara yang memiliki empat musim [6].

Pengembangan PLTS telah banyak dilakukan di Indonesia, terutama di daerah-daerah yang belum mendapat aliran listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Hal ini dikarenakan investasi untuk menghubungkan listrik ke daerah-daerah pelosok yang sulit dijangkau cukup besar, sehingga PLTS menjadi alternatif yang menjawab permasalahan ini. Meskipun demikian, PLTS membutuhkan lahan luas untuk menempatkan panel surya agar dapat menghasilkan daya listrik yang besar. Selain itu, energi yang dihasilkan sangat bergantung pada iradiasi matahari, dimana semakin tinggi iradiasi yang diterima, semakin besar potensi daya listrik yang dihasilkan. Namun, iradiasi matahari yang tinggi juga menyebabkan peningkatan suhu pada panel surya. Hal ini berdampak pada penurunan tegangan dan arus yang dihasilkan, sehingga daya keluaran menjadi tidak maksimal dan efisiensi panel surya menurun [7], [8].

Desa Datar Ajab, Kecamatan Hantakan, Kabupaten Hulu Sungai Tengah, merupakan salah satu desa yang menerapkan PLTS sebagai sumber energi listrik. PLTS ini terdiri dari 120 panel surya dengan daya maksimum 200 Wp untuk setiap panel, serta dilengkapi dengan sistem penyimpanan energi berupa 120 baterai dengan spesifikasi 2 V 1000 Ah untuk setiap baterai. Kombinasi antara panel surya dan baterai penyimpan energi memungkinkan desa ini memiliki pasokan listrik yang stabil, terutama pada kondisi cuaca kurang baik dan malam hari.

Thermoelectric Generator (TEG) mengonversi panas menjadi energi listrik melalui prinsip Seebeck, Peltier, dan Thomson [9]. Selain sebagai pembangkit listrik, TEG juga berfungsi sebagai pendingin karena kemampuannya dalam menyerap energi panas [9], [10]. Penelitian ini bertujuan untuk mengombinasikan panel surya dan TEG untuk menjaga suhu panel surya. Selain itu, TEG dapat meningkatkan energi listrik yang dihasilkan.

II. METODE PENELITIAN

Proses penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap yang dijabarkan sebagai berikut.

A. Alat Dan Bahan Penelitian

1) Panel Surya.

   Panel surya yang digunakan pada penelitian ini berjumlah dua buah dengan model SP200-24M. Spesifikasi dari panel surya yang digunakan disajikan pada Tabel I.

2) *Thermoelectric Generator* (TEG)

   Thermoelectric Generator (TEG) yang digunakan pada penelitian ini berjumlah lima buah dengan tipe SP1848 27145 SA.

e - ISSN: 2615 – 2169
p - ISSN: 2654 – 4296

Spesifikasi dari TEG yang digunakan disajikan pada Tabel II.

Tabel I. Spesifikasi Panel Surya

Model	SP200-24M
Maximum Power (P_{max})	200 Wp
Voltage at Maximum Power (V_{mpp})	38,147 V
Current at Maximum Power (I_{mpp})	5,339 A
Open Circuit Voltage (V_{oc})	46,49 V
Short Circuit Current (I_{sc})	5,578 A
Panel Efficiency	16,692 %
Power Tolerance (Positive)	+ 5 %
Cell Type	Monocrystalline
Frame Type	Alumunium

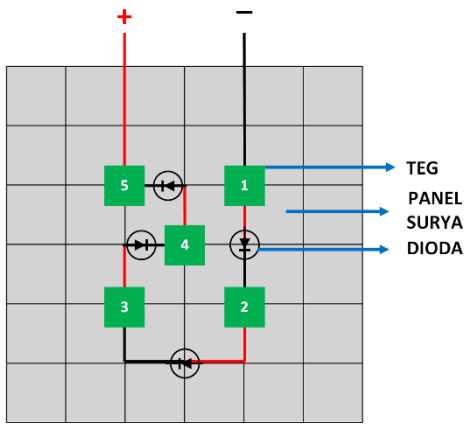
Tabel II. Spesifikasi TEG

Tipe	SP200-24M
Dimension	40 x 40 x 40 mm
Operation Temperature	30℃ – 120℃
Voltage Maximum	2,4 V
Current Maximum	469 mA

