

Implementasi *Thermoelectric Generator* Lilin Sebagai Solusi Energi Tepat Guna Daerah Terpencil Kalimantan

Irfan Isdhianto^{a)}, Helmy Mukti Himawan^{a)}, Dona Setiawan^{b)}

(Received 14 September 2025 || Revised 25 October 2025 || Published 23 Desember 2025)

Abstract: The demand for electricity in remote areas of Kalimantan remains a significant challenge due to the limited reach of the national power grid. This research aims to develop a low cost, eco friendly, and practical power generation solution using a thermoelectric generator (TEG) integrated with a candle based heat source. A prototype candle tube was designed and constructed using copper heat exchangers, TEG modules, and passive cooling systems (heatsinks). The system was tested under two conditions using one and two candles as heat sources while powering LED lights. Temperature data on the hot and cold sides of the TEG were recorded using an Arduino data logger, and the electrical output (voltage and current) was monitored using a USB multimeter. Results showed that increasing the number of candles significantly raised the temperature difference across the TEG, from 24°C with one candle to 39°C with two, leading to a voltage increase from 2.68 V to 2.80 V, current from 0.06 A to 0.16 A, and power output from 0.15 W to 0.44 W. These findings demonstrate that the system's performance correlates directly with the thermal gradient. With its simple design, accessible materials, and passive operation, this candle based TEG system offers a promising alternative energy source for rural communities lacking access to conventional electricity, especially in Kalimantan's interior regions.

Keywords: Thermoelectric Generator, Passive Cooling, Kalimantan, Efek Seebeck.

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan energi listrik di daerah pedalaman Kalimantan masih menjadi permasalahan yang cukup signifikan hingga saat ini [1], [2]. Akses terhadap jaringan listrik PLN belum menjangkau seluruh wilayah, terutama daerah terpencil yang memiliki medan geografis yang sulit dijangkau [3]. Kondisi ini menyebabkan masyarakat di pedalaman harus mencari alternatif sumber energi untuk memenuhi kebutuhan dasar penerangan, pengisian daya alat komunikasi, dan kebutuhan rumah tangga lainnya [4], [5].

Salah satu solusi yang potensial dan ramah lingkungan adalah pemanfaatan teknologi *thermoelectric generator* (TEG) [6]. Teknologi ini mampu mengubah perbedaan suhu secara langsung menjadi energi listrik melalui efek seebeck [7]. Dengan memanfaatkan panas dari sumber sederhana seperti lilin, TEG dapat menghasilkan listrik yang cukup untuk kebutuhan energi skala kecil [8]. Keunggulan teknologi ini antara lain tidak memiliki bagian yang bergerak sehingga minim perawatan, dapat dioperasikan secara pasif, dan sangat cocok untuk aplikasi di daerah yang tidak memiliki akses terhadap energi konvensional [9].

Rancang bangun tabung lilin *thermoelectric* dirancang untuk memaksimalkan perbedaan suhu antara sisi panas dari api lilin dan sisi dingin yang dapat didinginkan oleh udara sekitar atau alat pendingin pasif [10], [11], [12]. Desain ini ditujukan agar teknologi dapat digunakan secara praktis oleh masyarakat dengan material yang terjangkau dan mudah diperoleh [13]. Selain itu, penggunaan lilin sebagai sumber panas utama sangat relevan dengan kondisi masyarakat pedalaman yang sudah terbiasa menggunakan lilin untuk penerangan [14].

Dengan menerapkan teknologi TEG dalam bentuk tabung lilin [14], diharapkan masyarakat di pedalaman Kalimantan dapat memiliki akses terhadap listrik yang sederhana, murah, dan ramah lingkungan. Hal ini tidak hanya akan meningkatkan kualitas hidup, tetapi juga membuka akses terhadap informasi, dan pendidikan yang sangat dibutuhkan dalam pembangunan nasional [15].

