

Terbit online pada laman web jurnal : <http://metal.ft.unand.ac.id>**METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal**

| ISSN (Print) 2598-1137 | ISSN (Online) 2597-4483 |



Artikel Penelitian

Analisa Thermoelectric Generator (TEG) Sebagai Penghasil Listrik Dengan Variasi Media Pendingin Air Dan Tanah

Dhimas Satria^a, Dwinanto^a, Arif Octa Arisandi^a, Imron Rosyadi^a, Rina Lusiani^a, Erny Listijorini^a

^aJurusan Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jenderal Sudirman Km 3, Kotabumi, Kec. Purwakarta, Kota Cilegon, Banten 42435, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 05 September 2020

Revisi Akhir: 15 September 2020

Diterbitkan Online: 08 Oktober 2020

KATA KUNCI

Thermoelectric Generator

Media Pendingin

Air

Tanah

KORESPONDENSI

E-mail: dhimas@untirta.ac.id

A B S T R A C T

The energy produced by the Sun is heat energy and light energy. One of the uses of solar thermal energy is the thermoelectric generator (TEG). This research on solar thermoelectric generators uses 2 variations of cooling media, namely water cooling media and soil cooling media with a series series for thermoelectrics, while what will be analyzed is the amount of power from both tests and the ability the solar collector absorbs the sun's radiation heat. The test results and calculations determine the calorific value of solar radiation that is absorbed by the collector. That is 25,265 Watts. As for the results of testing the cooling media, the best results were obtained for the water cooling media with the greatest value at 0.04 Watt.

1. PENDAHULUAN

Di alam semesta, energi memiliki banyak bentuk dan sumbernya, seperti energi mekanik, energi listrik, energi kimia, dan energi panas. Salah satu sumber energi panas yang dapat dimanfaatkan adalah energi atau tenaga Surya. Tenaga Surya memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan baik itu dari panasnya maupun dari cahayanya.

Selain persediaannya tanpa batas, tenaga Surya nyaris tanpa dampak buruk terhadap lingkungan. Indonesia adalah Negara yang memiliki potensi energi surya. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Aprianus, dihasilkan bahwa intensitas

matahari di Indonesia mencapai 4.8 Kwh/m² setiap harinya tetapi pemanfaatannya belum optimal [1].

Beberapa penelitian terkait tenaga Surya telah dilakukan [2] [3], antara lain terkait optimalisasi penyerapan radiasi Matahari di daerah Cilegon. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa solar water heater memiliki efisiensi absorpsi kalor radiasi rata-rata terbaik jika dipasang pada sudut pasang 15° [4].

Salah satu pemanfaatan dari energi panas matahari yaitu dengan menggunakan termoelektrik generator (Thermoelectric Generator, TEG), termoelektrik generator adalah modul (perangkat) yang mengkonversi langsung dari panas ke listrik [5]. Penelitian terkait pemanfaatan termoelektrik

(Thermoelectric Generator, TEG) untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan prinsip efek seebeck telah dilakukan oleh Sasmita dan kawan-kawan, dengan tujuan untuk mengetahui kapasitas energi listrik yang dihasilkan untuk 10 modul TEG secara seri. Pengujian dilakukan dengan memanfaatkan energi panas dari aspal, aliran air dan terhubung pada 10 modul TEG. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan maksimal 18Volt dc dan arus 0,49 Ampere [6].

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan serta pengujian dari sistem termoelektrik generator yang selanjutnya akan disebut (solar termoelektrik generator), yang mengkonversi energi dari panas matahari menjadi energi listrik, dengan tujuan menganalisa panas yang diserap oleh kolektor surya dan efisiensi dari solar termoelektrik generator.

2. METODOLOGI

Metode pada penelitian ini memanfaatkan energi matahari yaitu radiasi matahari dan panas matahari dengan menggunakan kolektor surya pelat datar dengan 20 buah modul termoelektrik. Rangkaian termoelektrik yang digunakan adalah seri. Media pendingin yang digunakan sebagai penyerap kalor adalah pendingin air dan pendingin tanah. Laju aliran air untuk media pendingin yang digunakan sebesar 0.076 L/H. Jenis tanah yang digunakan untuk media pendingin diabaikan dan konstruksi dan pemilihan material juga tidak diperhitungkan.

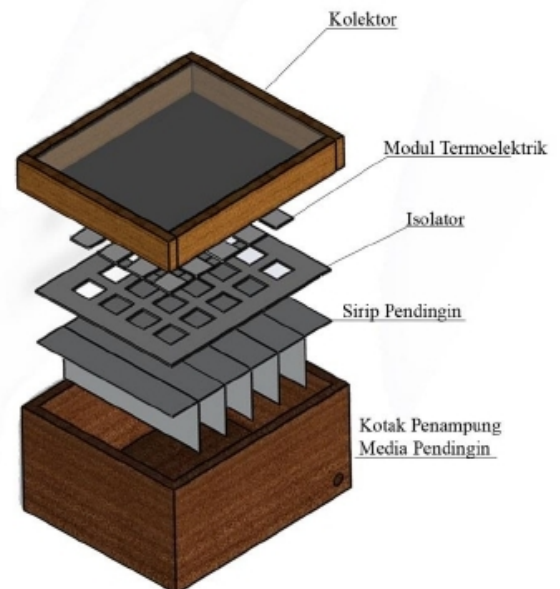
Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali masing-masing untuk rangkaian seri dengan media pendingin air dan tanah seperti diperlihatkan pada Tabel 1. Pengujian yang dilakukan merupakan pengambilan data berupa data temperatur dan tegangan dari alat uji serta nilai lux dari radiasi matahari. Untuk pengambilan data temperatur pada alat uji ini digunakan termokopel tipe K.

