

# IMPLEMENTASI GENERATOR TERMoeLEKTRIK MINIATUR UNTUK MENGISI DAYA HANDPHONE MEMANFAATKAN ENERGI PANAS

Angel Veronika Silaban<sup>1</sup>, Ledy Sergina Br Tarigan<sup>2</sup>, Arridina Susan Silitonga<sup>3</sup>

Teknik Konversi Energi<sup>1,2</sup>, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan,

Teknologi Rekayasa Energi Terbarukan<sup>3</sup>, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan,  
angelveronikasilaban@students.polmed.ac.id<sup>1</sup>, ledyserginabr@students.polmed.ac.id<sup>2</sup>,  
arridina@polmed.ac.id<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Pemanfaatan energi panas yang terbuang menjadi topik yang menarik dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi dampak lingkungan. Penelitian ini berfokus pada implementasi generator termoelektrik untuk pengisian daya handphone dengan memanfaatkan sumber panas. Generator termoelektrik memanfaatkan efek *seebeck*, di mana bahan termoelektrik seperti bismuth telluride menghasilkan tegangan listrik ketika terdapat gradien temperatur antara sisi panas dan sisi dingin. Dalam penelitian ini, generator termoelektrik dirancang dengan menyusun bahan termoelektrik secara seri atau paralel antara pelat panas dan pelat dingin. Pelat panas ditempatkan dekat dengan sumber panas, seperti prosesor handphone atau baterai, sementara pelat dingin dilengkapi dengan sistem pendingin untuk mempertahankan sisi dingin. Arus listrik yang dihasilkan oleh generator termoelektrik dikumpulkan dan diatur oleh rangkaian listrik, kemudian digunakan untuk mengisi baterai handphone secara bertahap. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dan efisiensi generator termoelektrik dalam mengonversi energi panas menjadi energi listrik untuk pengisian daya handphone. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis tantangan dan peluang penerapan teknologi ini dalam skala yang lebih luas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam upaya memanfaatkan sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan untuk aplikasi sehari-hari.

**Kata Kunci** : Generator Termoelektrik, Energi Panas, Pengisian Daya

## PENDAHULUAN

Energi adalah suatu objek yang dapat bergerak karena reaksi fundamental, tetapi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan. Berkurangnya sumber energi menyebabkan ketidakseimbangan antara kebutuhan dan jumlah energi yang tersedia. Akibatnya, ketersediaan energi di Indonesia semakin berkurang. Dengan kemajuan teknologi saat ini, banyak energi alternatif dan energi baru terbarukan dicanangkan untuk mengurangi dampak pemanasan global. Namun, sumber energi baru terbarukan yang tersedia di Indonesia masih belum sepenuhnya dimanfaatkan.

Energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan disebut sebagai energi terbarukan. Penelitian ini berpusat pada penggunaan sumber panas untuk menghasilkan energi listrik. Sebagai sumber energi alternatif, generator termoelektrik (TEG) dapat menghasilkan energi secara langsung dari perubahan temperatur. Namun, pengembangan teknologi termoelektrik sebagai energi alternatif perlu diperhatikan baik dari pemerintah, industri, perguruan tinggi, dan masyarakat. Bahan termoelektrik, juga dikenal sebagai elemen peltier, memiliki kemampuan untuk mengubah energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik) atau sebagai penyerap panas (pendingin termoelektrik).

Implementasi Termoelektrik Generator ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik termoelektrik tipe TEG pada keterbalikan fungsi. Setiap sisi elemen termoelektrik tipe TEG dipanaskan dan didinginkan, dan nilai tegangan dan arus listrik dihitung dengan membebani elemen dengan resistor. Selain itu, elemen termoelektrik tipe TEG dikarakterisasi untuk mengetahui daya yang dapat diberikan pada beban. Rancangan penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menerapkan generator termoelektrik (TEG) miniatur yang dapat memanfaatkan energi panas untuk pengisian daya handphone. Penelitian ini dimulai dengan pemilihan bahan termoelektrik yang optimal, seperti

