

KAJIAN TEORITIS TEKNOLOGI TERMoeLEKTRIK PELTIER TEC1-12706 UNTUK SISTEM PENDINGIN PEMANAS AIR BERKELANJUTAN

M. Bagas Sultan Abighail¹, Sujono^{1*}, Gilang Nurul Mutaqien¹, Afif Abdullathif¹

¹Teknik Mesin Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jln Gajah Mada No.38 Cepu, Blora, 58315

*E-mail: jono1166@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi termoelektrik berbasis efek Peltier menawarkan solusi sistem pendingin-pemanas yang ramah lingkungan tanpa refrigerant berbahaya, namun optimalisasi efisiensi perpindahan panas dan metode konveksi natural masih memerlukan kajian mendalam. Penelitian ini mengkaji implementasi teknologi termoelektrik Peltier TEC1-12706 dalam pengembangan sistem pendingin-pemanas air berkelanjutan menggunakan metodologi konveksi natural. Eksperimen dilaksanakan dengan konfigurasi modul tunggal berkapasitas 12V/6A yang dipasang pada *heat sink* aluminium dengan dua bak air terpisah bervolume 4 dan 5,05 liter. Parameter termal dan elektrik dimonitor secara berkala selama 120 menit untuk evaluasi performa komprehensif. Hasil menunjukkan diferensial temperatur 24°C dengan stabilitas sisi dingin 21°C dan sisi panas 45°C. Absorpsi kalor mencapai 13,95 Watt pada pendinginan dan pelepasan 52,83 Watt pada pemanasan dengan konsumsi daya rata-rata 40 Watt. *Coefficient of performance* memperlihatkan karakteristik asimetrik dengan COP pendinginan 0,4096, COP pemanasan 1,5514, dan COP kombinasi 1,961. Konveksi natural menciptakan distribusi temperatur terlokalisir dengan homogenitas terbatas. Sistem mendemonstrasikan stabilitas operasional dan kemampuan mencapai *steady state*, mengkonfirmasi potensi aplikasi berkelanjutan dengan integrasi energi terbarukan untuk mendukung teknologi *zero-emission cooling-heating*.

Kata kunci: *Coefficient of performance*, Konveksi alami, Sistem berkelanjutan, Termoelektrik Peltier, *Zero-emission*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pendinginan dan pemanasan telah menjadi kebutuhan krusial dalam berbagai sektor, mulai dari kebutuhan rumah tangga hingga aplikasi industri minyak dan gas. Tantangan utama yang dihadapi saat ini adalah efisiensi energi dan dampak lingkungan yang mengharuskan pengembangan sistem yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan [1]. Sebagian besar institusi pendidikan masih mengandalkan peralatan praktikum berbasis kompresi uap yang menggunakan *refrigerant* berpotensi merusak ozon, sehingga diperlukan inovasi teknologi alternatif yang lebih ramah lingkungan [2].