2. Tinjauan Pustaka

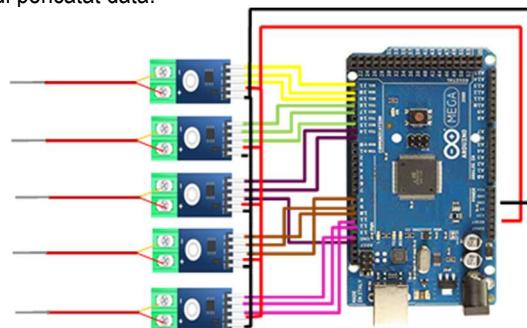
2.1 Arduino Data Logger

Arduino data logger seperti pada Gambar 2.1 dirancang untuk merekam data temperatur menggunakan sensor termokopel tipe K

yang dikombinasikan dengan modul konversi sinyal MAX6675. Sistem ini dibangun berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560, yang dikonfigurasikan untuk membaca data dari lima pasang termokopel dan modul MAX6675.

Setiap termokopel dihubungkan ke modul MAX6675 melalui konektor + dan – yang sesuai. Modul MAX6675 memiliki lima pin: SO (Serial Out), CS (Chip Select), SCK (Serial Clock), VCC, dan GND. Pin SO, CS, dan SCK masing-masing terhubung ke pin digital Arduino Mega 2560, sedangkan VCC dan GND terhubung ke sumber daya 5V dan ground Arduino.

Kelima modul MAX6675 dihubungkan ke Arduino Mega 2560 dengan konfigurasi pin digital yang disesuaikan berdasarkan skrip program yang ditulis pada Arduino IDE [16]. Pemrograman dilakukan untuk membaca sinyal suhu dari masing-masing kanal secara bergantian, memanfaatkan komunikasi SPI (Serial Peripheral Interface), dan menyimpan data secara *real time* melalui modul pencatat data.



GAMBAR 2.1 ARDUINO DATA LOGGER

2.2 Multimeter USB

Gambar 2.2 merupakan multimeter yang digunakan sebagai instrumen pengukuran pada penelitian ini. Multimeter tersebut berfungsi untuk memonitor *output* TEG berupa tegangan (V) dan arus listrik (I) secara *real time*. Selain itu, perangkat ini juga berperan sebagai *unit* akuisisi data, yang terintegrasi dengan PC melalui koneksi USB Interface Multimeter. Data pengukuran secara otomatis ditransmisikan ke PC untuk keperluan *visualisasi*, perekaman, dan penyimpanan dalam format *digital* selama proses

* Korespondensi: irfan@akabi.ac.id

a) Prodi Teknik Alat Berat, Akademi Teknik Alat Berat Indonesia, Malang, Indonesia

b) Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

pengujian berlangsung.



GAMBAR 2.2 MULTIMETER USB

2.3 Heatsink

Gambar 2.3 merupakan *heatsink* beserta dimensinya. *Heatsink* ini dibuat dari material tembaga dan dilengkapi dengan sejumlah sirip pendingin. Fungsinya adalah untuk menyerap panas dari sistem dan membuangnya ke lingkungan sekitar melalui konveksi udara, sehingga dapat membantu mengontrol atau menurunkan temperatur pada sisi dingin TEG. Dimensi *heatsink* tersebut adalah 90 mm (panjang) × 90 mm (lebar) × 25 mm (tebal).



GAMBAR 2.3 HEATSINK

2.4 Heat Exchanger

Penukar panas (*heat exchanger*) merupakan perangkat yang berfungsi untuk memindahkan atau mentransfer panas dari satu medium ke medium lainnya. Dalam penelitian ini, penukar panas yang digunakan berupa pelat tembaga berukuran 8 cm × 8 cm dengan ketebalan 1 mm. Tembaga dipilih karena memiliki *konduktivitas termal* yang tinggi, sehingga sangat efektif dalam mentransfer panas dari sumber panas ke sisi panas (*hot side*) dari *Thermoelectric Generator* (TEG).