Pengukuran temperatur dilakukan pada 16 titik pengukuran utama yaitu : 4 titik pada pelat absorber (T_h), 4 titik sisi dingin termoelektrik (T_c), 4 titik pada kaca (T_g), dan 4 titik pada daerah sekitar sirip pendingin ($T_{air/tanah}$), dan temperature lingkungan. ($T_{ambient}$).

Tabel 1. Matriks Pengujian Solar Termoelektrik Generator

		Jenis rangkaian	
		Rangkaian seri (1)	
Media pendingin	Pendingin tanah (a)	(1,a)	
	Pendingin air (b)	(1,b)	

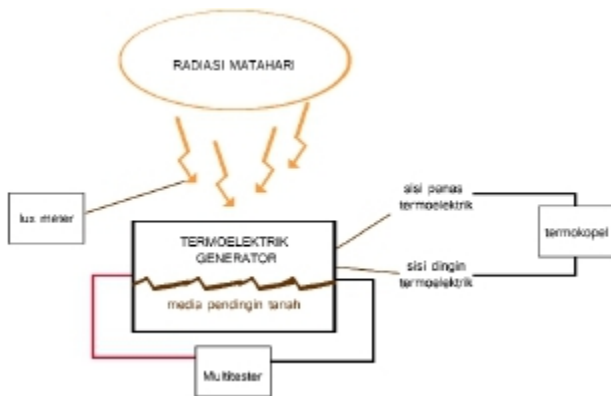
Karena pada sisi dingin termoelektrik diletakkan termokopel, maka digunakan thermal pasta yang berupa pasta *silicon* untuk menutup rongga dan mengurangi *heat loss*. Lalu untuk mengetahui nilai lux yang ada karena radiasi matahari digunakan light meter. Sedangkan data beda potensial yang dibutuhkan adalah beda potensial yang dihasilkan dari rangkaian modul termoelektrik. Pengambilan data beda potensial menggunakan multi tester.



Gambar 1. Susunan Solar Termoelektrik Generator

2.1. Pengujian Dengan Media Pendingin Tanah

Pada Gambar 2 diperlihatkan pengujian dengan media pendingin tanah. Pada pengujian ini, tanah ditampung dalam kotak penampung media pendingin. Tanah dipilih karena ketersediannya di lingkungan dan tanah juga memiliki nilai *thermal properties* yang cukup baik jika digunakan sebagai media pendingin. Kemudian untuk pengujiannya, alat-alat diletakkan dibawah sinar matahari kemudian dilakukan pengukuran hingga waktu yang sudah ditentukan.



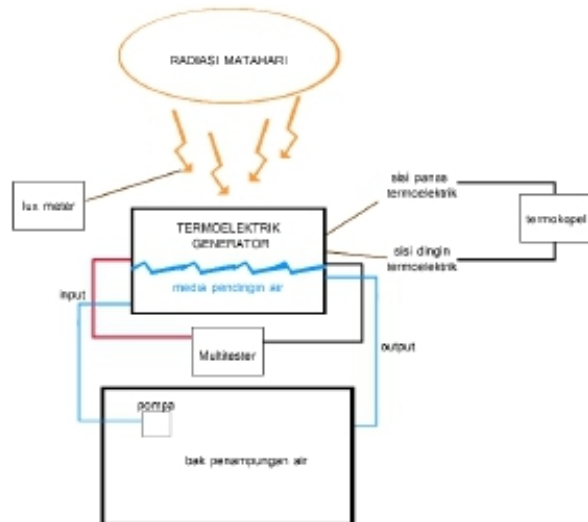
Gambar 2. Skema Pengujian Dengan Media Pendingin Tanah

2.2. Pengujian Dengan Media Pendingin Air

Gambar 3 memperlihatkan pengujian dengan media pendingin air. Media air digunakan karena ketersediannya yang melimpah di lingkungan dan memiliki nilai thermal properties yang cukup baik jika digunakan sebagai media pendingin.