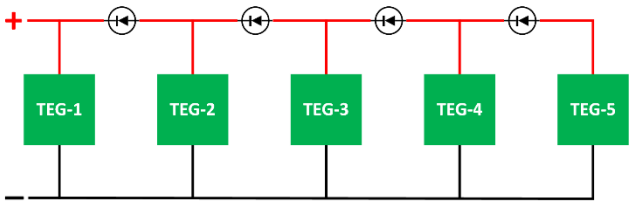
B. Desain Kombinasi Panel Surya Dan TEG

Kombinasi panel surya dan TEG ini dirancang menggunakan aplikasi aplikasi microsoft visio. TEG dipasang pada bagian belakang panel surya. Hal tersebut dilakukan karena bagian depan dari panel surya difungsikan untuk menerima iradiasi dari sinar matahari. Desain dari kombinasi panel surya dan TEG disajikan pada Gambar 1. Pada Gambar 1 terdapat 5 TEG yang diletakan diberbagai bagian dari panel surya. Hal tersebut dilakukan untuk memaksimalkan dalam penyerapan yang dilakukan oleh TEG terhadap panel surya. Konfigurasi yang digunakan adalah hubungan paralel. Hubungan paralel akan meningkatkan nilai arus yang dihasilkan dari kelima TEG yang digunakan. Hubungan paralel dari TEG dapat dilihat pada Gambar 2.

Konfigurasi paralel adalah dengan menghubungkan terminal positif (+) ke terminal positif (+). Pada Gambar \ref{fig-1} terlihat terminal dari TEG 1 hingga TEG 5 dihubung secara paralel, yaitu terminal positif (+) yang berwarna merah dihubungkan ke terminal positif (+) yang berwarna merah lainnya. Keluaran rangkaian TEG selanjutnya akan dihubungkan ke panel surya secara paralel. Setiap hubungan paralel dipasang komponen dioda yang bertujuan untuk mencegah adanya arus balik antar TEG yang terhubung.



Gambar 1. Desain Desain Kombinasi Panel Surya Dan TEG



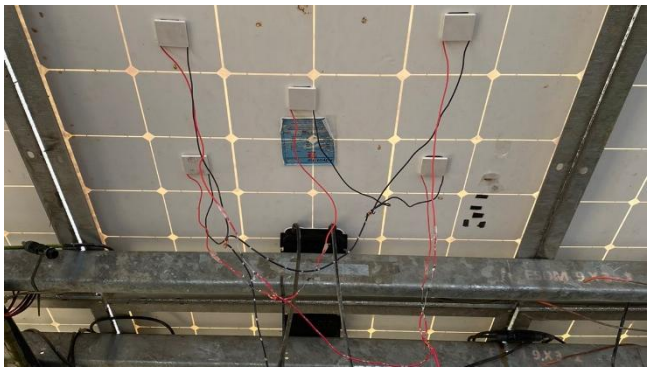
Gambar 2. Konfigurasi Paralel Dari TEG

III. HASIL PENELITIAN

Hasil dari penelitian ini berupa data pengukuran panel surya dari eksperimen. Panel

e - ISSN: 2615 – 2169
p - ISSN: 2654 – 4296

surya pertama merupakan panel surya yang dikombinasikan dengan 5 buah TEG, sedangkan panel surya kedua hanya panel surya. Panel surya ini disajikan pada Gambar 3. Gambar 3a adalah tampak bawah dimana TEG terpasang, Gambar 3b adalah tampak atas yang hanya panel surya tanpa ada tambahan komponen. Kelima TEG disusun berjarak dengan tujuan panas panel surya yang diserap merata.