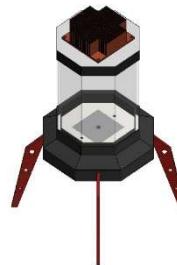
GAMBAR 2.4 HEAT EXCHANGER

3. Metode Penelitian

3.1 Perancangan Tabung Lilin

Pada tahap awal, dilakukan perancangan tabung lilin menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor untuk memperoleh *desain* geometris yang sesuai dengan kebutuhan sistem. Selanjutnya, dilakukan perancangan sistem mekanik yang meliputi beberapa komponen utama, yaitu ruang sumber panas berbasis pembakaran lilin, pemasangan *heat exchanger*,

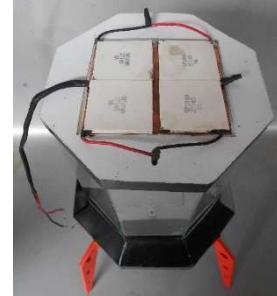
pemasangan modul *thermoelectric generator* (TEG), serta pemasangan *heatsink* sebagai media pembuangan panas. Selain aspek mekanik, perancangan sistem elektrikal juga dilakukan untuk memastikan rangkaian elektronik pada modul TEG dapat menghantarkan energi listrik secara efektif. *Desain* model mekanik secara keseluruhan ditampilkan pada Gambar 3.1 yang menunjukkan *desain* mekanik penerapan sistem pendingin pasif berbasis aliran udara alami (*natural air cooling system*).



GAMBAR 3.1 DESAIN MEKANIK TABUNG LILIN

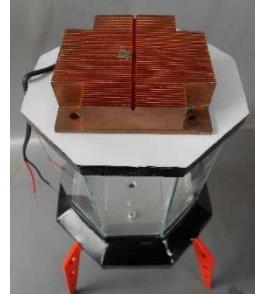
3.2 Perancangan Sistem TEG dan Sistem Pendingin

Gambar 3.2 merupakan konfigurasi tabung lampu lilin yang telah terintegrasi dengan sistem *Thermoelectric Generator* (TEG). Pemasangan dilakukan pada lubang bagian atas tabung yang telah dirancang secara khusus sebagai tempat *instalasi*. Empat unit modul TEG dipasang dalam satu kesatuan dan dirangkai secara seri untuk meningkatkan tegangan *output* sistem. Empat modul TEG tersebut ditempatkan secara langsung di atas pelat tembaga yang berfungsi sebagai *heat exchanger*, yang menyerap panas dari nyala lilin dan mentransfernya ke sisi panas TEG secara efisien.



GAMBAR 3.2 TABUNG LILIN DENGAN PEMASANGAN TEG

Gambar 3.3 merupakan sistem manajemen termal pada sisi dingin TEG, di mana *heatsink* dipasang secara langsung untuk menjaga agar *gradien* temperatur antara sisi panas dan sisi dingin tetap signifikan. Sistem pendinginan ini mengandalkan mekanisme *natural convection* (pendinginan pasif dengan aliran udara bebas) guna membuang panas dari permukaan *heatsink*, sehingga memastikan efisiensi konversi termolistrik tetap optimal.



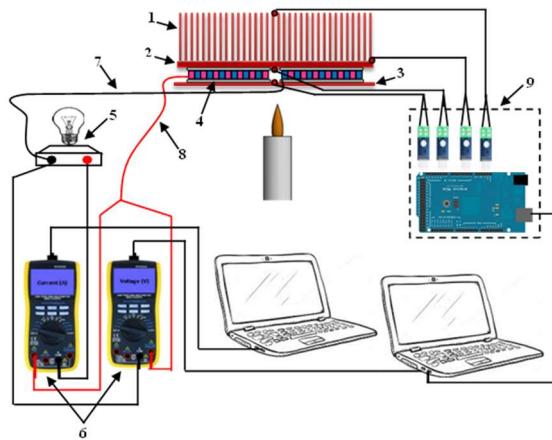
GAMBAR 3.3 SISTEM PENDINGIN UDARA BEBAS

3.3 Proses Pengambilan Data

Proses akuisisi data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua skenario pengujian, yaitu dengan nyala satu dan dua lilin, yang keduanya menggunakan sistem pendingin pasif berupa aliran udara bebas (*natural air cooling system*). Tujuan pengujian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh variasi intensitas sumber panas terhadap performa modul *thermoelectric generator* (TEG). Beban listrik berupa lampu LED digunakan secara konsisten pada setiap pengujian guna memastikan keseragaman dalam pengukuran [17].