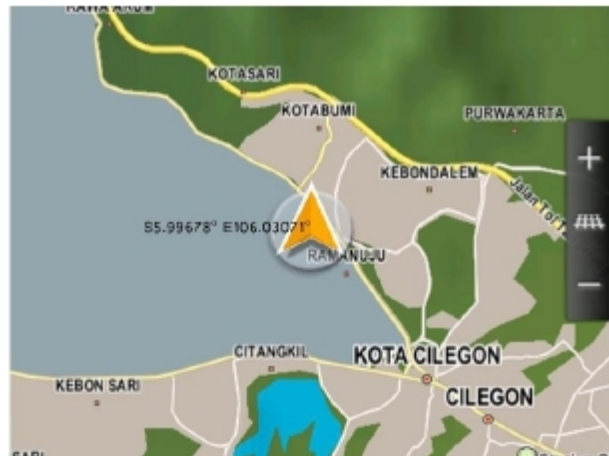
Dalam pengujiannya air disirkulasikan dengan menggunakan pompa dan disalurkan menggunakan selang yang ditampung oleh bak penampungan, pompa yang digunakan adalah pompa akuarium dengan kapasitas 2800 L/H. Debit aliran yang digunakan dalam pengujian adalah 0.076 L/H. Hal ini dilakukan karena keterbatasan dari alat dan juga pertimbangan pada penerapannya. Dalam hal ini debit air pada pembuangan rumah tangga tidak terlalu besar.

Maka nilai tersebut diasumsikan sebagai nilai dari debit air pembuangan rumah tangga, pengujian ini dilakukan di bawah sinar matahari dengan waktu yang sudah ditentukan



Gambar 3. Skema Pengujian Dengan Media Pendingin Air

Pengujian dilakukan di lahan terbuka pada titik (S5.99678° E106.03071°) yang dimulai sejak matahari mulai terasa cukup terik yaitu pada pukul 7.00 WIB sampai dengan pukul 18.00 WIB. Setiap satu jenis percobaan, dilakukan pengambilan data sebanyak 7 kali pengulangan agar data yang didapat bervariasi serta mencukupi.



Gambar 4. Koordinat Lokasi Pengujian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Tabel 2 diperlihatkan hasil perhitungan nilai kalor rata-rata yang mampu diserap oleh kolektor surya untuk setiap pengujian. Dari hasil perhitungan terhadap kemampuan kolektor surya yang dibuat didapatkan nilai energi panas yang paling tinggi sebesar 25.265 Watt, untuk waktu penyerapan paling baik terjadi antara pukul 10.00

hingga pukul 13.00 dengan pukul 12.00 sebagai puncaknya. Hal ini membenarkan teori yang ada bahwa intensitas radiasi matahari yang diterima oleh bumi di suatu tempat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah waktu pengukuran.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai Kalor Rata- Rata

Waktu	Qa (Watt)	
	Seri Dengan Tanah	Seri Dengan Air
7:00	2.753	1.935
8:00	7.979	6.470
9:00	16.962	14.935
10:00	19.502	21.171
11:00	21.813	24.373
12:00	23.157	25.265
13:00	18.746	20.026
14:00	16.199	18.235
15:00	11.869	12.935
16:00	5.964	6.641
17:00	1.717	1.272
18:00	0.000	0.000

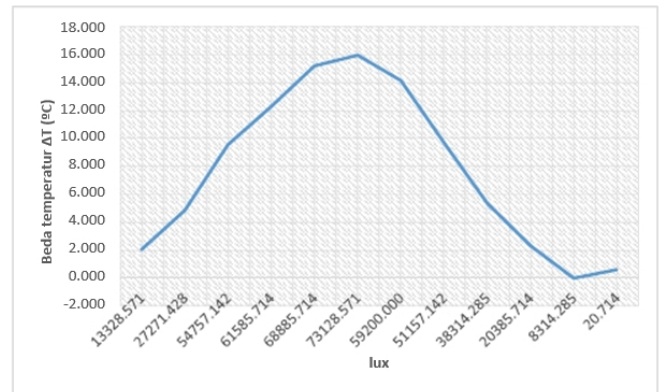
3.1. Hasil Pengujian Rangkaian Seri Dengan Pendingin Tanah

Pada pengujian ini 20, modul termoelektrik disusun secara seri dengan menyambungkan kabel positif termoelektrik ke kabel negatif termoelektrik yang lain dan seterusnya sehingga tersisa satu buah kabel positif dan negatif. Kemudian untuk media pendingin yang digunakan adalah tanah. Pengujian ini dilakukan dari pagi hingga sore mengikuti terbit dan tenggelamnya matahari serta pengujian ini dilakukan sebanyak tujuh kali. Dari pengujian ini didapatkan data seperti terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Bada Temperatur Dengan Nilai Lux

Waktu	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	Lux
7:00	30.282	28.243	2.039	13328.571
8:00	36.504	31.654	4.850	27271.429
9:00	46.425	36.854	9.571	54757.143
10:00	53.121	40.818	12.304	61585.714
11:00	59.389	44.189	15.200	68885.714
12:00	62.643	46.668	15.975	73128.571
13:00	62.179	48.018	14.161	59200.000

14:00	54.054	44.339	9.714	51157.143
15:00	47.493	42.136	5.357	38314.286
16:00	41.232	38.918	2.314	20385.714
17:00	36.418	36.436	-0.018	8314.286
18:00	34.100	33.507	0.593	20.714