(a) Tampak Bawah Panel Surya



(b) Tampak Atas Panel Surya

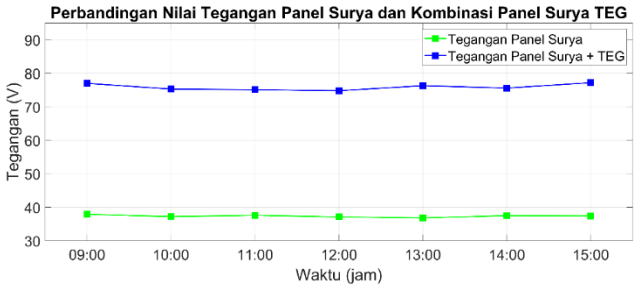
Gambar 3. Panel Surya Kombinasi Dengan TEG

Selanjutnya, setelah kedua panel surya terpasang dilakukan pengukuran tegangan, arus, intensitas cahaya, suhu panel surya dan suhu lingkungan. Pengambilan data dilakukan selamat 3 hari, dari pukul 09:00 hingga 15:00 WITA. Pemilihan waktu tersebut mempertimbangkan tingkat penyinaran matahari, yang mana pada rentang waktu tersebut tingkat penyinarannya baik. Pengukuran pertama dilakukan pada nilai tegangan dari kedua panel yang disajikan dalam Gambar 4.

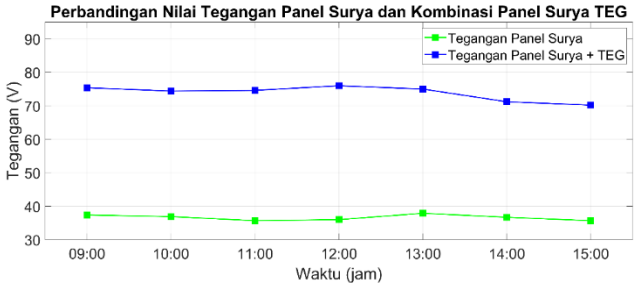
Berdasarkan Gambar 4, Terlihat pengukuran tegangan kedua panel yang didapat didominasi oleh panel surya yang dikombinasi dengan TEG. Panel tersebut menghasil nilai tegangan yang jauh lebih tinggi dibandingkan hanya panel surya saja, dengan perbedaan yang cukup signifikan. Hal tersebut dipengaruhi oleh penambahan 5 TEG yang dilakukan pada panel surya tersebut. Kelima TEG memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan nilai tegangan panel surya. Secara umum, nilai tegangan yang didapat berada direntang 70-79 V.

Selanjutnya, pada panel surya kedua yang tidak dikombinasi dengan TEG, nilai tegangan yang didapat jauh lebih rendah. Secara umum nilai tegangan didapat pada rentang 35-39 V. Akan tetapi, pada hari ketiga ditemukan nilai tegangan yang berbeda signifikan, yaitu pada sekitar 49 V. Hal ini dapat dipengaruhi oleh sensor tegangan yang terkontaminasi dengan derau atau ada kesalahan dari internal panel surya. Akan tetapi, kejadian serupa tidak ditemui di nilai pengukuran lainnya. Pengambilan data kedua dilakukan pada nilai arus kedua panel surya yang disajikan pada Gambar 5.

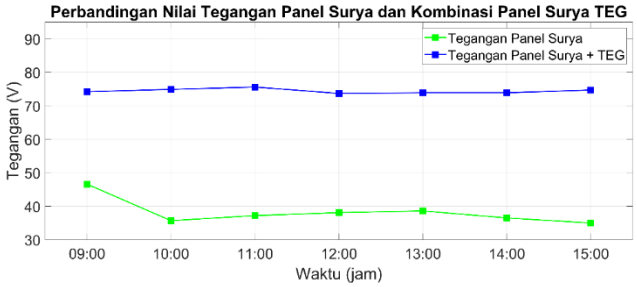
e - ISSN: 2615 – 2169
p - ISSN: 2654 – 4296



