

ANALISIS KINERJA SYSTEM PENDINGIN PORTABLE SEDERHANA MENGUNAKAN MODUL PELTIER TEC1-12706

SIMPLE PORTABLE COOLING SYSTEM PERFORMANCE ANALYSIS USING TEC1 12706 PELTIER MODULE

Amirul Mu'minin¹⁾, Nanang Ruhyat¹⁾

¹⁾Universitas Mercu Buana, Jakarta, Indonesia

email: amirrrrrrrrr231@gmail.com*, nanangruhyat@mercubuana.ac.id

Received:

20 Agustus
2025

Accepted:

22 April 2026

Published:

22 April 2026

Abstract

This research aims to analyze the performance of a simple portable cooling system using a Peltier TEC1-12706 module. The system design consists of a heatsink, fan, and Peltier module assembled in a portable cooling box. Tests were carried out with variations in the number of Peltier modules (one and two units) and different cooling load conditions. The results showed that the largest temperature drop occurred when using two Peltier modules, with the lowest average temperature reaching 19.3°C at the 30th minute. The system coefficient of performance (COP) was 0.64, indicating that the system's energy efficiency is still relatively low compared to conventional cooling systems. Nevertheless, this portable cooling system was effective in reducing temperature and maintaining thermal stability within a $\pm 5^\circ\text{C}$ range. This study demonstrates that Peltier-based cooling systems have potential for portable applications, although efficiency improvements are still needed.

Keywords: Peltier, Portable Cooling, TEC1-12706, COP, Thermal Stability

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem pendingin portable sederhana yang menggunakan modul Peltier TEC1-12706. Rancangan sistem terdiri dari heatsink, kipas, dan modul Peltier yang dirakit dalam sebuah box pendingin portable. Pengujian dilakukan dengan variasi jumlah modul Peltier (satu dan dua buah) serta perbedaan kondisi beban pendinginan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan suhu terbesar terjadi pada penggunaan dua modul Peltier, dengan rata-rata suhu terendah mencapai 19,3°C pada menit ke-30. Koefisien performa (COP) sistem diperoleh sebesar 0,64, menunjukkan bahwa efisiensi energi sistem masih relatif rendah dibandingkan dengan sistem pendingin konvensional. Namun demikian, sistem pendingin portable ini cukup efektif dalam menurunkan suhu dan stabilitas termal terjaga pada rentang $\pm 5^\circ\text{C}$. Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pendingin berbasis Peltier berpotensi diterapkan pada aplikasi portable meskipun efisiensi masih perlu ditingkatkan.

Kata Kunci: Peltier, Pendingin Portable, TEC1-12706, COP, Stabilitas Termal

DOI: 10.20527/jtam_rotary.v7i1

How to cite: Mu'minin, A., & Ruhyat, N., "Analisis Kinerja System Pendingin Portable Sederhana Menggunakan Modul Peltier TEC1-12706". *JTAM ROTARY*, 8(1), 83-92, 2026.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi peralatan rumah tangga terus mengalami kemajuan signifikan, termasuk dalam sistem pendingin. Namun, penggunaan refrigeran konvensional pada sistem pendingin tradisional masih menimbulkan kekhawatiran terhadap lingkungan akibat potensi kerusakan lapisan ozon. Sebagai alternatif, modul termoelektrik Peltier menawarkan solusi pendinginan yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan efek Peltier untuk memindahkan panas tanpa menggunakan refrigeran berbahaya (Windy Silviana, 2017; Desi Purnamasari, 2017).

Modul Peltier TEC1-12706 merupakan komponen termoelektrik yang mampu menghasilkan perbedaan suhu signifikan antara sisi panas dan dingin ketika dialiri arus listrik searah. Meskipun memiliki Coefficient of Performance (COP) yang relatif rendah dibandingkan sistem kompresi uap, modul ini menawarkan keunggulan dalam hal portabilitas, kesederhanaan desain, dan operasi yang bebas suara (Tri Ayodha Ajiwiguna, 2019). Penelitian sebelumnya telah mengaplikasikan modul Peltier pada kulkas termoelektrik dan pendingin vaksin, namun masih terbatas dalam kajian mendalam mengenai efisiensi energi dan stabilitas termal pada berbagai kondisi operasi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem pendingin portable sederhana berbasis modul Peltier TEC1-12706, dengan fokus pada kemampuan penurunan suhu, konsumsi daya listrik, stabilitas operasional, dan efisiensi energi dalam berbagai skenario pengujian. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan teknologi pendinginan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Sejarah Perkembangan Termoelektrik