Bismuth Telluride, yang dikenal memiliki efisiensi konversi energi yang baik. Desain prototipe akan mencakup elemen termoelektrik, heatsink, dan struktur yang kompak untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi secara efektif dalam kondisi miniatur. Prototipe ini kemudian akan diuji dengan berbagai sumber panas untuk mengukur daya keluaran dan efisiensi konversi, memastikan bahwa generator mampu memenuhi kebutuhan daya handphone. Selama tahap evaluasi, hasil pengujian akan dianalisis untuk menentukan performa sistem dan melakukan optimasi jika diperlukan. Penelitian ini bertujuan tidak hanya untuk menghasilkan solusi yang praktis untuk pengisian daya handphone menggunakan energi panas tetapi juga untuk mengeksplorasi potensi aplikasi lain dari teknologi termoelektrik dalam konteks pemanfaatan energi terbuang.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Uraian Teori

Fokus saat ini adalah pasokan energi yang sehat dan tidak menimbulkan polusi. Produksi energi dunia sebagian besar dipengaruhi oleh bahan bakar fosil, yang menyebabkan polusi dan emisi gas rumah kaca. Selain itu, sumber energi ini akan habis dalam beberapa dekade mendatang. Saat ini, satu-satunya persaingan adalah tenaga nuklir. Namun, risiko fatal yang terkait dengan pengoperasian tenaga nuklir, seperti yang terjadi pada pembangkit listrik *Fukushima Daiichi* (Jepang) pada Maret 2011, telah membatasi ekspansi atau pengembangan apa pun dalam industri nuklir. Untuk mengurangi konsumsi energi dunia untuk generasi mendatang, pengembangan teknologi dan penggunaan sumber energi terbarukan yang terdiversifikasi seperti tenaga surya, angin, dan air harus dilakukan. Termoelektrik saat ini muncul sebagai sumber energi alternatif yang populer dan menjanjikan untuk masa depan.

Berdasarkan efek *Peltier* dan *Seebeck*, bahan termoelektrik dapat mengubah aliran panas menjadi energi listrik. Penggunaannya menjadi lebih menarik karena menawarkan keuntungan dari daur ulang energi limbah. Ini berarti mengubah panas yang dihasilkan oleh transportasi jalan raya atau industri menjadi listrik, yang meningkatkan efisiensi sistem, menurunkan biaya operasional, dan mengurangi pencemaran lingkungan. Temperatur panas yang terlibat, sebagai contoh, dapat mencapai 500 °C dalam gas buang mesin kendaraan, sistem pembakaran biomassa, dan pembakaran media berpori yang distabilkan matriks. Di sisi lain, temperatur pengoperasian siklus daya turbin mikro dapat mencapai 600 °C dan bahkan 900 °C dalam kasus penerima energi surya. Karena mereka tidak membutuhkan energi mekanik untuk beroperasi, perangkat termoelektrik sangat andal, senyap, dan tidak menghasilkan getaran. Akibatnya, telah dilakukan upaya besar untuk mengembangkan teknologi sistem termoelektrik dengan menggunakan material baru. Program penelitian yang paling signifikan dilakukan di bidang ini pada tahun 1960an, yang menggunakan bahan semikonduktor (Zou et al., 2020).

Sejak penemuan termoelektrik (TE) oleh *Seebeck* pada tahun 1821, para peneliti telah berusaha untuk memahami dan mengontrol fenomena ini (Salsabiila et al., 2019). Prinsip kerja efek peltier, yang ditemukan oleh Jean Peltier pada tahun 1834, adalah kebalikan dari efek seebeck; itu terjadi ketika arus listrik mengalir melalui rangkaian tertutup dan energi panas diserap pada salah satu sambungan konduktor dan dilepaskan pada sambungan konduktor lainnya. Dengan kata lain, efek peltier mengubah energi listrik menjadi perubahan temperatur (Purwiyanti et al., 2017). Lord Calvin pada tahun 1851 merumuskan hukum yang menghubungkan kedua fenomena ini. Pada abad berikutnya, pada tahun 1909, Edmund Altenkirch dengan tepat menghitung, untuk pertama kalinya, efisiensi energi generator termoelektrik yang sekarang dikenal sebagai figure of merit (ZT), dan dua tahun kemudian efisiensi energi termoelektrik dalam mode pendinginan. Altenkirch menemukan alat pemanas dan pendingin termoelektrik pada tahun 1912. Banyak ilmuwan dan perusahaan kemudian membuat prototipe lain. Karena kurangnya bahan yang tepat, upaya untuk membuat lemari es praktis gagal. Untuk menggantikan sistem energi konvensional, ZT lebih besar dari 3 untuk pendinginan dan ZT lebih besar dari 2 untuk pembangkit listrik (Cekdin et al., 2023).