(a) Pengukuran Nilai Tegangan Hari Pertama



(b) Pengukuran Nilai Tegangan Hari Kedua

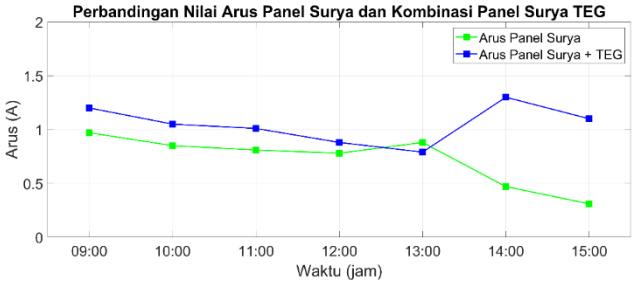


(c) Pengukuran Nilai Tegangan Hari Ketiga

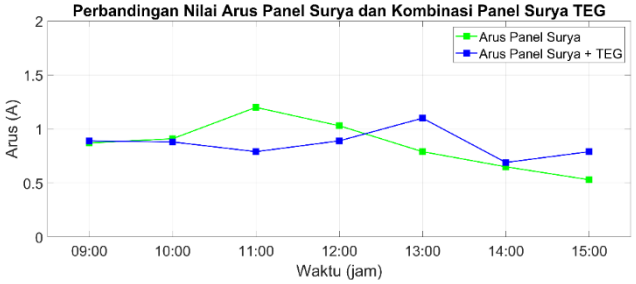
Gambar 4. Pengukuran Nilai Tegangan Pada Panel Surya

Berdasarkan Gambar 5, terlihat nilai arus dari kedua panel surya tidak ada yang mendominasi dengan signifikan. Terkadang nilai arus dari panel surya lebih tinggi dan terkadang nilai arus dari kombinasi panel surya dan TEG lebih tinggi. Hal ini menunjukan bahwa TEG yang dikombinasikan dengan panel surya tidak menunjukan adanya peningkatkan signifikan pada nilai arus. Kedua nilai arus yang didapat mengalami fluktuasi, dari hari pertama hingga hari ketiga.

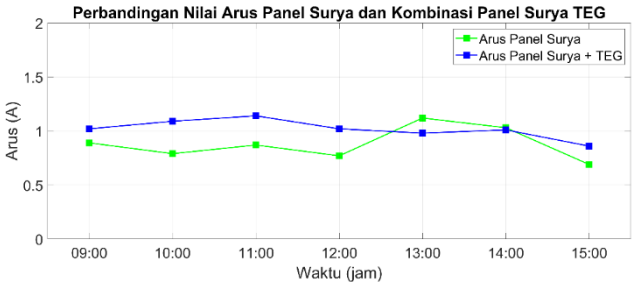
Pada nilai arus dari panel surya pertama (plot berwarna hijau), nilai arus yang didapat berada



(a) Pengukuran Nilai Arus Hari Pertama



(b) Pengukuran Nilai Arus Hari Kedua



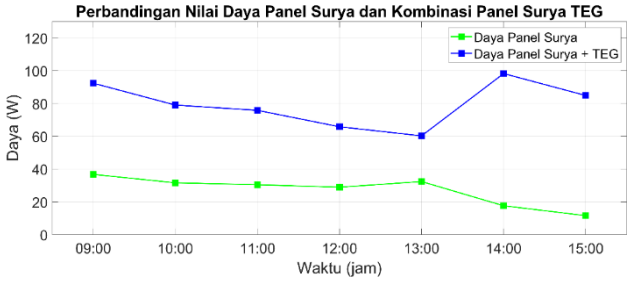
(c) Pengukuran Nilai Arus Hari Ketiga

Gambar 5. Pengukuran Nilai Arus Pada Panel Surya

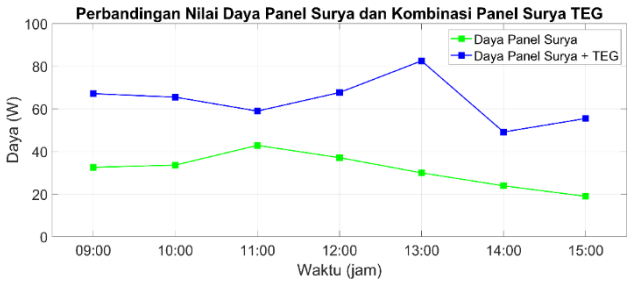
dalam rentang 0,4 – 1,3 A. Panel surya kedua yang dikombinasikan dengan TEG (plot berwarna biru) menghasilkan nilai arus dalam rentang 0,6 – 1,3 A. Jika dilihat dari rentang nilai serta pada grafik, secara umum nilai arus dari kombinasi panel surya dan TEG sedikit lebih tinggi dibandingkan panel surya saja.