Teknologi termoelektrik berbasis efek Peltier telah menawarkan solusi revolusioner dengan keunggulan tidak menggunakan *refrigerant* berbahaya, minim perawatan karena tidak memiliki bagian bergerak, bebas kebisingan, serta memiliki kontrol suhu yang presisi [3]. Studi terkini menunjukkan bahwa *thermoelectric coolers* dapat digunakan untuk aplikasi yang memerlukan pembuangan panas dalam rentang miliwatt hingga beberapa ribu watt, menunjukkan fleksibilitas aplikasi teknologi ini untuk berbagai kebutuhan [4]. Modul Peltier TEC1-12706 merupakan salah satu komponen termoelektrik yang paling banyak digunakan karena kemampuannya menghasilkan perbedaan suhu yang signifikan dengan konsumsi daya yang relatif efisien.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengembangan sistem pendingin berbasis Peltier telah mengalami perkembangan dari tahun 2022 dengan *coefficient of performance* terbatas, diikuti tahun 2023 dengan penambahan pompa yang justru menyebabkan *overheating*, hingga tahun 2024 dengan metode konveksi alami yang masih terkendala kontak termal yang kurang optimal [5]. Studi terkini mengenai sistem termoelektrik menunjukkan potensi besar dalam pemanfaatan perbedaan temperatur untuk menghasilkan energi alternatif yang bersih dan berkelanjutan [6]. Metode konveksi alami dalam sistem pendinginan termoelektrik menawarkan keuntungan signifikan dengan tidak memerlukan komponen mekanik tambahan seperti pompa atau kipas. Karakteristik unik dari modul termoelektrik yang dapat mengubah arah arus untuk membalik fungsi pendinginan menjadi pemanasan memungkinkan sistem yang sama untuk berfungsi sebagai pendingin dan pemanas secara bergantian. Integrasi dengan sumber energi terbarukan seperti panel surya dapat mendukung program pemerintah dalam mewujudkan *Net Zero Emission* dengan penggunaan teknologi *zero-emission*.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam kajian teoritis ini meliputi karakteristik teoritis pemanfaatan panas buangan dari proses pendinginan dengan Peltier TEC1-12706 untuk memperkuat proses pemanasan secara bersamaan. Konstruksi kontak antara *heat sink* dan Peltier memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi perpindahan panas yang perlu dikaji secara mendalam. Optimalisasi teoritis penggunaan pelat logam aluminium sebagai *heat sink* untuk memperbaiki efisiensi proses perpindahan panas pada sisi panas dan sisi dingin menjadi aspek krusial yang memerlukan analisis komprehensif. Selain itu, analisis *coefficient of performance* sistem pendingin pemanas air berbasis teknologi termoelektrik dengan metode konveksi alami perlu didalami untuk memahami efektivitas sistem secara keseluruhan [7].

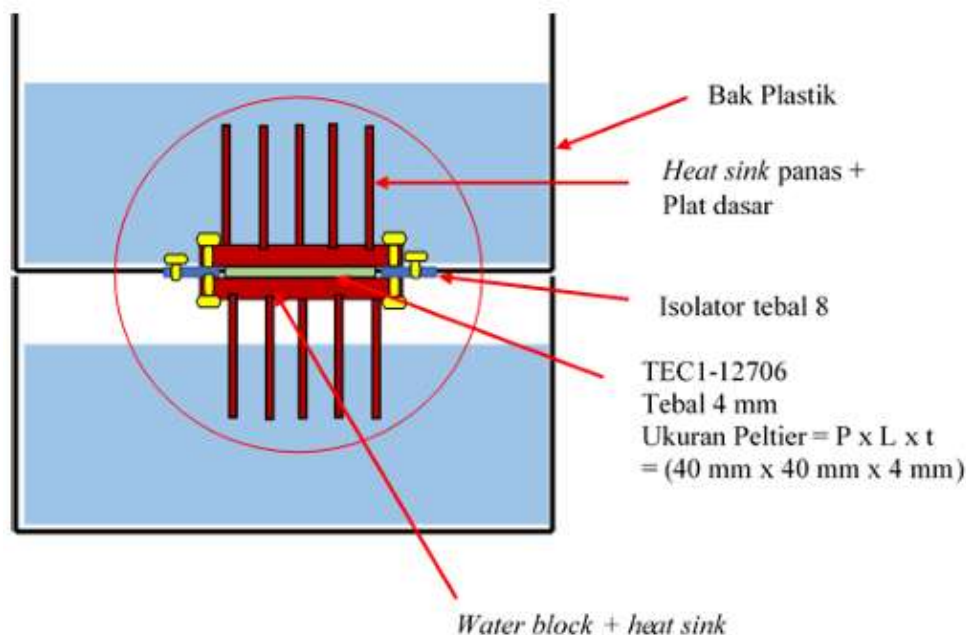
Kajian teoritis ini bertujuan menganalisis secara teoritis performa teknologi termoelektrik Peltier TEC1-12706 dalam sistem pendingin pemanas air berkelanjutan dengan metode konveksi alami. Evaluasi karakteristik termal dan efisiensi perpindahan panas modul Peltier dalam aplikasi pendinginan dan pemanasan air menjadi fokus utama untuk memahami mekanisme perpindahan panas yang terjadi. Pengkajian optimalisasi desain *heat sink* dan konstruksi kontak termal dilakukan untuk meningkatkan *coefficient of performance* sistem dan mengidentifikasi parameter-parameter yang berpengaruh terhadap efisiensi. Penelitian ini diharapkan memberikan dasar teoritis untuk pengembangan teknologi termoelektrik yang ramah lingkungan dan mendukung transisi energi berkelanjutan dalam aplikasi praktikum pendidikan serta memberikan kontribusi nyata bagi kemajuan teknologi pendinginan yang berkelanjutan [8].