*Abram Ioffe* menemukan sifat termoelektrik semikonduktor pada tahun 1950, membuka proyeksi termoelektrik baru dengan angka kelayakan ZT mendekati 1 (Ravindra et al., 2018). Jumlah ini masih

rendah, tetapi cukup bagi beberapa industrialis dan penemu untuk membuat aplikasi baru yang dapat dikomersialkan. Lemari es termoelektrik yang dirancang oleh *Becket et al* pada tahun 1956 memiliki manfaat. Gagasan generator termoelektrik muncul pada dekade yang sama, seperti lampu termoelektrik *Ioffé* pada tahun 1957, yang menggunakan panas lampu untuk menghidupkan radio. Pada tahun 1993, *Hicks* dan *Mildred Dresselhaus* menemukan bahwa struktur *superlattice* (materi berdimensi kecil) sumur kuantum dapat mempengaruhi termoelektrik dengan mengurangi konduktivitas termal fonon. Hasilnya,  $ZT$  meningkat dengan faktor 13. Hasilnya, era baru dalam termoelektrik dimulai, dengan peningkatan eksponensial dalam jumlah proyek penelitian termoelektrik yang dilakukan (*Samanta et al.*, 2023).

### Efek Pada Generator Termoelektrik

Dalam proses pembangkitan listrik, generator termoelektrik melibatkan dua efek yang berbeda, yaitu:

#### 1. Efek *Seebeck*

Efek *seebeck* merupakan fenomena timbulnya tegangan listrik yang terjadi akibat adanya perbedaan temperatur pada dua sisi bahan semi konduktor. Secara matematis koefisien seebeck dapat dihitung dengan persamaan 1 berikut.

$$\alpha = \frac{V}{\Delta T} \quad (1)$$

Dengan:

$\alpha$  = koefisien *seebeck* (V/°C)

V = beda potensial (V)

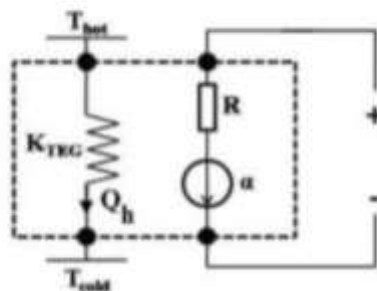
$\Delta T$  = beda temperatur (°C)

#### 2. Efek *Peltier*

Ketika arus listrik dialirkan, terjadi penyerapan panas pada sambungan kedua logam tersebut dan pelepasan panas pada sambungan yang lainnya. Pelepasan dan penyerapan panas ini saling berbalik begitu arah arus dibalik. Penemuan ini kemudiandikenal dengan efek *Peltier*. Pada termoelektrik generator, efek *peltier* ini digunakan sebagai pendingin internal dalam modul TEG itu sendiri.

### Prinsip Kerja Generator Termoelektrik

Prinsip kerja generator termoelektrik adalah bahwa ketika salah satu sisi dipanaskan dan panas dilepaskan ke sisi lain, akan terjadi tegangan. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa ketika salah satu sisi generator termoelektrik menerima panas, elektron-elektron pada sisi yang kehilangan panas berpindah ke sisi yang memiliki lebih banyak elektron. Akibatnya, sisi yang kehilangan elektron menjadi kutub positif dan sisi yang memiliki lebih banyak elektron menjadi kutub negatif. Elemen termoelektrik terdiri dari semikonduktor tipe N dan tipe P yang dilapisi di bagian atas dan bawah dengan konduktor tembaga sebagai penghubung antara tipe N dan tipe P. Karena perbedaan temperatur panas antara sisi dingin dan panas thermoelectric generator, arus mengalir pada elemen ini, menyebabkan perbedaan tegangan. Bahan Bismuth Tellurid (BiTe) biasanya digunakan dalam generator termoelektrik.



