



## **PEMANFAATAN PARTIER TEC-12706 SEBAGAI GENERATOR TERMAL ELEKTRIK PADA PROTOTIPE KINCIR ANGIN MINI DENGAN MOTOR DC 5V**

**Fitriyanti<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Universitas Islam Negeri UIN Alauddin Makassar

\*fitriyanti\_fisika@uin-alauddin.ac.id

**ABSTRACT:** One of the alternative energy technologies that can be utilized as renewable energy is the utilization of thermoelectric generators. Besides its simple application, thermoelectric generators do not produce residues that can harm the environment, as their principle of operation is based on the temperature difference between two different heat sources, creating a flow of heat energy from the hotter source to the cooler one. Thermoelectric generators utilize thermoelectric devices, such as thermoelectric modules or thermocouples, which exploit the Seebeck effect to generate electricity. In this study, the Partier Tec-12706 was employed as a thermoelectric generator in a prototype of a mini wind turbine with a 5V DC motor. Through this research, a prototype of a thermoelectric generator was successfully designed and tested for the magnitude of temperature changes with the resulting power output. The study utilized a DC motor connected in series as a converter of electrical energy from the Partier TEC-12706 into mechanical energy capable of driving the mini wind turbine used in the research. The research findings indicate that the thermoelectric generator using Partier Tec-12706 can generate electrical power ranging from 3.92 to 6.4 watts. Furthermore, it is evident that the greater the change in heat value, the greater the power produced by the generator. Further testing demonstrates that the device can rotate a DC motor with a voltage of 3 to 6 volts, ultimately enabling the mini wind turbine in the prototype to rotate. These findings highlight the potential of utilizing Partier Tec-12706 as an effective thermoelectric generator in generating electrical energy from heat value changes, thus contributing to the development of environmentally friendly renewable energy technologies.

**ABSTRAK:** Salah satu teknologi energi alternatif yang dapat digunakan sebagai energi terbarukan adalah dengan pemanfaatan generator termal elektrik, selain pengaplikasiannya sederhana, generator termal elektrik tidak menghasilkan residu yang dapat merusak lingkungan, karena Prinsip kerjanya didasarkan pada perbedaan suhu antara dua sumber panas yang berbeda, yang menciptakan aliran energi panas dari sumber yang lebih panas ke yang lebih dingin. Generator termal elektrik menggunakan perangkat termoelektrik, seperti modul termoelektrik atau termokopel, yang memanfaatkan efek Seebeck untuk menghasilkan listrik. Pada penelitian ini menggunakan Partier Tec-12706 sebagai generator termal elektrik pada prototipe kincir angin mini dengan motor DC 5V. Melalui penelitian ini, sebuah prototipe generator termal elektrik berhasil

---

*\*corresponding author*

*email: fitriyanti\_fisika@uin-alauddin.ac.id*

DOI:

dirancang dan dilakukan pengujian terhadap besarnya perubahan suhu dengan nilai daya yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan motor DC yang dirangkaikan secara seri sebagai pengubah energi listrik yang bersal dari Partier TEC-12706, menjadi energi mekanik yang dapat menggerakkan turbin angin mini yang digunakan pada penelitian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa generator termal elektrik menggunakan Partier Tec-12706 mampu menghasilkan daya listrik berkisar antara 3,92 hingga 6,4 watt. Selain itu, terbukti bahwa semakin besar perubahan nilai kalor yang terjadi, maka daya yang dihasilkan oleh generator juga semakin besar. Pengujian lebih lanjut menunjukkan bahwa alat ini mampu memutar motor DC dengan tegangan 3 hingga 6 volt, yang pada akhirnya memungkinkan kincir angin mini pada prototipe untuk berputar. Hasil penelitian ini menunjukkan potensi penggunaan Partier Tec-12706 sebagai generator termal elektrik yang efektif dalam menghasilkan energi listrik dari perubahan nilai kalor, serta memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi energi terbarukan yang ramah lingkungan.