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk menganalisis performa sistem pendingin dan pemanas air berbasis modul Peltier TEC1-12706 dengan metode konveksi alami. Metodologi eksperimental dipilih untuk memperoleh data empiris yang akurat mengenai karakteristik termal dan efisiensi perpindahan panas sistem termoelektrik. Pengujian dilakukan dengan menggunakan modul Peltier tunggal berkapasitas 12V dan 6A yang dipasang pada *heat sink* aluminium dengan *thermal paste* untuk memaksimalkan kontak termal. Sistem eksperimen dirancang dengan dua bak air terpisah, yaitu bak air dingin bervolume 4 liter dan bak air panas bervolume 5,05 liter, dimana *heat sink* ditempatkan langsung bersentuhan dengan media air untuk mengoptimalkan perpindahan panas secara konveksi alami.

Parameter yang diukur meliputi temperatur *heat sink* pada kedua sisi modul, temperatur air dalam bak, tegangan dan arus listrik yang dikonsumsi selama operasi sistem. Pengukuran temperatur menggunakan *thermometer*, sementara parameter listrik dimonitor menggunakan *volt* dan *ampere meter*. Pengambilan data dilakukan secara berkala setiap 10 menit selama durasi

pengujian 120 menit untuk memastikan sistem mencapai kondisi *steady state*. Analisis data meliputi perhitungan kalor yang diserap dan dilepaskan, daya listrik input, serta *coefficient of performance* untuk mengevaluasi efisiensi sistem pendinginan dan pemanasan. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa metodologi eksperimental serupa dengan pengukuran parameter termal dan listrik secara simultan mampu memberikan evaluasi secara menyeluruh terhadap performa *thermoelectric cooler* dalam berbagai kondisi operasi [9]. Untuk memperjelas konfigurasi pengujian dan alur perpindahan panas, Gambar 1 yang menampilkan skema prinsip kerja modul termoelektrik Peltier TEC1-12706 beserta kontak termalnya dengan *heat sink* sisi panas maupun dingin dan media air yang diuji.



Gambar 1. Skema prinsip kerja modul termoelektrik Peltier TEC1-12706

3. PEMBAHASAN

A. Karakteristik Performa Termoelektrik dan Mekanisme Perpindahan Kalor

Implementasi modul termoelektrik TEC1-12706 dalam sistem pendingin dan pemanas air menunjukkan kemampuan signifikan dalam menciptakan tingkat temperatur yang signifikan. Hasil eksperimen memperlihatkan perbedaan temperatur mencapai 24°C antara permukaan dingin dan panas, dengan stabilitas temperatur sisi dingin pada 21°C dan sisi panas pada 45°C seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Fenomena ini mengkonfirmasi efektivitas efek Peltier dalam mengonversi energi listrik menjadi perbedaan termal yang terukur [10].

Tabel 1. Hasil pengujian pada *prototipe*

No	Waktu	Heat Sink (°C)		Bak Air (°C)		Air Dingin	Air Panas
	t	Dingin	Panas	Dingin	Panas	... Liter	... Liter
	m	T _c	T _h	T _{bc}	T _{bh}	T _{ca} (°C)	T _{ha} (°C)
1	0	27	27	27	27	27	27

2	10	26	29	27	28	27	27
3	20	24	31	25	30	27	27
4	30	23	32	24	30	27	27
5	40	23	32	24	31	27	27
6	50	22	34	23	33	27	27
7	60	21	37	21	35	27	27
8	70	21	37	21	35	27	27
9	80	21	39	21	36	27	27
10	90	21	40	21	38	27	27
11	100	21	43	21	39	27	27
12	110	21	43	21	43	27	27
13	120	21	46	21	45	27	27