Pengambilan data dilakukan selama lima menit dimulai setelah nyala lilin mencapai kondisi termal stabil. Parameter yang diukur meliputi suhu sisi panas dan dingin TEG, serta suhu permukaan *heatsink*. Pengukuran suhu dilakukan secara *real time* menggunakan Arduino data *logger*. Selain itu, tegangan dan arus keluaran TEG dicatat menggunakan multimeter *digital USB* untuk menganalisis efisiensi dan karakteristik daya listrik yang dihasilkan.

Skema lengkap rangkaian eksperimen ditunjukkan pada Gambar 3.4 yang mengilustrasikan konfigurasi TEG, sistem pendingin *heatsink*, dan rangkaian beban listrik.



- Keterangan:
- 1. Sirip
 - 2. Fine base
 - 3. Heat exchanger
 - 4. TEG
 - 5. Load
 - 6. Multimeter USB
 - 7. Negative TEG wire (-)
 - 8. Positive TEG wire (+)
 - 9. Arduino temperatur data logger

GAMBAR 3.4 SKEMA RANGKAIAN ALAT TABUNG LAMPU LILIN DAN SISTEM PENDINGIN HEATSINK

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Profil Suhu Sisi Panas dan Sisi Dingin pada TEG

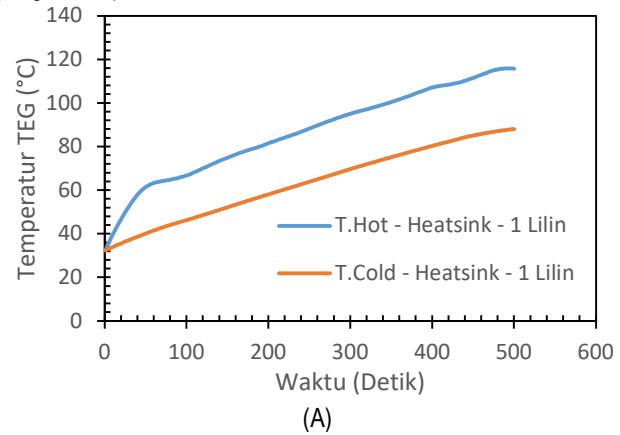
Pengukuran suhu dilakukan pada permukaan sisi panas dan sisi dingin modul TEG. Hasil pengukuran ditampilkan pada Gambar 4.1 yang menyajikan profil suhu TEG saat penyalakan satu dan dua lilin dengan sistem pendinginan menggunakan *heatsink*.

Baik pada penyalakan satu maupun dua lilin, suhu mengalami kenaikan signifikan sejak awal pengujian dengan pola tren yang serupa. Namun, nilai temperatur absolut berbeda dengan penyalakan dua lilin menghasilkan suhu sisi panas dan sisi dingin yang lebih tinggi dibandingkan dengan satu lilin.

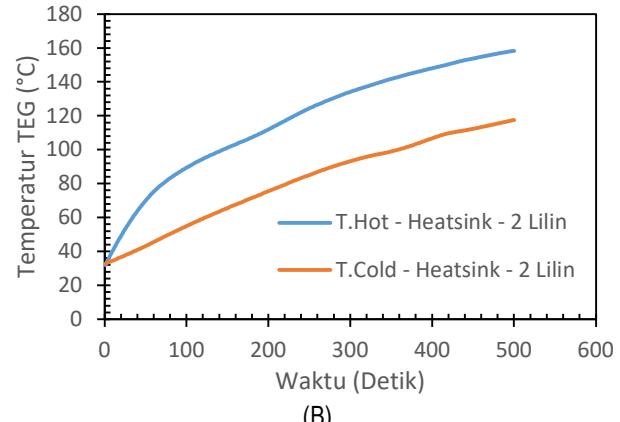
Selisih suhu rata-rata antara sisi panas dan sisi dingin TEG tercatat sebesar 24°C untuk satu lilin, dan meningkat menjadi 39°C pada dua lilin. Peningkatan selisih suhu ini berdampak langsung pada peningkatan keluaran listrik TEG, karena efisiensi konversi