Termoelektrik pertama kali ditemukan oleh seorang ilmuwan berkebangsaan Jerman bernama Thomas Johann Seebeck pada tahun 1821. Dalam penelitiannya, Seebeck melakukan percobaan dengan menghubungkan tembaga dan besi dalam sebuah rangkaian, dimana salah satu sisi logam tersebut dipanaskan dan sisi yang lain didinginkan. Percobaan tersebut menghasilkan perbedaan suhu dan menyebabkan adanya aliran listrik. Fenomena ini dikenal dengan nama efek Seebeck, yang kemudian digunakan sebagai prinsip suhu dengan termokopel (Amrullah, 2013).

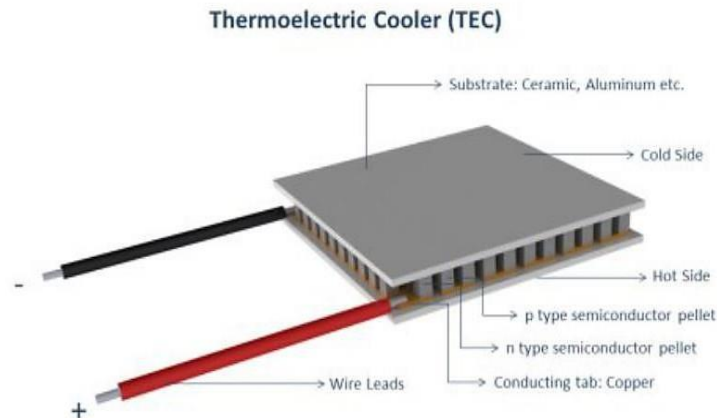
Selanjutnya pada tahun 1834 ilmuwan bernama Jean Charles Athanase Peltier, melakukan penelitian tentang efek Seebeck dan menemukan fenomena kebalikannya. Arus listrik searah dialirkan pada suatu rangkaian tertutup yang terdiri dari sambungan dua material logam. Pada sambungan ini salah satu sisi melepas panas sedangkan sisi yang lain menyerap panas, dan saling berbalik bila arah arus dibalik. Fenomena ini dikenal sebagai efek Peltier (Windy Silviana, 2017).

Pada tahun 1854 William Thomson melakukan penelitian tentang efek Seebeck dan efek Peltier dengan memberikan penjelasan lebih lengkap dan menggambarkan hubungan timbal balik keduanya. Efek Seebeck dan Peltier inilah yang kemudian menjadi dasar pengembangan teknologi termoelektrik (Windy Silviana, 2017).

Prinsip Kerja Termoelektrik

Prinsip kerja dari termoelektrik adalah dengan berdasarkan efek Seebeck yaitu jika 2 buah logam yang berbeda disambungkan salah satu ujungnya, kemudian diberikan suhu yang berbeda pada sambungan, maka terjadi perbedaan tegangan pada ujung yang satu dengan ujung yang lain (Amrullah, 2013). Secara umum, adapun komponen TEC ditunjukkan pada gambar 1 yang terdiri dari permukaan sisi panas, permukaan sisi dingin

dengan bahan keramik atau bahan yang lain, semikonduktor tipe-P dan tipe-N, kawat untuk arus positif dan negatif, tab konduktor berbahan tembaga.



Gambar 1. Komponen TEC

Kalor Yang Diserap Sisi Dingin

Persamaan kalor sisi dingin, diperoleh bentuk lengkap yang memperhitungkan semua parameter fisik modul (Al-Kaby, 2013). Persamaan 1 digunakan untuk menghitung kalor sisi dingin.

$$Q_c = 2 \cdot N [\alpha_m \cdot I \cdot T_c - K_m \cdot \Delta T \cdot G - (\frac{I^2 \cdot \rho}{2 \cdot G})] \quad (1)$$

Dimana

Q_c = Kalor yang diserap pada sisi dingin [W]

N = Jumlah sambungan elemen pada termoelektrik (127, berdasarkan tipe TEC1-12706)

α_m = Koefisien Seebeck elemen [V/K]

I = Arus listrik yang diberikan pada termoelektrik [A]