**Kata Kunci:** Generator Termal Elektrik, Partier TEC-12706, motor DC

---

## PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia akan energi kian meningkat setiap tahunnya, sehingga diperlukan adanya sumber energi alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti energi tidak terbarukan yang jumlahnya terbatas, oleh karena itu berbagai penelitian terus dikembangkan dalam penunjang energi terbarukan yang sifatnya berkelanjutan dan ramah lingkungan. Energi terbarukan merupakan solusi penting dalam mengatasi dua masalah utama: keterbatasan sumber daya energi konvensional dan dampak negatifnya terhadap lingkungan. (Lubis, 2017)

Berbagai sumber energi terbarukan telah dikembangkan, termasuk energi surya, angin, air, biomassa, dan geotermal. Energi surya memanfaatkan radiasi matahari untuk menghasilkan listrik, sedangkan energi angin menggunakan angin untuk memutar turbin dan menghasilkan listrik. Energi air dimanfaatkan dari tenaga air, baik dari sungai, air pasang, atau air terjun, untuk menghasilkan listrik melalui turbin air. Energi biomassa menggunakan bahan organik seperti limbah pertanian atau sampah untuk menghasilkan listrik atau bahan bakar. Sedangkan energi geotermal memanfaatkan panas bumi untuk menghasilkan listrik. Keuntungan utama dari energi terbarukan adalah bahwa sumber-sumber ini dapat diperbaharui dan tidak akan habis seperti sumber-sumber energi fosil. (Parinduri & Parinduri, 2020) Selain itu, penggunaan energi terbarukan juga dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan polusi udara, serta membantu mengurangi ketergantungan pada impor energi. Meskipun begitu, tantangan dalam mengadopsi energi terbarukan masih ada, seperti biaya investasi awal yang tinggi, keterbatasan teknologi penyimpanan energi, dan tantangan regulasi. Namun, dengan terus berkembangnya teknologi dan dukungan yang semakin besar dari pemerintah dan masyarakat, energi

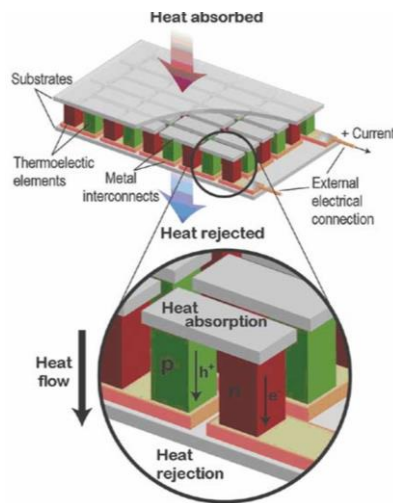
terbarukan diharapkan dapat menjadi pilihan utama dalam memenuhi kebutuhan energi masa depan yang berkelanjutan.(Azhar & Satriawan, 2018)

Teknologi termoelektrik merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang menarik perhatian banyak peneliti. Prinsip dasar dari teknologi ini adalah konversi panas menjadi listrik menggunakan perbedaan suhu antara dua titik pada sebuah material. Material termoelektrik terbuat dari semikonduktor, yang memiliki sifat khusus untuk menghasilkan listrik saat diberi perbedaan suhu. Ketika satu sisi dari material tersebut dipanaskan dan sisi lainnya didinginkan, terjadi perpindahan elektron dari sisi panas ke sisi dingin, menciptakan aliran listrik dalam sebuah rangkaian. (Snyder, 2018) (*Tapping America's Secret Power Source / Greentech Media*, n.d.), (Salerno, n.d.)

Keuntungan utama dari teknologi termoelektrik adalah kemampuannya untuk mengkonversi panas yang telah ada di sekitar kita menjadi listrik tanpa memerlukan bagian yang bergerak, seperti turbin pada energi angin atau air. Hal ini membuat teknologi ini cocok untuk aplikasi di mana perawatan dan pemeliharaan yang minimal diperlukan.(Sandru, 2016). Teknologi termoelektrik ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca atau polutan, pengaplikasiannya mudah dan tidak menimbulkan kebisingan dalam pengoperasiannya, memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan teknologi refrigerasi kompresi uap, serta tidak memerlukan kompresor pendingin yang biasanya digunakan dalam mesin-mesin pendingin konvensional. Termoelektrik selain dapat digunakan sebagai generator listrik yang mengkonversi panas menjadi listrik, serta sebagai pendingin yang mengkonversikan listrik menjadi dingin, sehingga sifatnya lebih fleksibel dan pemanfaatannya lebih banyak, tergantung dari kebutuhan teknologi yang diperlukan dalam artian termoelektrik dapat mengkonversikan energi panas menjadi listrik secara langsung, serta sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin, membuatnya sangat efektif dalam penggunaan energi yang tersedia. (Kompasiana.com, 2024), (Zhou dkk., 2021). Dari beberapa keuntungan dari generator termal elektrik, penelitian ini akan mengkaji bagaimana rancang bangun pemanfaatan generator termal elektrik dengan menggunakan peltier TEC-12706