Mekanisme yang terjadi melibatkan perpindahan kalor melalui *junction* semikonduktor tipe-N dan tipe-P yang tersusun dalam konfigurasi termoelektrik. Ketika arus listrik dialirkan, elektron berenergi tinggi pada semikonduktor tipe-N berpindah menuju *junction* dingin, sementara *hole* pada semikonduktor tipe-P bergerak berlawanan arah, menciptakan absorpsi kalor pada sisi dingin dan pelepasan kalor pada sisi panas [11]. Konsistensi parameter elektrik selama pengoperasian, dengan tegangan berkisar 11,9-12,6 volt dan arus 3,18-3,33 ampere, menunjukkan stabilitas karakteristik resistif internal modul, untuk data percobaan volt dan ampere di tunjukkan pada Tabel 2. berikut.

Tabel 2. Data arus dan tegangan hasil pengujian pada *prototipe*

Waktu (menit)	Peltier		Total
	V	A	W
0	0	0	0
10	11.9	3.32	39.508
20	11.9	3.24	38.556
30	11.9	3.24	38.556
40	11.9	3.23	38.437
50	11.9	3.21	38.199
60	11.9	3.18	37.842
70	12.5	3.33	41.625
80	12.6	3.32	41.832
90	12.6	3.3	41.58
100	12.6	3.29	41.454
110	12.6	3.26	41.076
120	12.6	3.26	41.076

B. Analisis Keseimbangan Energi dan Efisiensi Sistem

Evaluasi termodinamika menunjukkan keseimbangan energi yang dapat dianalisis melalui perhitungan kalor yang diabsorpsi dan dilepaskan. Kalor yang diabsorpsi pada sisi dingin sebesar 13,95 Watt dan kalor yang dilepaskan pada sisi panas sebesar 52,83 Watt menggambar-

kan efektivitas perpindahan kalor dengan konsumsi daya rata-rata 40 Watt. Rasio ini mengindikasikan bahwa sebagian besar energi listrik dikonversi menjadi perpindahan kalor, meskipun terdapat *losses* akibat fenomena *Joule heating internal* [12].

Analisis data dilakukan untuk menentukan besarnya kalor yang diserap dan dilepaskan oleh sistem serta *coefficient of performance* (COP). Perhitungan kalor diperoleh menggunakan Persamaan (1) sebagai berikut[16]:

$$Q = \frac{m \times C_p \times (T_2 - T_1)}{t} \quad (1)$$

Nilai *coefficient of performance* sistem pendinginan dan pemanasan dihitung menggunakan Persamaan (2) berikut[17]:

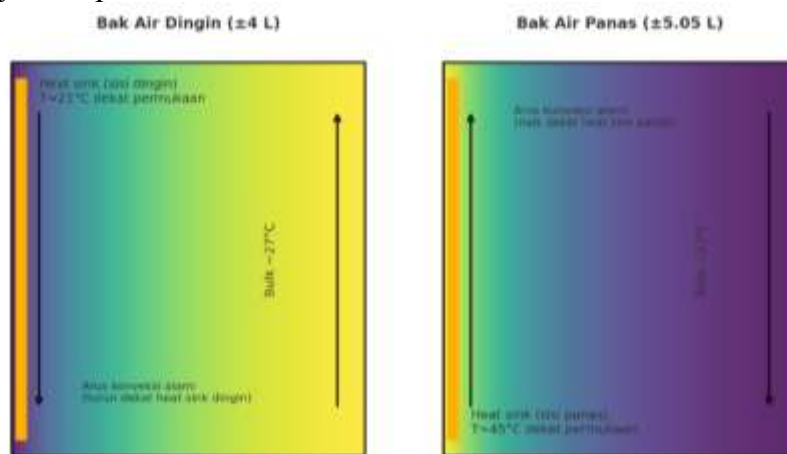
$$COP = \frac{Q_c + Q_h}{P} \quad (2)$$

Dengan P merupakan daya listrik input yang diukur selama proses pengujian. Nilai COP pendinginan dihitung berdasarkan kalor yang diserap sisi dingin, sedangkan COP pemanasan berdasarkan kalor yang dilepaskan sisi panas.