e - ISSN: 2615 – 2169
p - ISSN: 2654 – 4296

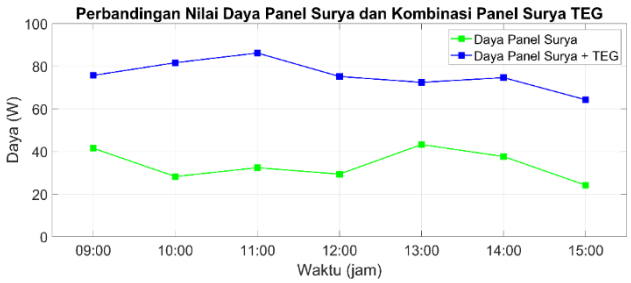
Nilai tegangan dan arus dari panel surya merupakan dua variabel yang sangat penting untuk dimiliki. Kedua nilai tersebut dapat memberi informasi berkaitan dengan dampak penambahan TEG pada panel surya dan kinerja dari kedua panel surya. Manfaat lain dari informasi arus dan teganga, dengan memiliki kedua variabel tersebut, maka daya dari kedua panel surya dapat dihitung. Nilai daya kedua panel surya disajikan dalam Gambar 6.



(a) Nilai Daya Hari Pertama



(b) Nilai Daya Hari Kedua



(c) Nilai Daya Hari Ketiga

Gambar 6. Nilai Daya Dari Panel Surya

Berdasarkan Gambar 6, panel surya yang dikombinasi dengan TEG menghasilkan daya yang mendominasi dibandingkan dengan panel surya pada ketiga hari tersebut. Meskipun nilai arus dari kedua panel tidak jauh berbeda, akan tetapi nilai tegangan yang dihasilkan memiliki perbedaan yang signifikan. Hal tersebut yang menyebabkan daya dari kombinasi panel surya dan TEG lebih tinggi.

Berikutnya, nilai daya yang didapat mengalami fluktuasi, terkadang naik dan terkadang turun, dari hari pertama hingga hari ketiga. Hal ini dipengaruhi oleh nilai arus yang didapat pada kedua panel. Berdasarkan Gambar 5, nilai arus yang didapat mengalami fluktuasi sehingga akan berdampak pada nilai daya yang juga mengalami fluktuasi. Perbandingan nilai daya dari kedua panel surya menunjukan bahwa TEG mampu meningkatkan daya keluaran dari panel surya. Kinerja dari kedua panel surya dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterima dan suhu, baik pada panel surya maupun suhu lingkungan. Pengambilan data selanjutnya dilakukan dengan mengukur nilai intensitas cahaya, suhu panel surya dan suhu lingkungan yang disajikan pada Tabel III, IV dan V.

Tabel III. Pengukuran Penyinaran Matahari Dan Suhu

Waktu	Intensitas Cahaya (lux)	Suhu Panel Surya dan TEG (ºC)	Suhu Panel Surya (ºC)	Suhu Lingkungan (ºC)
09:00	1339	61,10	56,70	31,90
10:00	1031	67,20	66,20	34,80
11:00	1026	67,60	65,30	31,80
12:00	1231	67,50	64,20	35,50

e - ISSN: 2615 – 2169
p - ISSN: 2654 – 4296

13:00	1068	59,90	57,90	36,30
14:00	1954	54,70	53,20	35,70
15:00	1453	60,00	56,60	36,30

Tabel IV. Pengukuran Penyinaran Matahari Dan Suhu Hari Kedua

Waktu	Intensitas Cahaya (lux)	Suhu Panel Surya dan TEG (ºC)	Suhu Panel Surya (ºC)	Suhu Lingkungan (ºC)
09:00	2317	54,30	55,10	31,40
10:00	2457	51,10	65,30	30,00
11:00	1680	56,80	62,10	32,70
12:00	3174	57,70	66,20	32,80
13:00	2128	45,00	60,20	29,10
14:00	3015	43,00	59,70	28,20
15:00	1077	40,70	54,90	28,00