Termoelektrik Peltier adalah suatu teknologi yang mengkonversi energi panas menjadi energi listrik secara langsung, serta sebaliknya, mengkonversikan energi listrik menjadi proses pompa kalor/refrigerasi. Dalam aplikasinya, termoelektrik Peltier digunakan sebagai pendingin pada kotak CPU, kulkas mini pada mobil, dan berbagai perangkat pendingin lainnya. Peltier sebagai komponen termoelektrik, bekerja dengan menggunakan prinsip efek Seebeck dan efek Peltier. Efek Seebeck menghasilkan perbedaan temperatur antar permukaan yang satu dengan yang lain ketika diberi tegangan, yang kemudian menghasilkan aliran arus listrik. Efek Peltier, sebaliknya, menghasilkan perbedaan temperatur dengan mengkonversi energi listrik menjadi kalor dan sebaliknya. Dengan

demikian, termoelektrik Peltier dapat digunakan sebagai generator panas dengan mengaplikasikan prinsip efek Seebeck. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Peltier TEC-12706 tidak efektif sebagai generator panas, tetapi teknologi ini masih terus dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi konversi energi (Rohman & Ilham, 2019) (Fikri dkk, 2016). Peltier TEC-12706 adalah sebuah modul termoelektrik yang digunakan sebagai pendingin pada berbagai aplikasi, seperti kotak CPU, kulkas mini pada mobil, dan perangkat pendingin lainnya. Modul ini bekerja berdasarkan prinsip efek Peltier, di mana ia mengakibatkan adanya proses penyerapan kalor dan pelepasan kalor untuk menghasilkan perbedaan temperatur antara dua ujung elemen peltier. (Zhou et al., 2021) . Skema dari termoelektrik generator ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini



**Gambar 1.** Skema Termoelektrik Generator (sumber : (Maulana et al., 2021)

Gambar 1, menunjukkan skema dari sebuah generator termoelektrik yang terdiri dari banyak pasangan elemen termoelektrik (bagian atas) dari semikonduktor termoelektrik tipe-n dan tipe-p yang dihubungkan seri dengan arus listrik dan secara termal dengan paralel untuk membuat sebuah generator termoelektrik. Aliran panas mendorong elektron bebas ( $e^-$ ) dan lubang ( $h^+$ ) menghasilkan daya listrik dari panas yang diberikan. Sebuah termoelektrik menghasilkan daya listrik dari aliran panas yang melintasi gradien suhu. Ketika panas mengalir dari panas ke dingin, pembawa muatan bebas (elektron atau lubang) dalam material didorong ke ujung dingin (Gambar 1). Tegangan yang dihasilkan ( $V$ ) adalah sebanding dengan perbedaan suhu ( $\Delta T$ ) melalui koefisien Seebeck  $\alpha$ , Dimana

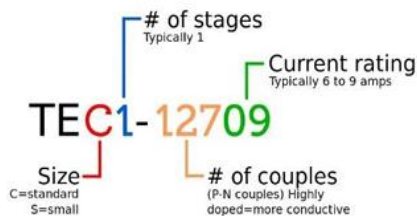
$$V = \alpha \Delta T \quad (1)$$

Dengan menghubungkan material penghantar elektron (tipe-n) dan penghantar lubang (tipe-p) secara seri, menghasilkan tegangan yang dapat diarahkan melalui beban. Material