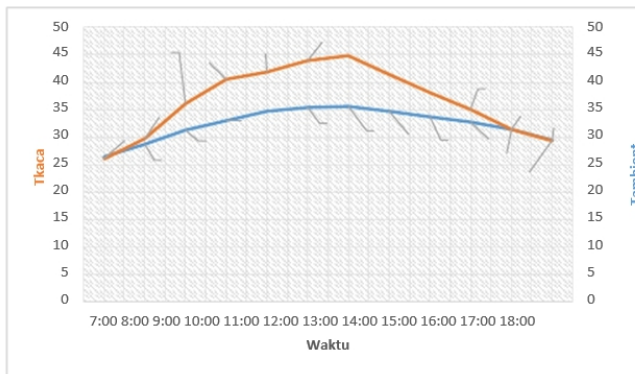
Gambar 5. Grafik Perbandingan Bada Temperatur Dengan Lux

Pada Gambar 5 diperlihatkan grafik hubungan beda temperatur dengan lux yang diperoleh. Nilai lux ini sesuai dengan waktu pengambilan intensitas radiasi matahari pada saat percobaan. Dapat diamati pada grafik bahwa terjadi kenaikan beda temperatur yang terus meningkat sesuai dengan kenaikan nilai lux, kemudian terjadi penurunan nilai beda temperatur dikarenakan ikut menurunnya nilai lux.

Pada jam 18.00, terjadi kenaikan kembali harga lux yang diperoleh dari percobaan yang dilakukan. Kenaikan ini terjadi karena nilai beda temperatur yang terjadi memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai yang terjadi pada pengujian jam 17.00. Perbedaan ini terjadi karena pada pengujian jam 17.00, selisih antara temperatur pada sisi panas dengan temperatur pada sisi dingin sangat kecil.

Berdasarkan hasil pada Tabel 2 terlihat bahwa data pada pengujian jam 17.00, nilai temperatur sisi dingin lebih besar dibanding temperatur sisi panasnya. Pada grafik terlihat nilai beda temperatur terbesar yaitu sebesar 15.972 °C terdapat pada nilai lux sebesar 73128.571. Jika diamati Tabel 3 terlihat bahwa nilai lux yang terbesar ini terdapat pada pengambilan pada jam

12.00, karena pada waktu ini matahari berada pada titik puncaknya. Sedangkan nilai beda temperatur terkecil terdapat pada percobaan yang dilakukan pada jam 17.00 sekitar -0.018 . Hal ini dikarenakan nilai temperatur pada sisi dingin hampir sama besar dengan nilai temperatur pada sisi panas.



Gambar 6. Grafik perbandingan T_{ambient} dengan T_{kaca}

Gambar 6 menunjukkan perbandingan antara temperatur lingkungan dengan temperatur kaca terhadap perubahan waktu dalam pengujian. Dapat dilihat diawal waktu pengujian, temperatur kaca memiliki nilai lebih rendah dibandingkan dengan nilai temperatur lingkungan. Hal ini dikarenakan kaca mengalami pendinginan pada malam hari, kemudian seiring berjalannya waktu yang mengakibatkan semakin tingginya nilai radiasi matahari yang dapat dilihat pada grafik sebelumnya maka nilai temperatur keduanya akan meningkat, akan tetapi pada kaca peningkatannya lebih signifikan karena terjadinya proses pemanasan.

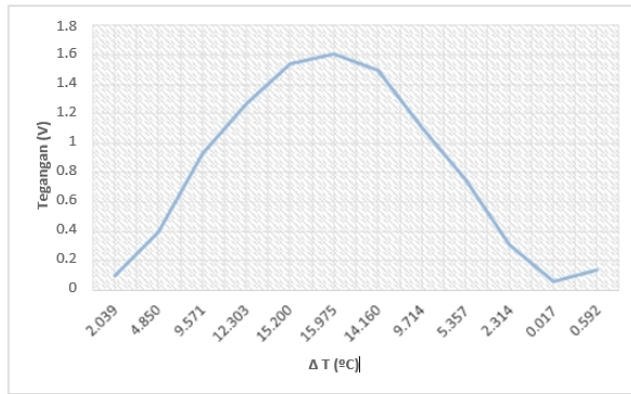
Pada grafik juga dapat dilihat terjadi persimpangan antara temperatur kaca dengan temperatur lingkungan (T_{ambient}). Persimpangan ini menunjukkan terjadinya pemanasan, artinya terdapat temperatur yang sama diantara keduanya. Persimpangan ini terjadi diantara pukul 07.00 sampai 08.00. Jika diperhatikan dengan lebih teliti, terlihat bahwa waktu pemanasan terjadi pada menit ke 15, artinya pada pengujian ini diperlukan pemanasan selama 15 menit agar temperatur alat uji sama dengan temperatur lingkungannya.

Gambar 7 menunjukkan besar kenaikan arus dan tegangan yang didapat selama percobaan. Pada Gambar 7 terlihat bahwa kenaikan tegangan juga tergantung dari besar beda temperatur yang diperoleh. Semakin besar beda temperatur yang didapat maka semakin besar juga tegangan yang akan dihasilkan.