T_c = Temperatur sisi dingin [K]

K_m = Konduktivitas termal elemen [W/cmK]

ΔT = Beda temperatur sisi panas dan sisi dingin [K]

G = Faktor geometri elemen [cm] (0.121 cm)

I = Arus listrik yang diberikan pada termoelektrik [A]

ρ = Tahanan elektrik elemen [Ω cm]

Kalor Yang Diserap Sisi Panas

Sama seperti pada persamaan kalor sisi dingin, substitusi nilai-nilai parameter ke persamaan kalor sisi panas menghasilkan bentuk komprehensif yang dapat memprediksi total panas yang harus dibuang dari modul (Al-Kaby, 2013). Persamaan 2 ini digunakan untuk menghitung kalor sisi dingin.

$$Q_h = 2 \cdot N [\alpha_m \cdot I \cdot T_c - K_m \cdot \Delta T \cdot G + (\frac{I^2 \cdot \rho}{2 \cdot G})] \quad (2)$$

Dimana

Q_h = Kalor yang diserap pada sisi panas [W]

N = Jumlah sambungan elemen pada termoelektrik (127, berdasarkan tipe TEC1-12706)

α_m = Koefisien Seebeck elemen [V/K]

I = Arus listrik yang diberikan pada termoelektrik [A]

T_c = Temperatur sisi dingin [K]

K_m = Konduktivitas termal elemen [W/cmK]

ΔT = Beda temperatur sisi panas dan sisi dingin [K]

G = Faktor geometri elemen [cm] (0.121 cm)

I = Arus listrik yang diberikan pada termoelektrik [A]

ρ = Tahanan elektrik elemen [Ωcm]

Daya Listrik

Daya listrik yang dikonsumsi modul termoelektrik dihitung dari arus dikalikan dengan tahanan total modul. Nilai ini menggambarkan energi listrik yang diperlukan untuk menghasilkan efek pendinginan tertentu, dan menjadi dasar perhitungan efisiensi sistem (Boles, 2006).

$$P_{in} = I^2 \cdot R \quad (3)$$

Dimana

P_{in} = Daya listrik yang diberikan pada modul termoelektrik [W]

I = Arus listrik yang diberikan pada termoelektrik [A]

R = Tahanan elektrik [Ω]

Kesetimbangan Energi

Prinsip kekekalan energi menyatakan bahwa panas yang dilepas pada sisi panas sama dengan jumlah panas yang diserap pada sisi dingin ditambah energi listrik yang masuk (Boles, 2006). Berikut persamaan 4 untuk menghitung energi dan mendeteksi potensi kesalahan pengukuran.

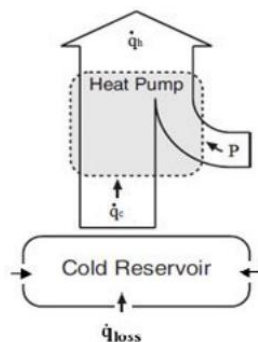
$$Q_h = Q_c + P_{in} \quad (4)$$

Dimana

Q_h = Kalor yang diserap pada sisi panas [W]

Q_c = Kalor yang diserap pada sisi dingin [W]

P_{in} = Daya listrik yang diberikan pada modul termoelektrik [W]



Gambar 2. Kestimbangan Energi Pada TEC Pendingin

Coefficient of Performance (COP)

COP merupakan ukuran efisiensi dari suatu termoelektrik pendingin yang dapat diketahui dari perbandingan besarnya kalor yang diserap pada sisi dingin terhadap besarnya daya listrik yang masuk (Riffat, 2003), besarnya COP lebih kecil jika dibandingkan dengan COP mesin pendingin kompresi uap (Çengel and Boles, 2006).