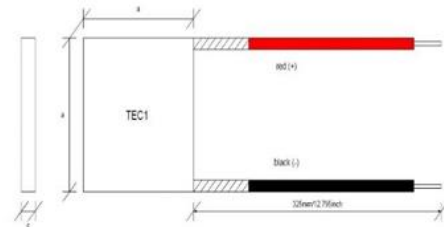
termoelektrik yang baik memiliki koefisien Seebeck antara  $100 \mu\text{V/K}$  dan  $300 \mu\text{V/K}$ ; dengan demikian, untuk mencapai beberapa volt pada beban membutuhkan beberapa pasangan termoelektrik yang dihubungkan secara seri untuk membuat perangkat termoelektrik tersebut. Sebuah generator termoelektrik mengubah kalor ( $Q$ ) menjadi daya listrik ( $P$ ) dengan efisiensi  $\eta$ . Jumlah kalor ( $Q$ ) yang dapat dialihkan melalui material termoelektrik umumnya bergantung pada seberapa besar perbedaan kalor yang dihasilkan pada sisi panas dan dingin dari kedua bagian termoelektrik, sehingga efisiensi konverter termoelektrik sangat bergantung pada perbedaan suhu, temperature panas ( $T_h$ ) dan temperatur dingin ( $T_c$ ) (Siregar, 2022)

$$\Delta T = T_h - T_c \quad (2)$$

Dalam penelitian ini, digunakan Peltier tipe TEC-12706, yang merupakan seri yang sangat populer dan umum digunakan sebagai komponen alat pendingin dalam kulkas mini dan sistem pendingin CPU. Modul Peltier TEC-12706 memiliki kemampuan yang mencukupi untuk digunakan sebagai pendingin untuk minuman kaleng dalam mobil, sistem pendingin CPU, serta lemari dengan kontrol kelembaban dan suhu. spesifikasi dari modul peltier bisa dilihat pada gambar 2. Modul peltier yang sering digunakan secara umum memiliki ukuran dimensi yang sama yaitu sekitar  $4 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$ , gambaran dari ukuran dimensi yang dimiliki modul peltier bisa dilihat pada gambar 3. (Pratama & Saraswati, 2023)



Gambar 2. Arti Tulisan pada peltier TEC-12709



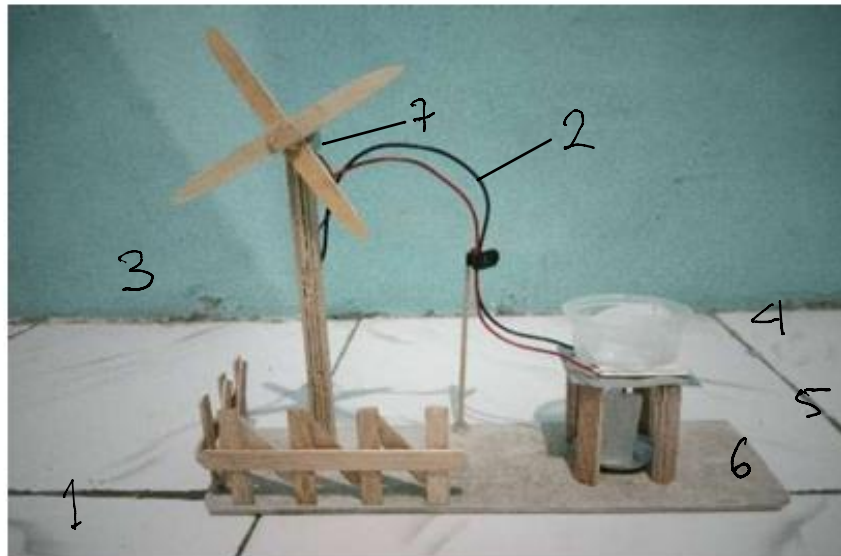
Gambar 3. Ukuran Thermo-Electric

Berbagai penelitian telah dilakukan dengan menggunakan peltier sebagai generator termal elektrik, (Kiriha dkk., 2017) (Meiarashi & Ohara, 2017) (Kristan Gandewa Murdha, 2016) Penelitian ini akan merancang Kincir angin mini dengan motor DC 5 volt sederhana dengan menggunakan modul peltier TEC-12709 sebagai sumber listrik dengan memanfaatkan perbedaan kalor yang terjadi, dalam penelitian ini akan dilihat kemampuan dari sebuah partier TEC-12709, dalam menghasilkan daya listrik yang dapat menggerakkan motor DC. Motor DC adalah alat yang mengubah energi listrik DC menjadi energi mekanik

putaran yang menyebabkan kincir angin berputar. Diharapkan dari penelitian ini, dapat menambah referensi bagi penelitian lainnya terkait termoelektrik generator dan pemanfaatannya sebagai energi alternatif terbarukan

### METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu menyiapkan alat dan bahan yang digunakan pada yang terdiri dari 1 buah partier TEC-12709 yang digunakan sebagai sumber energi listrik (mengubah energi kalor menjadi listrik), Adapun sumber panas yang digunakan yaitu lilin 1 buah dan sumber dingin yaitu wadah yang berisi es secukupnya. Alat untuk membangkitkan tenaga listrik dan menggerakkan kincir yaitu menggunakan dinamo DC 3 – 5 volt. Untuk membuat prototipe kincir angin digunakan stik es krim sebanyak 10 buah, Kabel Penghubung secukupnya. Setelah menyiapkan alat dan bahan kemudian merangkai alat seperti gambar dibawah ini :



**Gambar 4.** Rangkaian Alat

Keterangan :

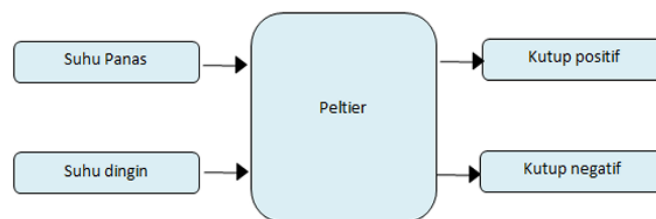
- |  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. Alas  | 5. Partier TEC-12706    |
| 2. Kabel penghubung                            | 6. Sumber panas (lilin) |
| 3. Kincir angin yang terbuat dari stik es krim | 7. Motor DC 3 – 5 volt  |
| 4. Wadah yang berisi es                        |                         |

Gambar 4, merupakan rangkaian alat yang digunakan pada penelitian, partier dihubungkan secara seri dengan motor-DC melalui kabel penghubung, energi listrik partier berasal dari perbedaan kalor antara panas dari lilin yang dibakar dengan wadah yang berisi es. Pada penelitian ini, nilai temperatur diukur dengan menggunakan thermometer digital, nilai pada termometer digital ini, diamati selama proses pengamatan data untuk mengontrol suhu dan wadah yang berisi es. Untuk menghasilkan energi listrik selama 60 menit wadah yang berisi es dikontrol agar tetap dingin, begitupun lilin yang digunakan diusahakan agar tetap menyala. Setelah terjadi perbedaan kalor, partier tersebut akan mengubah energi kalor menjadi listrik yang menyebabkan dinamo berputar sehingga menggerakkan kincir angin, kemudian mencatat perubahan kalor, tegangan dan arus yang dihasilkan dalam selang waktu 15 menit selama 1 jam (60 menit)

Pembangkit ini menggunakan Peltier TEC1-12706 dengan dimensi 40mm x 40mm x 4mm. Komponen ini memiliki tegangan 12V DC dan arus listrik 6A. Digunakan sebagai generator termoelektrik yang dipasang secara paralel sebanyak 10 unit dengan tujuan memperoleh daya yang cukup untuk menghidupkan peralatan listrik seperti lampu penerangan 12 volt. Cara kerja perangkat ini adalah dengan menempelkan langsung pada perangkat yang membuang panas (konduksi) atau didekatkan pada perangkat yang membuang panas (radiasi). Plat yang menyerap panas akan memanfaatkannya untuk menggerakkan generator termoelektrik..

Perangkat ini menggabungkan dua input, yakni suhu dingin dan panas dari heatsink, yang akan dialirkan ke komponen Peltier. Output dari perangkat ini adalah dua kabel yang berfungsi sebagai output arus positif dan negatif dari 10 rangkaian elemen Peltier. (Kristan Gandewa Murdha, 2016)

Diagram blok dari rancangan perangkat pembangkit tenaga listrik termoelektrik ini tersedia dalam Gambar 5