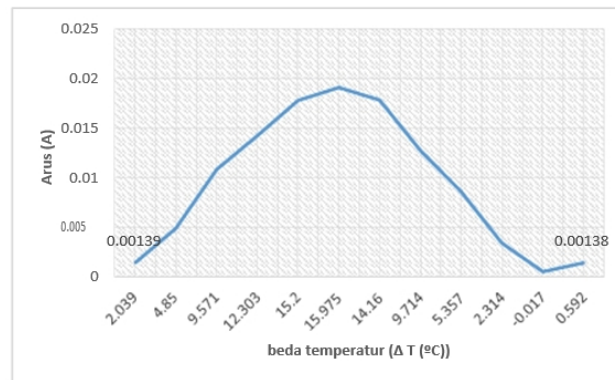
Kenaikan grafik terlihat menanjak hingga pukul 12.00, kemudian terjadi penurunan kembali setelah pukul 12.00 karena ikut menurunnya nilai beda temperatur. Kenaikan tegangan terjadi lagi diantara pukul 17.00 hingga 18.00. Setelah dilakukan analisa, kenaikan ini terjadi akibat temperatur sisi bagian dingin (T_c) memiliki nilai lebih besar dibandingkan nilai sisi bagian panasnya (T_h). Hal ini dikarenakan media pendingin yang digunakan tidak lagi dapat mendinginkan sisi bagian dingin, sedangkan sisi bagian panas tidak lagi mendapatkan panas dari radiasi matahari.

Tabel 4. Perbandingan Beda Temperatur Dengan Nilai Lux

Waktu	A	v	ΔT (°C)
7:00	0.00139	0.0957	2.039
8:00	0.00488	0.394	4.850
9:00	0.01082	0.928	9.571
10:00	0.01425	1.267	12.303
11:00	0.01781	1.541	15.200
12:00	0.01911	1.607	15.975
13:00	0.01786	1.495	14.160
14:00	0.01278	1.107	9.714
15:00	0.00861	0.751	5.357
16:00	0.00342	0.308	2.314
17:00	0.00051	0.06	-0.017
18:00	0.00138	0.138	0.592



Gambar 7. Grafik perbandingan tegangan terhadap beda temperatur



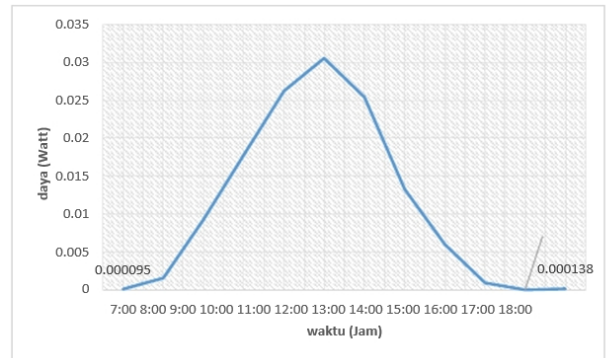
Gambar 8. Grafik perbandingan arus dengan beda temperatur

Seperti halnya tegangan, besar arus yang dihasilkan juga tergantung dengan besarnya nilai beda temperatur yang didapat. Semakin besar beda temperatur yang didapat maka semakin besar juga tegangan yang akan dihasilkan. Pada grafik ini juga terdapat kenaikan pada waktu akhir pengujian. Hal ini disebabkan besarnya arus tergantung dengan besarnya tegangan.

Tabel 5. Nilai Hasil Perhitungan Daya Pada Percobaan Rangkaian Seri Dengan Pendingin Tanah

Waktu	A	V	Daya (Watt)
7:00	0.001	0.095	0.000095
8:00	0.004	0.394	0.001576
9:00	0.01	0.928	0.00928
10:00	0.014	1.267	0.017738
11:00	0.017	1.541	0.026197
12:00	0.019	1.607	0.030533

13:00	0.017	1.495	0.025415
14:00	0.012	1.107	0.013284
15:00	0.008	0.751	0.006008
16:00	0.003	0.308	0.000924
17:00	0.0005	0.06	0.00003
18:00	0.001	0.138	0.000138



Gambar 9. Grafik perbandingan daya terhadap waktu

Pada Gambar 9 diperlihatkan perbandingan besar daya terhadap waktu percobaan. Dapat dilihat bahwa besar daya semakin lama semakin naik, hingga didapat nilai yang terbesar yaitu 0.0305 Watt pada jam 12.00.

Hal ini disebabkan karena pada jam 12.00 merupakan waktu dimana nilai lux yang paling besar sehingga beda temperatur yang didapat juga yang paling besar. Nilai beda temperatur juga berpengaruh terhadap besarnya tegangan (V) dan arus (A). Selanjutnya dapat dilihat terjadi penurunan daya yang dihasilkan akibat dari perubahan waktu, yang mana semakin sore lux yang didapat juga mengalami penurunan.