Gambar 1. Rangkaian Ekuivalen Termoelektrik

Seperti yang terlihat pada gambar 1, sebuah termoelektrik diwakili oleh rangkaian generator termoelektrik (TEG) diletakkan diantara 2 reservoir temperatur yaitu sisi panas ( $T_h$ ) dan sisi dingin

( $T_c$ ). Perbedaan kedua temperatur ini ( $\Delta T$ ) akan berpengaruh terhadap besaran energi panas ( $Q_h$ ) yang diserap serta besaran tegangan dan arus yang akan dihasilkan. Sebuah TEG mempunyai hambatan listrik isothermal ( $R$ ), konduktansi termal ( $k$ ) dan koefisien Seebeck ( $\alpha$ ). Perangkat termoelektrik dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik arus searah (DC) ketika terjadi perbedaan temperatur. Nilai efisiensi modul termoelektrik dapat ditingkatkan dengan meningkatkan beda temperatur antara sisi panas dan dingin TEG. Untuk meningkatkan perbedaan temperatur, sisi dingin TEG dapat dipanaskan. Ini dapat dicapai dengan menggunakan heatsink, fan water jacket, atau hanya dengan meningkatkan temperatur lingkungan di atas sisi dingin TEG untuk membuang panas pada sisi dingin TEG, meningkatkan perbedaan temperatur antara sisi dingin dan panas TEG. 1.4 Sistem Pendingin: Sistem pendingin memindahkan panas suatu benda ke udara untuk menjaga temperaturnya tetap ideal. Ketika temperatur benda berbeda satu sama lain, panas berpindah dari temperatur tinggi ke temperatur rendah, yang dikenal sebagai perpindahan panas. Dalam penggunaan generator termoelektrik, sistem pendingin digunakan untuk menjaga salah satu sisi modul TEG dalam kondisi ideal. Ini memungkinkan perbedaan temperatur yang dihasilkan meningkat. Peningkatan beda temperatur ini akan berpengaruh terhadap peningkatan output daya generator termoelektrik (Widipratama *et al.*, 2023).

### Daya Listrik

Laju hantaran energi dalam sirkuit listrik disebut daya listrik. Watt, yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir persatuan waktu (Joule/detik), digunakan sebagai unit daya listrik Standar Internasional (SI). Besarnya daya listrik yang digunakan dapat diketahui dengan mengukur arus dan tegangan saat elemen termoelektrik bekerja pada persamaan 2 tentang listrik (Salim & Indarto, 2018).

$$P = V \cdot I \quad (2)$$

Dimana,

P : daya listrik (Watt)

V : tegangan (Volt)

I : arus (Ampere)

### Perpindahan Kalor

Studi tentang perpindahan energi yang disebabkan oleh perbedaan temperatur antara benda atau material dikenal sebagai perpindahan kalor atau alih bahang (*heat transfer*) (Irawati *et al.*, 2019). Modus perpindahan kalor terdiri dari tiga jenis, yaitu:

#### 1. Perpindahan Kalor Konduksi

Perpindahan kalor konduksi adalah proses di mana panas mengalir dari area yang lebih panas ke area yang lebih dingin di dalam satu medium (padat, gas, atau cair) atau antara dua medium yang berbeda yang bersinggungan langsung satu sama lain. Tanpa perpindahan molekul yang signifikan, hubungan molekul secara langsung menyebabkan perpindahan energi dalam aliran panas konduksi. Energi dalam adalah energi yang dimiliki oleh suatu zat elemen zat sebagai akibat dari kecepatan dan posisi relatif molekul-molekulnya. Dalam teori kinetik, temperatur suatu zat sebanding dengan energi kinetik rata-rata molekul-molekul yang membentuk elemen tersebut. Oleh karena itu, temperatur dan energi dalam elemen zat meningkat seiring dengan kecepatan molekul-molekul bergerak. Jika molekul-molekul di satu daerah memiliki energi kinetik rata-rata yang lebih tinggi daripada molekul-molekul di daerah lain, yang diejawantahkan (ditunjukkan) oleh perbedaan temperatur, molekul-molekul yang memiliki energi yang lebih tinggi akan memindahkan sebagian energinya ke molekul-molekul di daerah yang bertemperatur lebih rendah. Perpindahan energi ini dapat terjadi melalui tumbukan elastik (misalnya dalam fluida) atau pembauran elektron-elektron yang bergerak lebih cepat dari temperatur tinggi ke temperatur rendah (misalnya dalam logam). Apapun mekanismenya yang pasti, yang masih belum diketahui sepenuhnya oleh orang-orang, hasil dari konduksi panas yang dapat diamati adalah penyamaan temperatur. Namun, jika perbedaan temperatur dipertahankan dengan penambahan dan pembuangan panas di berbagai tempat, maka akan ada aliran panas yang terus menerus dari tempat yang lebih panas ke tempat yang lebih dingin. Satu-satunya cara panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya adalah kondensasi (Rompas, 2012).