Tabel V. Pengukuran Penyinaran Matahari Dan Suhu Hari Ketiga

Waktu	Intensitas Cahaya (lux)	Suhu Panel Surya dan TEG (ºC)	Suhu Panel Surya (ºC)	Suhu Lingkungan (ºC)
09:00	2901	44,30	42,10	31,40
10:00	2731	45,00	44,20	30,00
11:00	2561	42,90	40,90	32,70
12:00	1732	51,00	49,70	32,80
13:00	3010	57,30	56,90	29,10
14:00	2216	43,90	43,20	28,20
15:00	1371	47,00	46,10	28,00

Berdasarkan Tabel III, IV, dan V, terlihat bahwa suhu panel surya yang dikombinasikan dengan TEG tidak selalu lebih rendah dibandingkan suhu panel surya saja. Terkadang suhu kombinasi panel surya dan TEG lebih tinggi dan terkadang lebih rendah. Dari eksperimen ini belum diperlihatkan kemampuan TEG dalam menurunkan suhu panel surya dengan stabil dan signifikan. Perlu dilakukan studi lebih lanjut tentang bagaimana TEG bekerja sebagai pendingin pada panel surya.

IV. KESIMPULAN

Dari seluruh proses penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat ditarik kesimpulan, yaitu TEG yang dihubungkan secara paralel akan membuat peningkatan pada nilai daya keluarannya. Ketika TEG ini dikombinasikan pada panel surya, maka akan dapat meningkatkan daya keluaran panel surya dengan rata-rata peningkatan sebesar 57,5%. Maka dari itu menambahkan TEG pada panel surya dapat meningkatkan daya keluaran panel surya secara signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. Apriliana, “FAKTOR – FAKTOR YANG MEMPENGARUHI TINGKAT EMISI CO2 DI INDONESIA PERIODE 1971-2018,” 2021.

[2] C. Sudjoko, “Strategi Pemanfaatan Kendaraan Listrik Berkelanjutan Sebagai Solusi Untuk Mengurangi Emisi Karbon,” vol. 2, no. 2, hlm. 15, 2021.

[3] A. R. Wardhana dan W. H. Marifatullah, “TRANSISI INDONESIA MENUJU ENERGI TERBARUKAN,” *Jurnal Tashwirul Afkar*, vol. 38, no. 02, 2020.

[4] N. P. Zahira dan D. P. Fadillah, “PEMERINTAH INDONESIA MENUJU TARGET NET ZERO EMISSION (NZE) TAHUN 2060 DENGAN VARIABLE RENEWABLE ENERGY (VRE) DI INDONESIA,” *Jurnal Ilmu Sosial*, vol. 2, no. 2, 2022.

[5] B. Zhang, “Energy Conversion and Conservation Technology in Facing Net

e - ISSN: 2615 – 2169
p - ISSN: 2654 – 4296

Zero-Emission Conditions and Supporting National Defense," *Trends in Renewable Energy*, 2022.

[6] Samsurizal, K. T. Mauriya, M. Fikri, N. Pasra, dan Christiono, *PENGENALAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)*, Pertama. Jakarta Barat: INSTITUT TEKNOLOGI PLN, 2021.

[7] D. Suryana, "Pengaruh Temperatur/Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Studi Kasus: Baristand Industri Surabaya)," *Jur. Tek. Pros. & Inov. Ind.*, vol. 1, no. 2, Nov 2016, doi: 10.36048/jtpii.v1i2.1791.

[8] Z. Tharo dan S. Anisah, "PERBANDINGAN PERFORMANSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ANTARA DAERAH PEGUNUNGAN DENGAN DAERAH PESISIR," *SEMNASTEK UISU 2019*, hlm. 189–194, 2019.

[9] S. Abadi, M. Saini, A. Triwijaya, dan F. Pratiwi, "Pemanfaatan Thermoelectric Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)," *sinergi*, vol. 17, no. 1, hlm. 110, Mei 2019, doi: 10.31963/sinergi.v17i1.1602.

[10] K. Rezki, P. Primawati, A. Ambiyar, dan R. Lapisa, "The Influence of Coolant Fluid Variations on the Thermoelectric Generator Performance Utilizing Solar Radiation on Zinc Roof," *motivection*, vol. 5, no. 3, hlm. 501–512, Sep 2023, doi: 10.46574/motivection.v5i3.266.