3.2. Hasil Pengujian Rangkaian Seri Dengan Pendingin Air

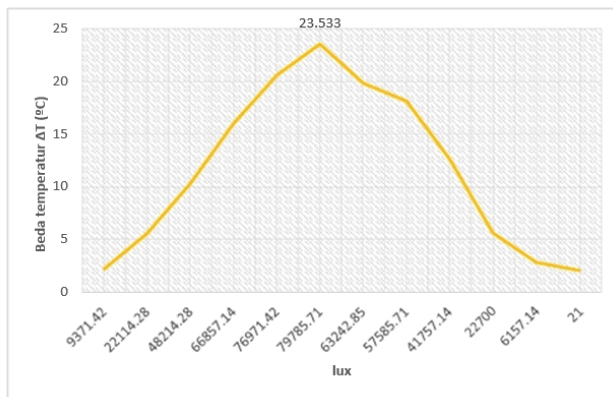
Tabel 6 menunjukkan perbandingan beda temperatur dan lux untuk setiap waktu percobaan menggunakan media pendingin air. Hubungan antara beda temperatur dan lux ditampilkan dalam bentuk grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 10.

Dari Gambar 10 dapat diamati bahwa terjadi kenaikan beda temperatur yang sesuai dengan kenaikan nilai lux, kemudian terjadi penurunan

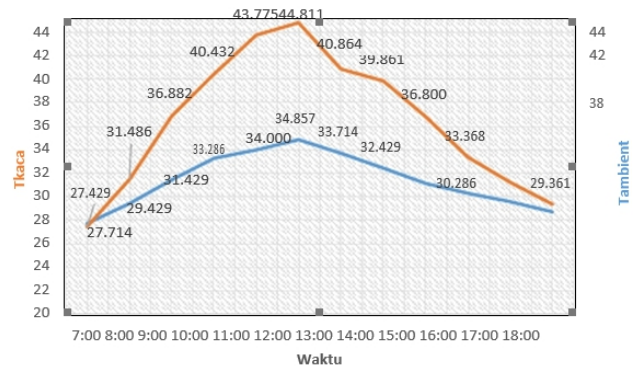
nilai beda temperatur dikarenakan penurunan nilai lux. Pada grafik terlihat nilai beda temperatur terbesar yaitu sebesar 23.533°C terdapat pada nilai lux sebesar 79785.71. Jika diperhatikan kembali Tabel 6, nilai lux yang terbesar ini terdapat pada pengambilan data jam 12.00. Nilai beda temperatur terkecil terdapat pada percobaan yang dilakukan pada jam 18.00 sekitar 2.054 °C.

Tabel 6. Perbandingan Beda Temperature & Lux

Waktu	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	Lux
7:00	30.042	27.857	2.185	9371.429
8:00	35.407	29.857	5.55	22114.29
9:00	44.714	34.414	10.3	48214.29
10:00	53.464	37.453	16.011	66857.14
11:00	60.614	40.028	20.586	76971.43
12:00	65.35	41.817	23.533	79785.71
13:00	60.714	40.907	19.807	63242.86
14:00	58.1	39.978	18.122	57585.71
15:00	50.875	38.314	12.561	41757.14
16:00	41.525	35.917	5.608	22700
17:00	36.15	33.321	2.829	6157.143
18:00	33.25	31.196	2.054	21



Gambar 10. Grafik perbandingan beda temperatur dengan lux



Gambar 11. Perbandingan T ambient & T kaca

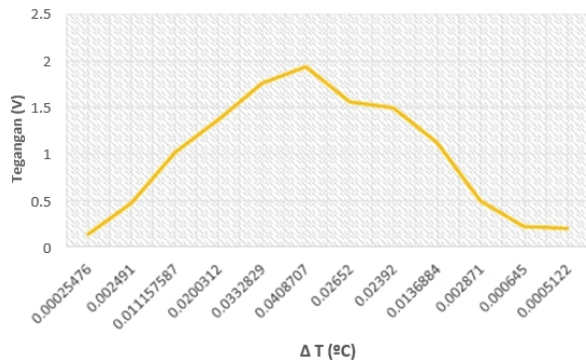
Gambar 11 menunjukkan perbandingan antara temperatur lingkungan dengan temperatur kaca terhadap perubahan waktu dalam pengujian. Dari Gambar 11 ini dapat dilihat bahwa diawal waktu pengujian temperatur kaca memiliki nilai lebih rendah dibandingkan dengan nilai temperatur lingkungan. Hal ini dikarenakan kaca mengalami pendinginan pada malam hari, kemudian seiring berjalannya waktu yang mengakibatkan semakin tingginya nilai radiasi matahari yang dapat dilihat pada grafik sebelumnya maka nilai temperatur keduanya juga semakin tinggi.

Kenaikan temperatur kaca lebih cepat dibandingkan kenaikan temperatur lingkungan. Hal ini dikarenakan terjadinya pemanasan. Pada grafik juga dapat dilihat terjadi persimpangan antara temperatur kaca dengan temperatur lingkungan (T_{ambient}) persimpangan ini menunjukkan terjadinya pemanasan artinya terdapat temperatur yang sama diantara keduanya, persimpangan ini terjadi diantara pukul 07.00 sampai 08.00 jika kita lihat lebih teliti dengan melihat lamanya waktu pemanasan terjadi pada lima menit pertama, artinya pada pengujian ini diperlukan pemanasan selama kurang lebih lima menit agar temperatur alat uji sama dengan temperatur lingkungannya.