## 2. Perpindahan Kalor Konveksi

Perpindahan kalor yang dilakukan oleh molekul-molekul fluida saat bergerak bolak-balik disebut perpindahan kalor secara aliran atau konveksi. Ini terjadi ketika massa udara yang lebih berat jatuh dan massa udara yang lebih ringan terdorong ke atas. adanya kombinasi konduksi dan transportasi massa memungkinkan perpindahan panas antara batas benda padat dan fluida melalui proses konveksi. Jika temperatur batas benda padat lebih tinggi daripada temperatur fluida, panas akan mengalir dari benda padat ke partikel fluida yang dekat dengan dinding. Energi internal fluida ditingkatkan oleh gerakan fluida melalui konduksi ini. Panas kembali dari fluida yang lebih panas ke fluida yang lebih dingin ketika partikel-partikel fluida yang terpanas itu mencapai temperatur yang lebih rendah (Handayani *et al.*, 2023).

## 3. Perpindahan Kalor Radiasi

Semua benda secara terus-menerus memancarkan panas radiasi, yang terjadi ketika panas dari benda yang bertemperatur tinggi mengalir ke benda yang bertemperatur rendah, bahkan ketika ada ruang hampa di antara keduanya. Ini dikenal sebagai radiasi. Temperatur dan karakteristik permukaan memengaruhi intensitas pancaran.

Energi radiasi bergerak dengan kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s) dan gejala-gejalanya menyerupai radiasi cahaya. Memang menurut teori elektromagnetik, radiasi cahaya dan radiasi thermal hanya berbeda dalam panjang gelombang masing-masing.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yang berarti pengamatan langsung digunakan untuk mendapatkan data empiris yang akurat dan kausal. Dalam penelitian ini, karakteristik termoelektrik untuk perbandingan fluida dan elemen panas diuji melalui eksperimen langsung. Pengukuran dilakukan untuk mengumpulkan informasi tentang tegangan dan arus yang dihasilkan oleh perbedaan temperatur. Data digital diproses dan dihitung untuk menghasilkan nilai daya, efisiensi, dan koefisien termoelektrik Seebeck. Selanjutnya, untuk mempermudah pemahaman, perbandingan, dan analisis data, persamaan garis dan grafik dibuat. Setelah itu, data yang dikumpulkan dianalisis dan dikaji ulang untuk memastikan bahwa data itu valid dan akurat. Akhir sekali, ini adalah kesimpulan dari semua tindakan yang berdampak pada hasil data. Berikut pada gambar 3 diagram alir proses dari penelitian yang akan di laksanakan.



Gambar 2. Diagram Alir

### Subjek Penelitian

Subjek penelitian mengenai "Implementasi Generator Termoelektrik Miniatur untuk Pengisian Smartphone dengan Memanfaatkan Energi Panas" dapat mencakup beberapa aspek penting:

1. Konsep Dasar Termoelektrik: Penjelasan mengenai prinsip kerja generator termoelektrik, yaitu konversi energi panas menjadi energi listrik melalui efek Seebeck.
2. Desain dan Pengembangan Generator Miniatur: Fokus pada desain generator termoelektrik miniatur yang efisien, termasuk pemilihan bahan termoelektrik yang tepat dan teknik fabrikasi untuk membuat unit yang kompak.
3. Sumber Energi Panas: Identifikasi sumber energi panas yang dapat digunakan, seperti panas dari perangkat elektronik, tubuh manusia, atau sumber panas lingkungan.
4. Kinerja dan Efisiensi: Analisis efisiensi konversi energi panas menjadi listrik, daya output yang dihasilkan oleh generator miniatur, serta kestabilan dan keandalan perangkat.
5. Pengujian dan Evaluasi: Metodologi untuk menguji dan mengevaluasi kinerja generator termoelektrik dalam mengisi daya smartphone, termasuk durasi pengisian, daya yang tersedia, dan kondisi operasional.
6. Tantangan dan Solusi: Identifikasi tantangan yang mungkin dihadapi dalam implementasi teknologi ini, seperti ukuran, biaya, dan integrasi dengan perangkat smartphone, serta solusi potensial untuk mengatasi masalah tersebut.
7. Potensi Aplikasi dan Manfaat: Diskusi tentang potensi aplikasi lebih luas dari teknologi ini, seperti penggunaan dalam situasi darurat, pengisian daya di lokasi terpencil, atau sebagai alternatif energi terbarukan.

### Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menerapkan generator termoelektrik (TEG) miniatur yang dapat memanfaatkan energi panas untuk pengisian daya handphone. Penelitian ini dimulai dengan pemilihan bahan termoelektrik yang optimal, seperti Bismuth Telluride, yang dikenal memiliki efisiensi konversi energi yang baik. Desain prototipe akan mencakup elemen termoelektrik, heatsink, dan struktur yang kompak untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi secara efektif dalam kondisi miniatur. Prototipe ini kemudian akan diuji dengan berbagai sumber panas untuk mengukur daya keluaran dan efisiensi konversi, memastikan bahwa generator mampu

memenuhi kebutuhan daya handphone. Selama tahap evaluasi, hasil pengujian akan dianalisis untuk menentukan performa sistem dan melakukan optimasi jika diperlukan. Penelitian ini bertujuan tidak hanya untuk menghasilkan solusi yang praktis untuk pengisian daya handphone menggunakan energi panas tetapi juga untuk mengeksplorasi potensi aplikasi lain dari teknologi termoelektrik dalam konteks pemanfaatan energi terbuang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian perbedaan temperatur generator termoelektrik.

**Tabel 1.** Hasil Perbedaan temperatur generator termoelektrik

Waktu (detik)	Th (°C)	Tc (°C)	$\Delta T$ (°C)
10	33,2	33,2	0
20	35,4	34,1	1,3
30	37,2	34,3	2,9
40	38,2	34,5	3,7
50	38,8	34,8	4,0
60	39,7	35,4	4,3

Pada Tabel 1 merupakan pengambilan data generator termoelektrik dengan perbedaan temperatur 1,3 °C – 4,3 °C pada 60 detik.

Pengujian tegangan dan arus yang dihasilkan generator termoelektrik miniatur.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Tegangan dan Arus yang dihasilkan generator termoelektrik

Waktu (detik)	Th (°C)	Tc (°C)	$\Delta T$ (°C)	Arus (A)	Tegangan (V)
10	39,3	33,2	6,1	0,61	6,2
30	42,6	34,6	8,0	0,61	7,4
60	45,9	37,8	9,1	0,64	7,4
90	51,3	39,7	11,6	0,68	7,5
120	56,7	39,9	16,8	0,75	8,3
150	58,9	40,5	18,4	0,78	8,6

Pada Tabel 2 Arus yang dihasilkan meningkat dengan bertambahnya panas begitu juga pada tegangan. Pengujian daya dengan beda temperatur.

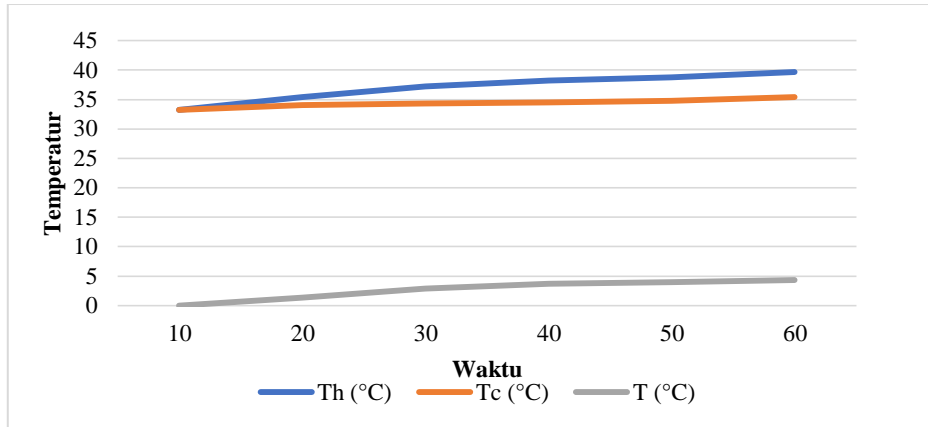
**Tabel 3.** Pengujian daya dengan beda temperatur

Waktu (detik)	Th (°C)	Tc (°C)	$\Delta T$ (°C)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)
10	39,3	33,2	6,1	0,61	6,2	3,782
30	42,6	34,6	8,0	0,61	7,4	4,514
60	45,9	37,8	9,1	0,64	7,4	4,736
90	51,3	39,7	11,6	0,68	7,5	5,1
120	56,7	39,9	16,8	0,75	8,3	6,225
150	58,9	40,5	18,4	0,78	8,6	6,708

Pada Tabel 3 diperoleh daya dari hasil kali tegangan dengan arus pada 10 detik hingga 150 detik.