$$\text{COP} = \frac{Q_c}{P_{in}} \quad (5)$$

Dimana

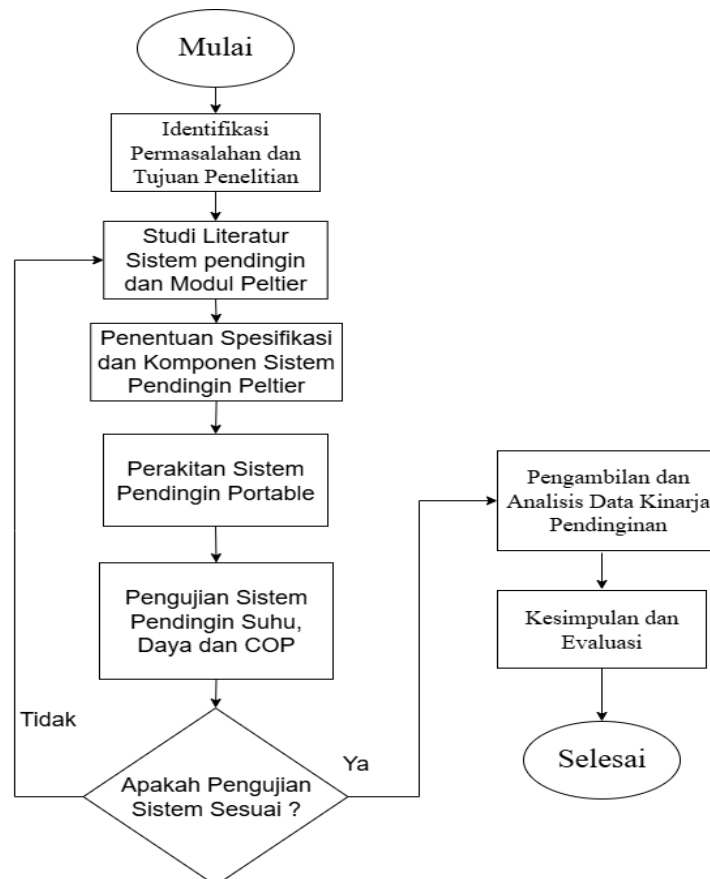
COP = Rasio perbedaan antara output dengan input

Q_c = Kalor yang diserap pada sisi dingin termoelektrik [W]

P_{in} = Daya listrik yang diberikan pada modul termoelektrik [W]

METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini adalah menggunakan metode kuantitatif. Dengan pengumpulan data numerik melalui pengukuran langsung, seperti suhu, konsumsi daya listrik, dan efisiensi sistem pendingin berbasis modul Peltier TEC1-12706. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara matematis untuk mengevaluasi kinerja sistem pendingin. Metode ini berfokus pada hasil yang terukur dan dapat diuji ulang. Diagram alir penelitian ditampilkan pada gambar 3 yang mencakup langkah-langkah penelitian dari analisis kinerja sistem pendingin.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Alat Dan Bahan

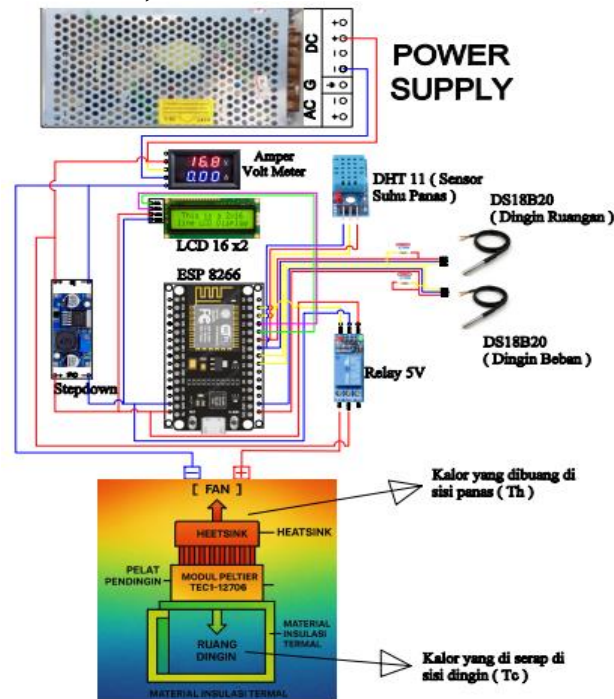
Penelitian ini didukung juga oleh alat ukur yang digunakan pada saat pengujian, hal ini bertujuan untuk mengambil dan mengetahui data yang diambil sesuai, berikut ini beberapa alat dan bahan yang digunakan pada saat pengujian adalah:

1. Dua buah Termoelektrik (Elemen Peltier TEC1 – 12706)
2. Satu buah modul kontrol ESP12E dengan DHT11
3. Satu buah *Heatsink*
4. Kabel *jumper Female to Female*
5. Dua unit Kipas arus searah uk. 9x9 cm (DC Fan)
6. Dua unit Kipas arus searah uk. 4x4 cm (DC Fan)
7. Satu buah LCD 16x2
8. Satu buah Box 25mm x 20mm x 15mm (Tinggi, Lebar, Tebal)
9. Dua resistor 4,7K ohm
10. Satu buah *Thermal Grease*
11. *Power Supply* 12V DC 10 A

12. Satu Relay 5V
13. Amper & Volt Meter
14. Modul *Stepdown*
15. Dua buah sensor suhu DS18B20
16. Satu buah laptop

Perakitan Model Sistem Pendingin

Perakitan model sistem pendingin *portable* berbasis modul Peltier TEC1-12706 yang ditunjukkan pada gambar 4 melibatkan integrasi komponen utama seperti modul Peltier, *heatsink*, kipas DC, sensor suhu, dan mikrokontroler ESP12E.



Gambar 4. Diagram Blok Sistem

Model sistem pendingin *portable input* berupa daya listrik 12v dari *power supply*. Prosesnya modul peltier menyerap panas dari dalam *box* dan membuangnya ke *heatsink*. Lalu kipas DC besar (9x9 cm) mendinginkan *heatsink*, sementara kipas DC kecil (4x4 cm) menjaga sirkulasi udara dingin di dalam *box*. Kemudian sensor DHT11 memantau suhu panas, DS18B20 memantau suhu dingin dan ESP 12E mengatur kerja sistem berdasarkan data suhu. Untuk *outputnya* yaitu suhu ruang penyimpanan yang stabil, ditampilkan pada LCD 16x2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan nilai kalor yang diserap sisi dingin (Q_c), daya listrik (P_{in}), dan COP pada waktu pendinginan 120 menit dapat dilihat pada table 1. Nilai-nilai ini diperoleh melalui serangkaian pengujian pada berbagai variasi kondisi lengkungan, meliputi pengujian didalam ruangan dan diluar ruangan, serta dengan menggunakan beban air 330 ml dan tanpa air 330 ml. Perhitungan Q_c didapatkan dari hasil pengukuran suhu pada sisi dingin dan kapasitas panas media pendingin yang digunakan, sedangkan P_{in} diukur berdasarkan konsumsi daya listrik yang diperlukan oleh modul peltier selama proses pendingin berlangsung. Dengan demikian, COP dapat dijadikan indicator untuk menilai

Tingkat efisiensi kinerja sistem pendingin, semakin tinggi nilai COP, semakin efisien sistem tersebut dalam memanfaatkan energi listrik untuk menghasilkan efek pendinginan.

Tabel 1. Nilai (Q_c), daya listrik (P_{in}), dan COP pada waktu 120 menit

Lingkungan	Q_c (W)	P_{in} (W)	COP
Dalam Ruangan Tanpa Beban Air	40.56898	72.62823	0.55859
Dalam Ruangan Dengan Beban Air	41.19842	71.75482	0.57416
Luar Ruangan Tanpa Beban Air	41.69757	66.291	0.62901
Luar Ruangan Dengan Beban Air	42.86768	66.791	0.64182

Berdasarkan tabel 1, terlihat bahwa nilai COP cenderung mengikuti perubahan Q_c selama P_{in} relative stabil. Kondisi dalam ruangan tanpa beban menghasilkan Q_c tertinggi dengan P_{in} yang rendah, sehingga COP mencapai nilai maksimum. Sebaliknya, pada kondisi luar ruangan dengan beban, Q_c mengalami penurunan yang signifikan akibat adanya perpindahan panas dari lingkungan dan beban termal tambahan, sementara P_{in} tetap hampir sama, sehingga COP menjadi yang terendah. Hal ini menunjukkan korelasi positif antara Q_c dan COP serta korelasi negatif antara beban termal/lingkungan terbuka terhadap kinerja pendinginan. Temuan ini konsisten dengan teori bahwa COP optimum tercapai ketika beban panas eksternal minimal dan hambatan perpindahan panas diminimalkan (Ismawan, 2023).