Coefficient of Performance (COP) yang diperoleh memperlihatkan karakteristik asimetrik antara fungsi pendinginan dan pemanasan. COP pendinginan sebesar 0,4096 relatif rendah dibandingkan COP pemanasan sebesar 1,5514, fenomena yang konsisten dengan penelitian Suares et al. yang melaporkan COP maksimum 0,702 untuk sistem pendinginan berbasis TEC1-12706 [13]. COP kombinasi sebesar 1,961 mengindikasikan potensi optimalisasi signifikan ketika sistem dimanfaatkan simultan untuk kedua fungsi.

C. Efektivitas Konveksi Alami dan Distribusi Temperatur

Implementasi metode konveksi alami tanpa bantuan sirkulasi mekanis menunjukkan hasil yang kompleks dalam distribusi temperatur. *Heat sink* aluminium yang bersentuhan langsung dengan media air menciptakan zona perpindahan kalor yang terlokalisir, dimana temperatur air di sekitar *heat sink* mengalami perubahan signifikan sementara volume air yang lebih jauh tetap mendekati temperatur *ambient* 27°C. Fenomena ini mengkonfirmasi keterbatasan konveksi alami dalam menciptakan homogenitas temperatur pada volume fluida yang substansial [14], seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Konveksi alami di sekitar *heat sink*, arus turun di sisi dingin (21°C) dan naik di sisi panas (45°C), sementara air yang lebih jauh tetap mendekati T_{ambient} 27°C

Analisis lebih mendalam menunjukkan bahwa perpindahan kalor konveksi alami dipengaruhi oleh gradien densitas fluida akibat perbedaan temperatur. Fluida dingin dengan densitas lebih tinggi cenderung bergerak ke bawah, sementara fluida panas bergerak ke atas, menciptakan sirkulasi natural yang terbatas. Penelitian Sanaye dkk menunjukkan bahwa optimalisasi perpindahan kalor pada sistem termoelektrik dapat dicapai melalui desain *heat exchanger* yang memanfaatkan sirkulasi natural secara maksimal [15].

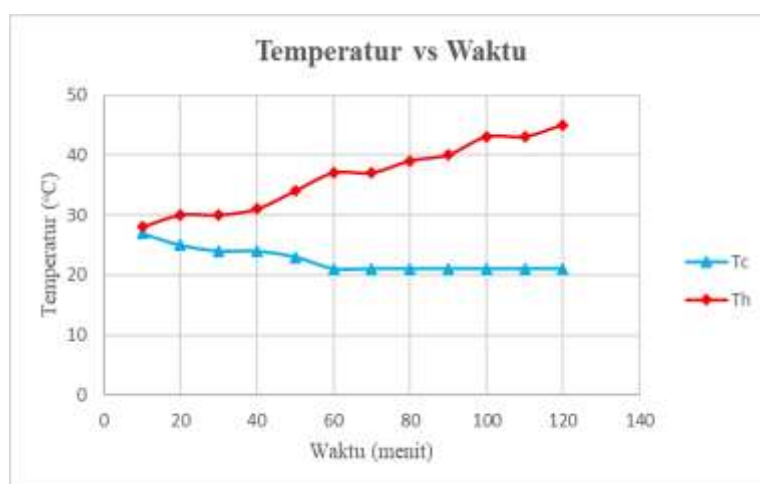
D. Implikasi Pengembangan dan Optimalisasi Sistem

Hasil penelitian mengindikasikan potensi pengembangan sistem yang substansial melalui modifikasi desain dan material. Material *heat sink* aluminium dengan konduktivitas termal $237\text{ W/m}\cdot\text{K}$ memberikan perpindahan kalor yang memadai, namun optimalisasi dapat dicapai melalui implementasi material berkonduktivitas lebih tinggi seperti tembaga ($401\text{ W/m}\cdot\text{K}$) atau desain *fin* yang meningkatkan luas permukaan perpindahan kalor.

Stabilitas operasional sistem selama 120 menit pengujian menunjukkan konsistensi performa dan kemampuan mencapai *steady state* yang mengindikasikan keandalan sistem untuk aplikasi jangka panjang. Wang dkk melaporkan bahwa optimalisasi temperatur permukaan kondensasi dapat meningkatkan produktivitas sistem termoelektrik hingga 186%, menunjukkan potensi pengembangan lebih lanjut.