energi termolistrik sangat bergantung pada perbedaan temperatur.

Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan sumber panas dari dua lilin, dikombinasikan dengan sistem pendinginan pasif, mampu menghasilkan gradien suhu yang lebih tinggi dan keluaran listrik yang lebih optimal.

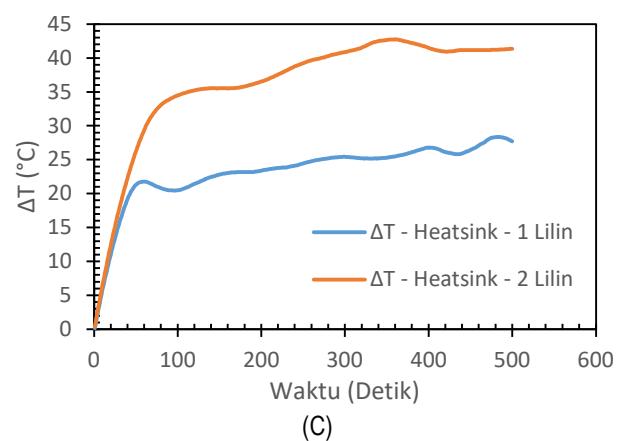


(A)



(B)

GAMBAR 4.1 SUHU SISI PANAS, SISI DINGIN TEG TEHADAP WAKTU PENYALAKAN SATU LILIN (A) DAN DUA LILIN (B) DENGAN SISTEM PENDINGIN



(C)

GAMBAR 4.1 SELISIH SUHU TEG TERHADAP WAKTU PENYALAKAN API SATU DAN DUA LILIN DENGAN SISTEM PENDINGIN

4.2 Kinerja Thermoelectric Generator

Penelitian ini memanfaatkan panas buangan dari nyala satu dan dua lilin dengan sistem pendinginan *heatsink* untuk menguji kinerja TEG. Pembebatan dilakukan menggunakan dua lampu LED yang dirangkai seri, masing-masing memiliki tegangan 3 - 3,2 V dan arus 320 - 350 mA.

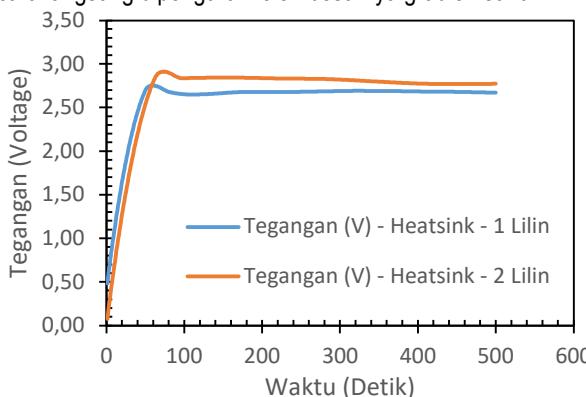
Tegangan dan arus diukur menggunakan multimeter,

sementara daya dihitung dari hasil perkalian keduanya. Hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya disajikan pada bagian berikut ini, yaitu:

1. Pengukuran Tegangan

Pengukuran tegangan dilakukan untuk mengevaluasi beda potensial listrik yang dihasilkan oleh modul TEG akibat gradien temperatur antara sisi panas dan sisi dingin. Gambar 4.2 menyajikan bahwa pada kondisi penyalaman satu dan dua lilin dengan sistem pendinginan *heatsink*, tegangan meningkat secara signifikan pada awal pengujian dan kemudian mencapai kondisi stabil.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penyalaman dua lilin menghasilkan tegangan yang lebih tinggi dibandingkan penyalaman satu lilin. Hal ini sejalan dengan peningkatan perbedaan suhu antar permukaan TEG. Rata-rata selisih temperatur pada penyalaman satu lilin sebesar 24°C menghasilkan tegangan 2,68 V, sedangkan pada dua lilin dengan selisih suhu 39°C menghasilkan tegangan 2,80 V. Peningkatan tegangan ini menunjukkan bahwa performa TEG secara langsung dipengaruhi oleh besarnya gradien suhu.



GAMBAR 4.2 HUBUNGAN TEGANGAN TERHADAP WAKTU SELAMA PENYALAMAN SATU LILIN DAN DUA LILIN DENGAN SISTEM PENDINGIN

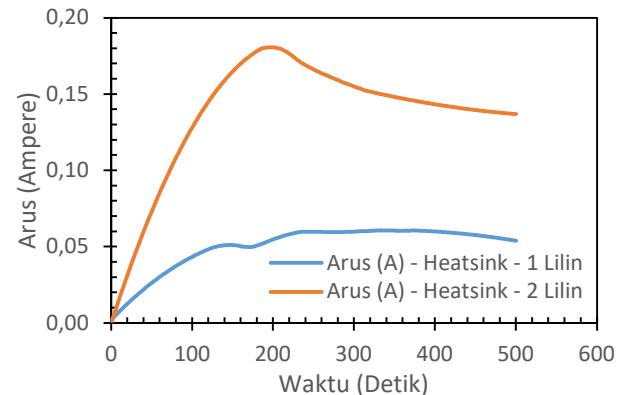
2. Pengukuran Arus

Pengukuran arus dilakukan untuk mengetahui aliran listrik dalam kondisi rangkaian tertutup yang dibebani dengan dua buah lampu LED. Gambar 4.3 menyajikan hasil pengukuran arus selama proses penyalaman satu dan dua lilin dengan sistem pendingin *heatsink*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa profil arus pada kedua kondisi penyalaman menunjukkan pola yang berbeda. Pada penyalaman satu lilin, arus meningkat di awal dan kemudian cenderung stabil hingga akhir pengujian. Sebaliknya, pada penyalaman dua lilin, arus mengalami kenaikan cepat di awal, namun menurun setelah mencapai titik tertentu, lalu stabil menjelang akhir penyalaman.

Perbedaan ini mencerminkan karakteristik *output* termolistrik yang dipengaruhi oleh fluktuasi suhu dan kestabilan sistem pendinginan. Korelasi dengan tegangan juga terlihat, di mana tegangan yang lebih tinggi pada penyalaman dua lilin turut memengaruhi dinamika arus keluaran.

Rata-rata arus yang dihasilkan pada penyalaman satu lilin sebesar 0,06 A, sedangkan pada dua lilin meningkat menjadi 0,16 A. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan arus sebesar 37,5% pada penyalaman dua lilin, yang mengindikasikan peningkatan performa sistem TEG.