Tabel 7. Perbandingan Tegangan Dan Arus Terhadap Beda Temperatur

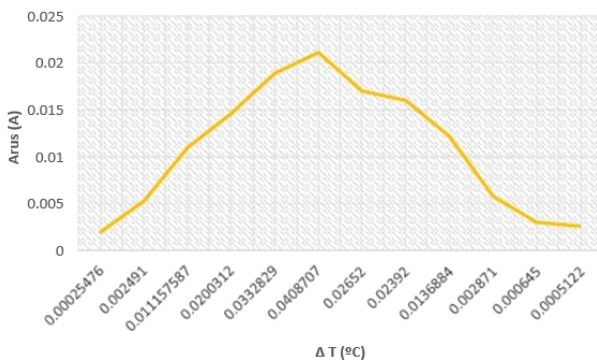
Waktu	V	A	ΔT (°C)
7:00	0.132	0.00193	2.185
8:00	0.47	0.00536	5.55
9:00	1.0171	0.01097	10.3
10:00	1.372	0.0146	16.011
11:00	1.761	0.01894	20.586
12:00	1.937	0.02118	23.533

13:00	1.56	0.01705	19.807
14:00	1.495	0.01607	18.122
15:00	1.122	0.01223	12.561
16:00	0.495	0.00586	5.608
17:00	0.215	0.00303	2.829
18:00	0.197	0.00264	2.054



Gambar 12. Grafik perbandingan tegangan terhadap beda temperatur

Hubungan antara kenaikan harga tegangan listrik dengan beda temperatur diperlihatkan pada Gambar 12. Pada gambar 12 terlihat bahwa kenaikan tegangan juga tergantung dari besar beda temperatur yang diperoleh. Semakin besar beda temperatur yang didapat maka semakin besar juga tegangan yang akan dihasilkan. Pada grafik terlihat tegangan yang paling besar yaitu sebesar 1.937 V yang terdapat pada beda temperatur sebesar 23.533°C. Sedangkan nilai tegangan yang paling kecil yaitu sebesar 0.132 V yang terdapat pada beda temperatur sebesar 2.185 °C.



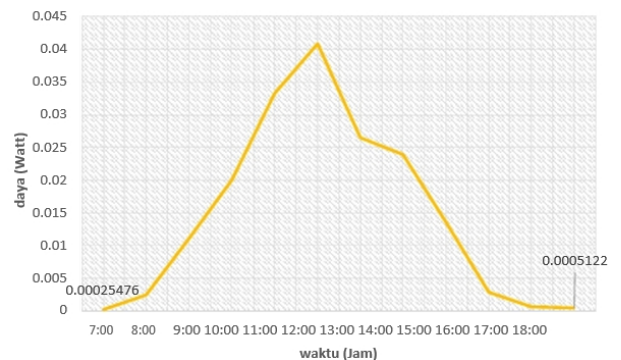
Gambar 13. Grafik Perbandingan Arus Dengan Beda Temperatur

Seperti halnya tegangan, kenaikan beda temperatur juga meningkatkan harga arus listrik yang

dihasilkan seperti diperlihatkan pada Gambar 13. Pada Gambar 13 tersebut terlihat bahwa nilai arus yang terbesar yaitu 0.02118 Ampere terjadi saat beda temperatur terbesar. Sedangkan nilai arus yang paling kecil yaitu sebesar 0.00193 Ampere.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Daya Pada Percobaan Rangkaian Seri Dengan Pendingin Air

Waktu	V	A	Daya (Watt)
7:00	0.132	0.00193	0.000255
8:00	0.47	0.0053	0.002491
9:00	1.0171	0.01097	0.011158
10:00	1.372	0.0146	0.020031
11:00	1.761	0.0189	0.033283
12:00	1.937	0.0211	0.040871
13:00	1.56	0.017	0.02652
14:00	1.495	0.016	0.02392
15:00	1.122	0.0122	0.013688
16:00	0.495	0.0058	0.002871
17:00	0.215	0.003	0.000645
18:00	0.197	0.0026	0.000512



Gambar 14. Grafik Perbandingan Daya Terhadap Waktu

Hasil perhitungan daya pada percobaan seri dengan pendingin air diperlihatkan pada Tabel 8. Hasil pada Tabel 8 ditampilkan dalam bentuk grafik seperti diperlihatkan pada Gambar 14.

Gambar 14 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya waktu didapatkan harga daya yang semakin meningkat hingga mencapai nilai maksimum sebesar 0.040871 Watt pada jam 12.00. Pada jam 12.00 ini merupakan waktu dimana nilai lux yang paling besar sehingga beda temperatur yang didapat juga yang paling besar. Nilai beda temperatur juga berpengaruh terhadap besarnya

tegangan (V) dan arus (A). selanjutnya dapat dilihat terjadi penurunan daya yang dihasilkan akibat dari perubahan waktu, yang mana semakin sore lux yang didapat juga mengalami penurunan.