Integrasi sistem dengan sumber energi terbarukan seperti panel surya dapat meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi energi keseluruhan. Karakteristik operasional sistem yang kompatibel dengan *supply* DC 12V memungkinkan implementasi langsung dengan sistem fotovoltaik standar, mendukung konsep *zero-emission cooling and heating system* yang berkelanjutan.

Performa sistem termoelektrik secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 3. Grafik tersebut menampilkan perubahan temperatur sisi panas dan sisi dingin selama 120 menit pengujian, di mana sisi panas meningkat hingga sekitar 45°C sedangkan sisi dingin menurun hingga 21°C . Kondisi ini menunjukkan kestabilan operasi sistem serta kemampuan modul Peltier TEC1-12706 dalam mempertahankan perbedaan temperatur yang konstan.



Gambar 3. Grafik perubahan temperatur modul Peltier selama pengujian menunjukkan pencapaian *steady state* pada menit ke-60 dengan diferensiasi temperatur stabil

4. SIMPULAN

Penelitian terhadap implementasi teknologi termoelektrik Peltier TEC1-12706 dalam konfigurasi sistem pendingin dan pemanas air berkelanjutan menggunakan metode konveksi alami memperlihatkan karakteristik performa yang signifikan. Modul termoelektrik mendemonstrasikan kemampuan menciptakan gradien temperatur substansial hingga 24°C dengan stabilitas operasional pada sisi dingin 21°C dan sisi panas 45°C, mengkonfirmasi efektivitas konversi elektro-termal melalui efek Peltier. Analisis kesetimbangan energi mengungkapkan absorpsi kalor 13,95 Watt pada sisi pendinginan dan pelepasan 52,83 Watt pada zona pemanasan dengan konsumsi daya rata-rata 40 Watt. Evaluasi *coefficient of performance* menunjukkan asimetri karakteristik dengan COP pendinginan 0,4096, COP pemanasan 1,5514, dan COP kombinasi 1,961, mengindikasikan keunggulan pada fungsi pemanasan dibandingkan pendinginan. Implementasi konveksi alami tanpa sirkulasi mekanis menciptakan distribusi temperatur terlokalisasi dengan homogenitas terbatas pada volume fluida substansial. Stabilitas operasional selama 120 menit menunjukkan konsistensi performa dan kemampuan mencapai *steady state*, mengindikasikan keandalan sistem untuk aplikasi berkelanjutan dengan potensi integrasi energi terbarukan yang mendukung konsep *zero-emission cooling-heating system*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. N. Akram, H. R. Nirmani, and N. D. Jayasundere, "A Study on Thermal and Electrical Characteristics of Thermoelectric Cooler TEC1-127 Series," *Proc. - Int. Conf. Intell. Syst. Model. Simulation, ISMS*, vol. 0, pp. 430–434, 2016, doi: 10.1109/ISMS.2016.42.
- [2] S. Sujono and H. Novianto, "Experimental study on the performance of Peltier TEC12706 as a cooling and heating media," *J. Polimesin*, vol. 22, no. 6, p. 600, 2024, doi: 10.30811/jpl.v22i6.5345.
- [3] D. Coulomb, "Refrigeration and cold chain serving the global food industry and creating a better future," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 19, no. 8, pp. 413–417, 2008.
- [4] H. Zhang, Y. Dong, Y. Lai, and X. Zhang, "Waste heat recovery from coal-fired boiler flue gas: Performance optimization of a new open absorption heat pump," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 183, p. 116111, 2021.
- [5] Y. . Cengel and M. . Boles, "Solutions Manual for Thermodynamics: An Engineering Approach 8th Edition in SI Units," *McGraw-Hill Educ.*, 2015.
- [6] F. N. . Santos, A. R. . Colmanetti, L. Cabezas-Gómez, and C. . Tibiriçá, "Concept, modeling and experimental evaluation of an integrated cooling, heating and thermoelectric generation system," *J. Brazilian Soc. Mech. Sci. Eng.*, vol. 44, no. 10, pp. 1–11, 2022.
- [7] A. Sujiwa and M. A. Nurochman, "Analisa Suhu Pendinginan Termoelektrik Tipe TEC-12706 Dengan Variasi Metode Pendinginan Sisi Panas," *SinarFe7*, vol. 2, no. 1, pp. 425–429, 2019.
- [8] L. Teori, "Analisa Perpindahan Panas pada Modul Peltier TEC 1-12706 sebagai Penghasil Energi Listrik Memanfaatkan Gas Buang Mesin Diesel," vol. 5, pp. 45–51, 2021.
- [9] J. Desember, L. Nulhakim, A. I. Tauvana, and A. A. Supriyanto, "Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah Optimalisasi Thermoelectric Cooling Sebagai Alat Penghilang Embun Kaca Depan Kendaraan Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah," *J. Ilm. Optim. Thermoelectr. Cool. Sebagai Alat Penghilang Embun Kaca Depan Kendaraan Energi dan Kelistrikan*, vol. 13, no. 2, pp. 223–230, 2021.
- [10] S. P. Prakash, V. Nithyalakshmi, G. Sujatha, and R. M. Nirmal, "Experimental Study On Comparasion Of Peltier Module TEC1 12706 And TEC1 12715," *Int. J. Appl. Eng. Technol.*, vol. ISSN, pp. 9–14, 2021, [Online]. Available: <http://www.cibtech.org/jet.htm>