### Pembahasan

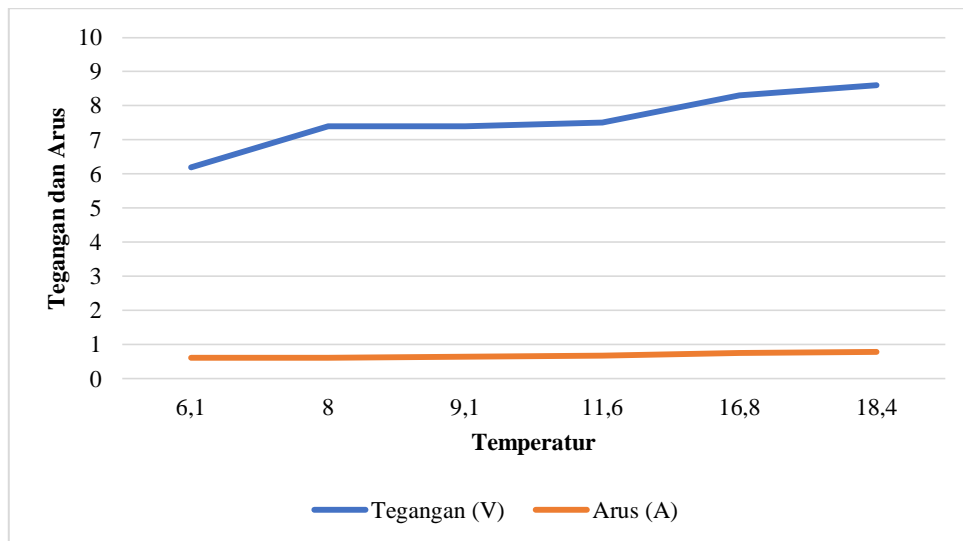
Analisis perbedaan temperatur yang dihasilkan generator termoelektrik.



Gambar 3. Grafik perbedaan temperatur

Dari gambar 4 dapat dilihat perbedaan temperatur pada generator termoelektrik di 60 detik meningkat secara linier, dengan begitu termoelektrik dapat bekerja sesuai dengan efek peltier.

Analisi besar tegangan dan arus yang dihasilkan generator termoelektrik.