Berdasarkan hasil pengujian, sistem pendingin portable sederhana berbasis modul Peltier TEC1-12706 menunjukkan kinerja yang sesuai untuk aplikasi pendinginan skala kecil. Penurunan suhu terbaik terjadi pada kondisi ruang tertutup tanpa beban, yaitu dari 23,94°C menjadi 11,63°C dalam waktu 120 menit. Konsumsi daya berkisar antara 60,72–72,63 W, yang relatif rendah dibandingkan sistem pendingin konvensional, sehingga memungkinkan penggunaan dengan sumber daya terbatas seperti aki atau panel surya portabel. Dengan dimensi box pendingin sebesar 25 cm × 20 cm × 15 cm, sistem ini cukup ringkas dan mudah dipindahkan. Selain itu, COP tertinggi yang diperoleh mencapai 0,64 pada pengujian ruang terbuka dengan beban, yang sejalan dengan kinerja sistem termoelektrik untuk aplikasi penyimpanan makanan, minuman, atau obat-obatan dalam skala kecil (Andika, 2025). Kombinasi ukuran, konsumsi daya, dan kemampuan pendinginan ini memperkuat potensi penerapan sistem pada skenario portable dengan kebutuhan listrik minimal.

Evaluasi Sistem Pendingin TEC1 - 12706

Tabel 2. Evaluasi sistem pendingin

Pengujian penurunan suhu	Suhu efektif turun signifikan: dari ±23,94 °C menjadi ±11,63 °C dalam 120 menit pada kondisi tanpa beban air, dan tetap menurun walau ada beban air	Sistem mampu bekerja pada berbagai kondisi (dalam/luar ruangan, dengan/tanpa beban)	Menunjukkan fleksibilitas penggunaan di lapangan untuk berbagai kebutuhan pendinginan skala kecil
Konsumsi daya listrik	Konsumsi daya 60,72–72,63 W;	cocok untuk sumber listrik	Potensi aplikasi di daerah dengan

	COP tertinggi 0,64	terbatas (mis. baterai portable, panel surya)	akses listrik terbatas
Kestabilan performa	Grafik daya cenderung stabil selama 120 menit	Stabilitas daya → stabilitas pendinginan	Keandalan operasional untuk penggunaan jangka waktu tertentu tanpa penurunan kinerja
Kondisi lingkungan	Tetap berfungsi meski suhu lingkungan 33–35 °C	Dapat beroperasi pada kondisi panas luar ruangan	Memperluas potensi aplikasi untuk daerah tropis/panas
Aspek portabilitas	Desain sistem ringkas, menggunakan modul Peltier	Komponen dapat dirakit portable	Mendukung tujuan sebagai solusi pendinginan portabel

Berdasarkan hasil pengujian, sistem pendingin portable berbasis modul Peltier menunjukkan performa yang cukup baik dalam beberapa aspek. Dari sisi penurunan suhu, perangkat mampu menurunkan temperatur secara signifikan baik pada kondisi tanpa beban maupun dengan beban air, sehingga menandakan fleksibilitas kinerja di berbagai kondisi. Pada aspek konsumsi daya listrik, penggunaan energi relatif rendah (60,72–72,63 W) dengan COP maksimum 0,64, sehingga memungkinkan pemanfaatan di daerah dengan sumber listrik terbatas seperti baterai portable atau panel surya. Dari segi stabilitas performa, grafik daya yang cenderung stabil selama 120 menit menunjukkan konsistensi pendinginan dan mendukung keandalan operasional dalam jangka waktu tertentu. Sistem juga terbukti tetap berfungsi pada suhu lingkungan tinggi (33–35 °C), yang menunjukkan potensi aplikasinya di wilayah tropis dengan kondisi panas luar ruangan. Selain itu, aspek portabilitas dengan desain ringkas dan mudah dirakit memperkuat tujuan penelitian sebagai solusi pendinginan skala kecil yang praktis dan fleksibel untuk kebutuhan lapangan.