3.3. Perbandingan Daya Dari Percobaan

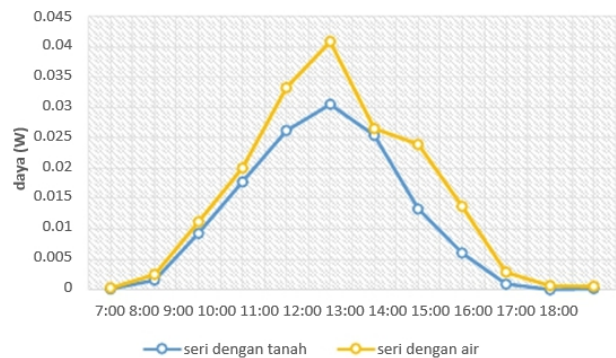
Perbandingan nilai daya yang diperoleh dengan menggunakan dua media pendingin diperlihatkan pada Tabel 9. Penggambaran hasil pada Tabel 9 dalam bentuk grafik diperlihatkan pada Gambar 15.

Pada gambar 15 terlihat jelas perbedaan dua pengujian yang dilakukan yaitu pengujian rangkaian seri dengan pendingin tanah dan rangkaian seri dengan pendingin air. Dalam grafik dapat diamati untuk perlakuan yang memiliki nilai daya paling besar adalah perlakuan rangkaian seri dengan pendingin air, hal ini dikarenakan pada analisa rangkaian seri dengan pendingin air memiliki beda temperatur yang paling besar dibanding dengan perlakuan yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa media pendingin air lebih baik dalam melepaskan panas dibandingkan dengan media pendingin tanah dikarenakan media pendingin air memiliki nilai panas spesifik (C_p) dan konduktivitas termal lebih besar dibandingkan dengan media pendingin tanah. Hal ini mendukung teori bahwa nilai properties dari material mempengaruhi kemampuannya dalam pendinginan.

Tabel 9. Perbandingan Daya Dari Perlakuan Yang Dianalisa

Waktu	Daya (Watt)	
	Seri Dengan Tanah	Seri Dengan Air
7:00	0.000095	0.00025476
8:00	0.001576	0.002491
9:00	0.00928	0.011157587
10:00	0.017738	0.0200312
11:00	0.026197	0.0332829
12:00	0.030533	0.0408707
13:00	0.025415	0.02652
14:00	0.013284	0.02392
15:00	0.006008	0.0136884
16:00	0.000924	0.002871

17:00	0.00003	0.000645
18:00	0.000138	0.0005122



Gambar 15. Grafik Perbandingan Daya Dari Percobaan

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukannya penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Penggunaan kolektor surya pelat datar dalam penelitian ini dirasa cukup baik dalam penyerapan panas karena mampu menjadi media untuk memanaskan sisi panas termoelektrik dengan temperatur rata-rata mencapai $65.35\text{ }^{\circ}\text{C}$ baik dan mampu menyerap rata-rata 25.265 Watt energi panasmatahari
2. Penyerapan paling baik terjadi diantara pukul 10.00 hingga pukul 13.00 dengan pukul 12.00 sebagai puncaknya.
3. Pada pengujian yang dilakukan dengan variabel media pendingin yaitu media pendingin tanah dan air mendapatkan hasil yang berbeda-beda, hasil terbaik didapatkan dari percobaan rangkaian seri dengan pendingin air.
4. Perbedaan ini dipengaruhi oleh nilai ΔT yang didapat berbeda-beda pada setiap pengujian akibat dari penggunaan media pendingin yang berbeda. Penggunaan media pendingin yang paling baik adalah media pendingin air, yang mampu menghasilkan ΔT rata-rata hingga $23.533\text{ }^{\circ}\text{C}$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aprianus, "Pemanfaatan Panas Aspal Jalan Raya Sebagai Energi Listrik Alternatif Berbasis Termoelektrik," UKSW, 2012.
- [2] D. Satria, Haryadi, R. Austin, and B. Kurniawan, "Design of drying chamber and biomass furnace for sun-biomass hybrid rice-drying machine," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1717, 2016, doi: 10.1063/1.4943490.
- [3] D. Satria, E. Listijorini, and M. N. Nurghodan, "Perancangan Sistem Kendali Suhu Pada Mesin Pengering Hybrid Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *J. Ilm. Rekayasa Pertan. dan Biosist.*, vol. 3, no. 2, pp. 179–185, 2015, [Online]. Available: <http://jrpb.unram.ac.id/index.php/jrpb/article/view/32/23>.
- [4] N. Caturwati, A. Sudrajad, and C. Dwi, "Sudut Pasang Solar Water Heater Dalam Optimalisasi Penyerapan Radiasi Matahari di Daerah Cilegon," in *Proceedings Seminar Nasional Teknik Mesin Universitas Trisakti*, 2014, pp. 1–8.
- [5] T. Hendricks and W. T. Choate, *Engineering Scoping Study of Thermoelectric Generator Systems for Industrial Waste Heat Recovery*. Industrial Technologies Program (ITP), U.S. Department of Energy's, 2006.
- [6] S. A. Sasmita, M. T. Ramadhan, M. I. Kamal, and Y. Dewanto, "Alternatif Pembangkit Energi Listrik Menggunakan Prinsip Termoelektrik Generator," *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 21, no. 1, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.24912/tesla.v21i1.3249>.