**Gambar 5.** Diagram Blok Pembangkit Tenaga Listrik Termoelektrik

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### HASIL



Berikut adalah data yang diperoleh yang ditunjukkan pada tabel 1

**Tabel 1.** Tabel pengamatan Data Thermoelektrik Generator

t (s)	V (V)	I (A)	P (W)	Th (°C)	Tc (°C)	$\Delta T$ (°C)
15	28	0,14	3,92	45	14	31
30	29	0,17	4,93	50	10	40
45	30	0,19	5,7	57	8	49
60	32	0,20	6,4	64	5	59

Hasil alat yang telah dirangkai, mampu menyalakan kincir angin, dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini



**Gambar 6.** Proses kerja alat

## PEMBAHASAN

Termoelektrik adalah proses konversi langsung dari perbedaan suhu menjadi tegangan listrik atau sebaliknya. Sebuah perangkat termoelektrik menghasilkan tegangan ketika terdapat perbedaan suhu di setiap sisi. Sebaliknya, jika perangkat termoelektrik diberi tegangan listrik, akan menghasilkan perbedaan suhu.

Pada data tabel 1 yaitu tabel pengamatan data termoelektrik generator menggunakan plat tembaga pada sisi panas termoelektrik serta pada lilin panas sisi dingin termoelektrik dengan air es atau es batu dan rangkaian seri pada termoelektrik. Pada waktu 15 detik dengan nilai perbedaan suhu sebesar  $31^{\circ}\text{C}$  diperoleh nilai tegangan sebesar 28V, dan nilai arus sebesar 0,14A sehingga diperoleh nilai daya sebesar 3,92 Watt. Kemudian Pada waktu

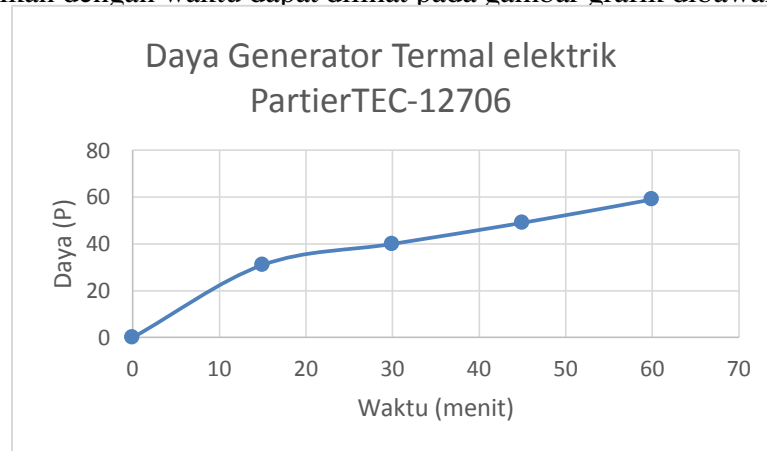


30 detik dengan nilai perbedaan suhu sebesar  $40^{\circ}\text{C}$  diperoleh nilai tegangan sebesar 29 V, dan nilai arus sebesar 0,17A sehingga diperoleh nilai daya sebesar 4,93 Watt. Selanjutnya Pada waktu 45 detik dengan nilai perbedaan suhu sebesar  $49^{\circ}\text{C}$  diperoleh nilai tegangan sebesar 30V, dan nilai arus sebesar 0,19 A sehingga diperoleh nilai daya sebesar 5,7 Watt. Pada waktu 60 detik dengan nilai perbedaan suhu sebesar  $59^{\circ}\text{C}$  diperoleh nilai tegangan sebesar 32 V, dan nilai arus sebesar 0,2 A sehingga diperoleh nilai daya sebesar 6,4 Watt.

Berdasarkan percobaan dan data yang diperoleh dari tabel 1 dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu yang digunakan menyebabkan semakin turunnya suhu dari es batu yang digunakan tersebut sehingga akan berpengaruh pada tegangan dan arus yang dihasilkan, dimana suhu akan berbanding lurus dengan tegangan dan arus, semakin tinggi suhunya maka arus dan tegangan yang diperoleh semakin besar begitupun sebaliknya dimana semakin rendah suhunya maka tegangan dan arus yang dihasilkan juga kecil dan akan berpengaruh terhadap putaran motor DC yang dihubungkan pada kipas angin mini. Termoelektrik generator pada penelitian dengan menggunakan sebuah partier TEC-12076, mampu membangkitkan energi listrik dengan daya sekitar 3 – 6 watt, daya dihasilkan dengan menggunakan persamaan