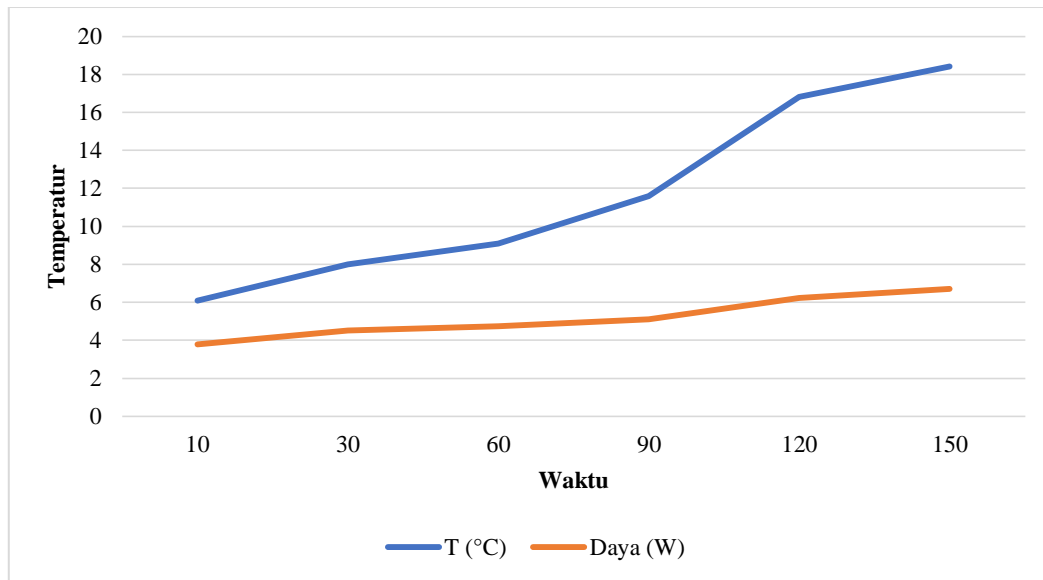


Gambar 4. Grafik besar tegangan dan arus dengan perbedaan temperatur

Dari gambar 5 dapat dilihat tegangan dan arus pada generator termoelektrik meningkat secara linier, namun pada tabel 2 perbedaan temperatur yang dihasilkan rendah maka memperoleh arus dan tegangan listrik yang sangat kecil sehingga memerlukan regulator tegangan untuk menjaga keluaran tegangan tetap stabil.

Analisis pengaruh daya dengan perbedaan temperatur generator termoelektrik.





Gambar 5. Grafik pengaruh daya dengan perbedaan temperatur

Pada Gambar 6 Grafik pengaruh daya dan perbedaan temperatur pada generator seperti pada tabel 3 diperoleh pengaruh temperatur yang rendah mempengaruhi daya yang diperoleh juga rendah, dikarenakan generator termoelektrik sangat tergantung pada perbedaan temperatur.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan, generator termoelektrik miniatur hubungan perbedaan temperatur terhadap tegangan listrik, arus listrik, serta daya listrik adalah linier. Termoelektrik generator (TEG) sangat tergantung pada perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin modul termoelektrik, tegangan, arus dan daya yang diperoleh masih rendah dikarenakan perbedaan temperatur yang rendah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M), Politeknik Negeri Medan (POLMED), atas pemberian dana melalui Dana HAKIM 2024 dengan nomor kontrak B/586/PL5/PT.01.05/2024.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cekdin, C., Nawawi, Z., & Faizal, M. (2023). *Generator Termoelektrik Sebagai Sumber Energi Alternatif*. Penerbit Andi.
- Handayani, A. I. S., Windasari, N., Putri, O. A. R., Abimanyu, Y., Mahardika, I. K., & Baktiarso, S. (2023). Analisis Literasi Sains Siswa Tentang Perpindahan Kalor Dalam Peristiwa Angin Darat Dan Angin Laut. *Phydagogic: Jurnal Fisika dan Pembelajarannya*, 5(2), 92-96.
- Irawati, E., Huda, C., & Kurniawan, W. (2019). Pengembangan Alat Peraga Perpindahan Kalor secara Konduksi, Konveksi, dan Radiasi dalam Satu Set Alat berbasis Digital. *Prosiding Seminar Nasional Lontar Physics Forum*.
- Purwiyanti, S., Setyawan, F., Selviana, W., & Purnamasari, D. (2017). Aplikasi Efek Peltier Sebagai Kotak Pemanas dan Pendingin Berbasis Mikroprosesor Arduino Uno. *ELECTRICIAN—Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 11(3), 99-104.
- Ravindra, N., Jariwala, B., Bañobre, A., & Maske, A. (2018). *Thermoelectrics: fundamentals, materials selection, properties, and performance*. Springer.
- Rompas, P. T. (2012). Perpindahan kalor. In: Tondano. Indonesia: Unima Press.

- Salim, A. A., & Indarto, B. (2018). Studi Eksperimental Karakterisasi Elemen Termoelektrik Peltier Tipe TEC. *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, 3(1), 179-182.
- Salsabiila, F. P., Apriansyah, M. H., Rachmatika, N., Maulana, T., Nufus, T. H., & Ridwan, E. (2019). Konversi Energi Panas Surya menjadi Listrik menggunakan Peltier TEC 1-12706. Seminar Nasional Teknik Mesin.
- Samanta, H., Golui, K., & Mukherjee, S. (2023). New Thermoelectric Future and It's Uses towards Mankind: A Review. *Novel Applications of Piezoelectric and Thermoelectric Materials*.
- Widipratama, K., Wijaya, I. W. A., & Janardana, I. G. N. (2023). Rancang Bangun Incinerator Pembakaran Sabut Dan Tempurung Kelapa Di UD. Nadi Utama Sebagai Pembangkit Listrik Menggunakan Peltier TEG SP1848 27145SA. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(3), 11089-11101.
- Zoui, M. A., Bentouba, S., Stocholm, J. G., & Bourouis, M. (2020). A review on thermoelectric generators: Progress and applications. *Energies*, 13(14), 3606.