Meskipun menunjukkan performa pendinginan yang cukup baik, sistem berbasis modul Peltier masih memiliki keterbatasan utama pada efisiensi energi. Nilai COP maksimum sebesar 0,64 tergolong lebih rendah dibandingkan sistem refrigerasi kompresi uap, sehingga penggunaannya lebih sesuai untuk pendinginan skala kecil dan portabel daripada aplikasi dengan beban pendinginan besar. Kinerja sistem juga sangat bergantung pada efektivitas pelepasan panas di sisi panas modul. Oleh karena itu, optimasi heat sink, aliran udara, dan isolasi termal menjadi faktor penting untuk meningkatkan performa keseluruhan sistem.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap sistem pendingin portabel berbasis modul termoelektrik TEC1-12706 pada berbagai kondisi operasi (dalam dan luar ruangan, dengan dan tanpa beban), dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Performa pendinginan mampu menurunkan suhu secara signifikan, khususnya pada kondisi dalam ruangan tanpa beban, dari 23,94°C menjadi 11,63°C dalam waktu 120 menit. Stabilitas termal yang baik ditunjukkan oleh fluktuasi suhu yang relatif kecil ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$), serta arus (5,9–6,1 A) dan tegangan (11,8–12 V) yang cenderung konstan, yang mengindikasikan operasi sistem yang stabil dan terkendali.
2. Konsumsi daya sistem berada pada rentang 60,72–72,63 W pada berbagai kondisi pengujian. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kebutuhan energi yang relatif rendah dan stabil, sehingga sesuai untuk aplikasi berbasis sumber energi terbatas.
3. Sistem mencapai kondisi tunak (steady-state) setelah sekitar 30 menit operasi. Pada kondisi ini, suhu ruang pendingin dapat dipertahankan secara konsisten dengan fluktuasi minimal ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$), yang menunjukkan efektivitas desain isolasi termal dan sistem pembuangan panas pada sisi panas modul.
4. Sistem memiliki potensi yang baik untuk aplikasi pendinginan skala kecil dan portabel, ditinjau dari kemampuan pendinginan, konsumsi daya rendah, serta desain yang ringkas. Nilai COP maksimum sebesar 0,64 menunjukkan efisiensi yang cukup untuk sistem termoelektrik, meskipun masih lebih rendah dibandingkan sistem refrigerasi kompresi. Oleh karena itu, sistem ini lebih sesuai untuk aplikasi seperti penyimpanan makanan, minuman, atau obat-obatan dalam skala kecil, khususnya di lokasi dengan keterbatasan akses listrik. Peningkatan performa di masa depan dapat difokuskan pada optimasi manajemen panas dan efisiensi energi sistem.

REFERENSI

- Al-Kaby, Rehab N M. Study Of Thermal Performance of Thermoelectric Cooling System. Mechanical department, Babylon University-College of Engineering.
- Amrullah. (2013). Uji Eksperimental Kinerja Termoelektrik Pada Pendingin Dispenser Air Minum. Tesis. Universitas Hasnuddin.
- Andika, I. (2025). Analisis Kinerja Cool Box Termoelektrik Bertenaga Surya dengan PCM (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Bali).
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2006). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. 5th Edition. McGraw-Hill.
- Desi Purnamasari. (2017). Perancangan Kotak Pendingin dan Penghangat Minuman Menggunakan Modul Termoelektrik Peltier TEC1-12706 Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. Skripsi. Universitas Muhammadiyah.
- Djafar, S. (2008). Aplikasi Termoelektrik pada Sistem Pendingin dan Pembangkit Listrik Skala Kecil. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Faiz Auliya Ramadhan, M. Ramdhan Kirom, & Tri Ayodha Ajiwiguna. (2019). Analisis Pengaruh Laju Aliran Air pada Aplikasi Pendinginan Thermoelectric Cooler terhadap Cooling Box. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Frima Gandi, & Meqorry Yusfi. (2016). Perancangan Sistem Pendingin Air Menggunakan Elemen Peltier Berbasis Mikrokontroler ATmega8535. *Jurnal Teknologi*.
- Irwan. (2024). Komponen TEC dan Prinsip Kerja Modul Termoelektrik. Materi Kuliah Online.
- Ismawan, M. A. (2023). Potensi Penggunaan Tabung Vorteks Untuk Pengkondisian Udara Pada Ruang Akomodasi Kapal Ferry RO-RO 2000 GT Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD)= The Potential Use of Vortex Tube for Air Conditioning in the Accommodation Area of 2000 GT Ro-Ro Ferry Ship Using Computational Fluid Dynamics (CFD) (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Jaworski, M. (2007). Thermoelectric Power Generators: Principles and Future Trends. *Journal of Power Sources*.
- Windy Selviana. (2017). Analisis Kinerja Kotak Pendingin dan Penghangat Menggunakan Modul Termoelektrik TEC-12706. Skripsi. Universitas Negeri Medan.