GAMBAR 4.3 HUBUNGAN ARUS TERHADAP WAKTU SELAMA PENYALAMAN API SATU DAN DUA LILIN DENGAN SISTEM PENDINGIN HEATSINK

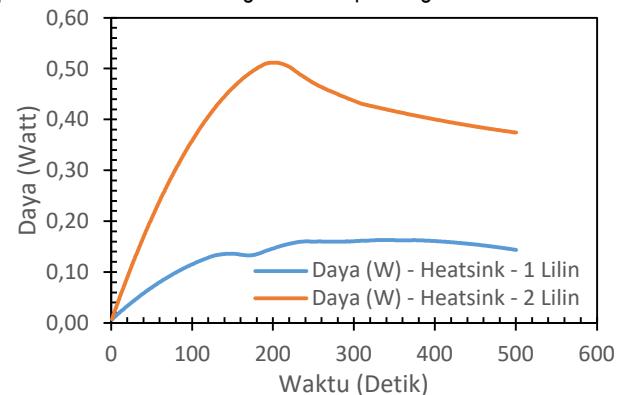
3. Pengukuran Daya

Perhitungan daya dilakukan untuk mengetahui besarnya keluaran listrik dari sistem rangkaian tertutup yang dibebani dua lampu LED. Gambar 4.4 menyajikan hasil pengukuran daya terhadap waktu selama penyalaman satu dan dua lilin dengan sistem pendingin *heatsink*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa profil daya berbeda untuk masing-masing kondisi. Pada penyalaman satu lilin, daya meningkat secara bertahap dan kemudian cenderung stabil. Sementara itu, pada penyalaman dua lilin, daya naik cepat di awal, namun menurun setelah mencapai titik maksimum sebelum akhirnya stabil.

Perbedaan ini sejalan dengan profil tegangan dan arus yang dihasilkan. Penyalaman dua lilin menghasilkan daya yang lebih tinggi karena didukung oleh tegangan dan arus yang lebih besar dibandingkan dengan penyalaman satu lilin.

Daya rata-rata yang dihasilkan pada penyalaman satu lilin adalah sebesar 0,15 W, sedangkan pada dua lilin meningkat menjadi 0,44 W. Ini menunjukkan adanya peningkatan performa sebesar 35% pada kondisi dua lilin dengan sistem pendinginan *heatsink*.



GAMBAR 4.4 HUBUNGAN DAYA TERHADAP WAKTU SELAMA PENYALAMAN API SATU DAN DUA LILIN DENGAN SISTEM PENDINGIN

5. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi thermoelectric generator (TEG) berbasis tabung lilin dengan sistem pendinginan pasif menggunakan *heatsink* mampu menghasilkan energi listrik yang cukup untuk beban ringan seperti lampu LED. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa peningkatan jumlah lilin dari satu menjadi dua secara signifikan meningkatkan perbedaan suhu antara sisi panas dan sisi dingin TEG, yang berujung pada peningkatan

tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan.

Secara spesifik, penyalan dua lilin mampu meningkatkan selisih suhu dari 24°C menjadi 39°C, yang selanjutnya meningkatkan rata-rata tegangan dari 2,68 V menjadi 2,80 V, arus dari 0,06 A menjadi 0,16 A, serta daya dari 0,15 W menjadi 0,44 W. Ini menunjukkan bahwa kinerja sistem TEG sangat bergantung pada besar gradien temperatur antar sisi modul.

Dengan desain sederhana, material yang mudah didapat, serta mekanisme pasif tanpa komponen bergerak, sistem ini sangat potensial untuk digunakan sebagai solusi penyediaan energi listrik skala kecil di daerah pedalaman yang belum terjangkau jaringan listrik konvensional, khususnya di wilayah Kalimantan.

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan pengujian dengan variasi beban listrik yang lebih besar guna mengevaluasi kestabilan daya keluaran sistem. Selain itu, optimasi sistem pendingin pasif khususnya pada desain dan material *heatsink*, perlu dikaji lebih lanjut untuk meningkatkan gradien temperatur dan efisiensi kinerja *thermoelectric generator*.