- [11] Dr.P.Anusha, D. M. N. S. Sri, N.Naveen, T. S. Kireet, R. S. Madhav, and N. S. Santhosh, "International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology," vol. 9, no. 6, pp. 950–955, 2022.
- [12] H. N. Sari, I. M. A. B, K. U. Bramantyo, and M. Cholikh, *Performance Analysis of Electric Coolers TEC1-12706 and TEC1-12715 with Heatsinks at Semi-conductor Cooler Boxes*. Atlantis Press International BV, 2022. doi: 10.2991/978-94-6463-100-5.
- [13] Reza Mardiansah suares *et al.*, "Cooling Machine Adapted Peltier Cooling Module TEC1-12706 to Understand Heat Transfer Application," *Biomej*, vol. 4, no. 1, pp. 12–19, 2024, doi: 10.33005/biomej.v4i1.95.
- [14] J. Wang, Y. Suo, H. Lou, Y. Ye, and Z. Zhang, "Optimization of a thermoelectric cooler-based system for atmospheric water production in terms of temperature of condensing surface," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 54, no. January, p. 104000, 2024, doi: 10.1016/j.csite.2024.104000.
- [15] S. Sanaye, A. Shourabi, and D. Borzuei, "Sustainable water production with an innovative thermoelectric-based atmospheric water harvesting system," *Energy Reports*, vol. 10, pp. 1339–1355, 2023, doi: 10.1016/j.egyr.2023.07.062.
- [16] M. A. Fauzie, M. Ali, H. Ali, R. M. Veranika, and R. Darmawan, "Perancangan Dan Pembuatan Alat Pendingin Air Aquascape Dengan Kapasitas Air 10 Liter," *J. Desiminasi Teknol.*, vol. 10, no. 2, 2022, doi: 10.52333/destek.v10i2.945.
- [17] F. N. Q. dos Santos, A. R. A. Colmanetti, L. Cabezas-Gómez, and C. B. Tibiriçá, "Concept, modeling and experimental evaluation of an integrated cooling, heating and thermoelectric generation system," *J. Brazilian Soc. Mech. Sci. Eng.*, vol. 44, no. 10, pp. 1–11, 2022, doi: 10.1007/s40430-022-03791-6.

Daftar Simbol

C_p	= Kalor jenis fluida, J/kg.°C
I	= Arus listrik, A
k	= Konduktivitas termal, w/m.k
m	= Massa fluida yang digunakan, J/s
P	= Daya listrik yang diberikan, W
Q	= laju perpindahan kalor (J/s),
Q_c	= Kalor yang diserap sisi dingin, J/s
Q_h	= Kalor yang dilepas sisi panas, J/s
T_1	= Temperatur fluida kondisi awal, °C
T_2	= Temperatur fluida kondisi akhir, °C
T_c	= Temperatur sisi dingin, °C
T_h	= Temperatur sisi panas, °C
t	= Waktu, s
V	= Tegangan listrik DC, V
COP	= <i>Coefficient of performance</i>
ΔT	= Diferensial temperatur, °C