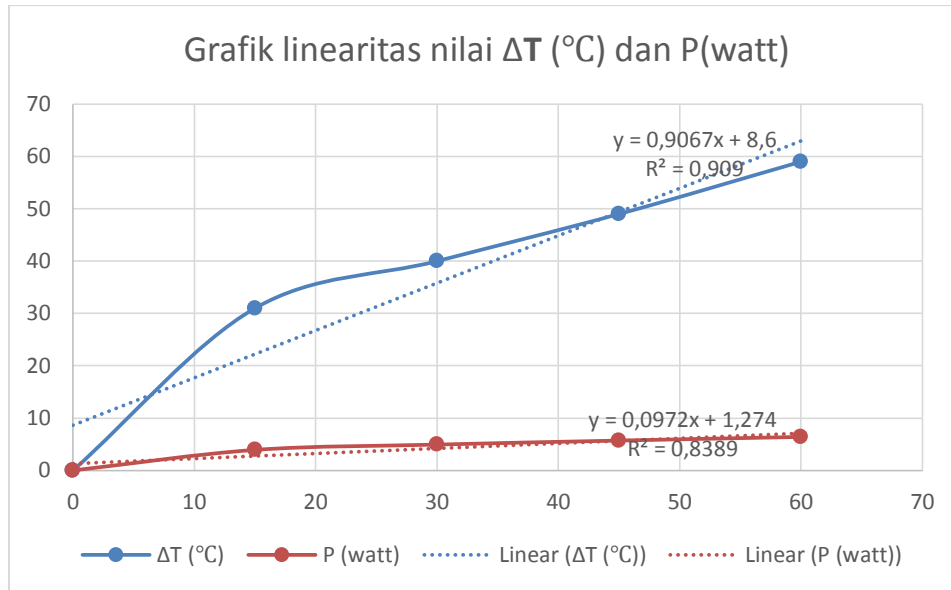
$$P = I \times V$$

Berdasarkan data yang diperoleh semakin lama waktunya daya listrik yang dihasilkan terjadi peningkatan, hal ini disebabkan oleh semakin meningkatnya perbedaan kalor yang terjadi, seperti pada persamaan (2). Nilai tegangan berbanding lurus dengan besarnya perubahan temperatur ( $\Delta T$ ) seperti pada persamaan (1). Untuk melihat hubungan antara daya yang dihasilkan dengan waktu dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini



**Gambar 7.** Grafik Daya yang dihasilkan dari Generator Termal elektrik Partier TEC-12706

Berdasarkan gambar 7 dapat dilihat terjadi kenaikan dari daya yang dihasilkan yaitu 3 – 6 watt, berdasarkan daya yang dihasilkan dari sebuah Partier TEC – 12706 mampu digunakan untuk menyalakan komponen sederhana berkisar 3 – 6 volt, dengan mempertahankan besarnya perubahan kalor yang terjadi. Adapun nilai perubahan kalor hubungannya dengan daya yang yang dihasilkan dapat dilihat dari gambar 6 dibawah ini :



**Gambar 8.** Grafik linearitas nilai  $\Delta T$  (°C) dan P(watt)

Berdasarkan gambar 8, dapat dilihat nilai dari linearitas hubungan antara perubahan temperatur dan daya yang dihasilkan, Grafik linearitas digunakan untuk menunjukkan hubungan antara dua variabel yang dimodelkan oleh garis lurus atau fungsi linier. Melalui grafik ini dapat diketahui bahwa nilai linearitas dari data daya yang dihasilkan (P) adalah 0,909 dan nilai linearitas dari perubahan kalor yang diperoleh  $\Delta T = 0,8389$ . Jika nilai kalor meningkat maka daya yang dihasilkan juga akan meningkat. Generator termal elektrik dengan menggunakan Partier TEC-12706 dapat menghasilkan daya 3,92 – 6,4 watt dengan perubahan kalor sebesar 31 – 59 °C.