Referensi

- [1] K. Harianto, S. Sinawati, and F. Fitria, "Rancang Bangun Perahu Ketinting Listrik Tenaga Matahari Provinsi Kalimantan Utara," *Sebatik*, vol. 26, no. 2, pp. 2022–2033, 2022, doi: 10.46984/sebatik.v00i0.2064.
- [2] D. Sulaiman, S. Maria Ulva, A. Lingga Ratna Sari, J. Fisika, U. Kaltara, and T. Selor, "POTENSI SUMBER ENERGI ANGIN SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK DI KALIMANTAN UTARA," *JSB*, vol. 3, no. 1, 2024, doi: 10.61323/jsb.v3i1.116.
- [3] L. Susanti, P. Hasanah, and W. Winarni, "PERAMALAN SUHU UDARA DAN DAMPAKNYA TERHADAP KONSUMSI ENERGI LISTRIK DI KALIMANTAN TIMUR," *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, vol. 14, no. 3, pp. 397–410, Oct. 2020, doi: 10.30598/barekengvol14iss3pp397-410.
- [4] I. Listrik *et al.*, "Analisis Pengaruh Indeks Pembangunan Manusia (IPM), Ketersediaan Analysis of the Effect of Human Development Index (HDI), Electricity and Sanitation Infrastructure Availability on Inter-Regional Income Inequality in West Kalimantan."
- [5] W. Susila and A. Hukom, "Potensi Implementasi Green Economy Di Kalimantan Tengah," *Trending: Jurnal Ekonomi, Akuntansi dan Manajemen*, vol. 1, no. 2, 2023.
- [6] T. W. B. Riyadi *et al.*, "Nanofluid heat transfer and machine learning: Insightful review of machine learning for nanofluid heat transfer enhancement in porous media and heat exchangers as sustainable and renewable energy solutions," Dec. 01, 2024, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.rineng.2024.103002.
- [7] B. Radian Utomo, I. Isdhianto, H. Kusnanto, M. Iwan, E. Sarwono, and H. Khamis Hassan, "Analisa Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Kinerja Modul Photovoltaic Cell," 2022.
- [8] B. R. Utomo, A. Sulistyanto, T. W. B. Riyadi, and A. T. Wijayanta, "Enhanced Performance of Combined Photovoltaic-Thermoelectric Generator and Heat Sink Panels with a Dual-Axis Tracking System," *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 6, Mar. 2023, doi: 10.3390/en16062658.
- [9] T. W. B. Riyadi, A. I. Soumi, Haryanto, and A. Hendrawan, "Performance Assessment of a Photovoltaic Cell Coupled with a Thermoelectric Generator," *MDPI AG*, Mar. 2024, p. 23. doi: 10.3390/engproc2024063023.
- [10] M. J. Deasy, N. Baudin, S. M. O'Shaughnessy, and A. J. Robinson, "Simulation-driven design of a passive liquid cooling system for a thermoelectric generator," *Appl Energy*, vol. 205, pp. 499–510, 2017, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.07.127.
- [11] M. A. Alghoul *et al.*, "A review of thermoelectric power generation systems: Roles of existing test rigs/ prototypes and their associated cooling units on output performance," Oct. 15, 2018, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.enconman.2018.08.019.
- [12] D. Zhao and G. Tan, "A review of thermoelectric cooling: Materials, modeling and applications," May 2014. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2014.01.074.
- [13] U. A. Saleh, M. A. Johar, S. A. Jumaat, M. N. Rejab, and W. A. W. Jamaludin, "Evaluation of a pv-tek hybrid system configuration for an improved energy output: A review," *International Journal of Renewable Energy Development*, vol. 10, no. 2, pp. 385–400, 2021, doi: 10.14710/ijred.2021.33917.
- [14] Irfan Isdhianto, Tri Widodo Besar Riyadi, Yuke Hary Laksono, and Wigo Ardi Winarko, "Optimization of heat conversion from candle flame into electrical energy using a thermoelectric generator," *JTTM : Jurnal Terapan Teknik Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 53–60, Apr. 2025, doi: 10.37373/jttm.v6i1.1331.
- [15] A. B. Setyowati, "Mitigating inequality with emissions? Exploring energy justice and financing transitions to low carbon energy in Indonesia," *Energy Res Soc Sci*, vol. 71, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.erss.2020.101817.
- [16] H. Darna, F. Amaral, N. Akbar, and A. Zuroida, "Rancang Bangun Sistem Pemberian Pakan Ikan Lele Otomatis Berbasis Mikrokontroler," *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 9, no. 3.
- [17] "Rancang Bangun Thermoelectric Generator (TEG) Sebagai Suplai Daya Alternatif Pada Germinasi Kacang Hijau (Ridzki *et al.*)"