## SIMPULAN

Melalui penelitian mengenai Rancang Bangun Prototipe Generator Termal Elektrik dengan Pemanfaatan Partier Tec-12706, dapat diperoleh bahwa Generator Termal Elektrik Partier Tec-12706, mampu menghasilkan daya listrik sebesar 3,92 – 6,4 watt, semakin besar

perubahan nilai kalor yang terjadi, daya yang dihasilkan juga semakin besar. Alat ini mampu memutar dinamo 3 – 6 volt yang menyebabkan prototipe kincir angin dapat berputar

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis ucapkan kepada mahasiswa program mata kuliah konversi energi tahun ajaran 2023 – 2024 yang turut membantu terlaksananya penelitian ini

### DAFTAR PUSTAKA

Azhar, M., & Satriawan, D. A. (2018). Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional. *Administrative Law and Governance Journal*, 1(4), 398–412. <https://doi.org/10.14710/alj.v1i4.398-412>

Fikri, H. A. A. (n.d.). *PROGRAM STUDI ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA 2016*.

Kirihara, K., Wei, Q., Mukaida, M., & Ishida, T. (2017). Thermoelectric power generation using nonwoven fabric module impregnated with conducting polymer PEDOT:PSS. *Synthetic Metals*, 225, 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2017.01.001>

Kompasiana.com. (2024, April 15). *Termoelektrik: Memanfaatkan Panas untuk Energi Berkelanjutan*. KOMPASIANA. <https://www.kompasiana.com/yehezkielandhika7996/661ca377de948f19663730a2/termoel-ektrik-memanfaatkan-panas-untuk-energi-berkelanjutan>

KRISTAN GANDEWA MURDHA. (2016). *Pembuatan Prototipe Pembangkit Energi Listrik Menggunakan Termoelektrik* [Doctoral, Universitas Negeri Jakarta]. <http://repository.unj.ac.id/30031/>

Lubis, A. (2007). Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 8(2), Article 2. <https://doi.org/10.29122/jtl.v8i2.420>

Maulana, T., Rizal, T. A., & Nazaruddin. (2021). Rancang Bangun dan Evaluasi Kinerja Kotak Pendingin Berbasis Termoelektrik. *JURUTERA - Jurnal Umum Teknik Terapan*, 8(01), Article 01. <https://doi.org/10.55377/jurutera.v8i01.4473>

Meiarashi, S., & Ohara, T. (1997). *Road electric generation system with use of solar power (CONF-970456-)*. Article CONF-970456-. <https://www.osti.gov/biblio/514825>

Parinduri, L., & Parinduri, T. (2020). Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 5(2), Article 2.

Pratama, F. R., & Saraswati, V. (2023). Design of Thermoelectric Peltier Effect Demonstrator using Modul TEC-12706 and TEG-SP1848. *Physics Education Research Journal*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.21580/perj.2023.5.1.12552>

Rhohman, F., & Ilham, M. M. (2019). Analisa dan evaluasi rancang bangun insinerator sederhana dalam mengelola sampah rumah tangga. *Jurnal Mesin Nusantara*, 2(1). <https://doi.org/10.29407/jmn.v2i1.13442>

Salerno, D. (n.d.). *Ultralow Voltage Energy Harvester Uses Thermoelectric Generator for Battery-Free Wireless Sensors*.

Sandru, O. (2012, June 22). Thermoelectric Generator: How to Build One. *The Green Optimistic*. <https://www.greenoptimistic.com/thermoelectric-generator/>

Siregar, A. R. (2022). Analisis Pengaruh Karakteristik Termoelektrik Generator Seabagi Peubah Energi Panas. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Komputer*, 2(02), Article 02. <https://doi.org/10.47709/jpsk.v2i02.1530>

Snyder, G. J. (2008). Small Thermoelectric Generators. *The Electrochemical Society Interface*.

*Tapping America's Secret Power Source | Greentech Media*. (n.d.). Retrieved May 16, 2024, from <https://web.archive.org/web/20210316214144/http://www.greentechmedia.com/articles/read/tapping-americas-secret-power-source-5259/>

Zhou, Q., Zhu, K., Li, J., Li, Q., Deng, B., Zhang, P., Wang, Q., Guo, C., Wang, W., & Liu, W. (2021). Leaf- Inspired Flexible Thermoelectric Generators with High Temperature Difference Utilization Ratio and Output Power in Ambient Air. *Advanced Science*, 8(12), 2004947. <https://doi.org/10.1002/advs.202004947>