

Optimalisasi Thermoelectric Cooling Sebagai Alat Penghilang Embun Kaca Depan Kendaraan

Lukman Nulhakim¹; Ade Irvan Tauvana²; Widodo³; Adolf Asih Supriyanto⁴;
Emmanuel Agung Nugroho⁵

^{1,2,3} Program Studi Teknologi Mesin, Politeknik Enjinering Indorama, Purwakarta, Indonesia

^{4,5} Program Studi Mekatronika, Politeknik Enjinering Indorama, Purwakarta, Indonesia

¹ lukman.nulhakim@pei.ac.id

ABSTRACT

Thermoelectric cooling technology is a non-conventional energy conversion machine, where this thermoelectric cooling has a Peltier element that produces a cold side and a hot side when DC current is applied to a paired P-type and N-type semiconductor cell. The purpose of this study is to utilize thermoelectric cooling technology to remove windshield dew on four-wheeled vehicles that do not use air conditioning when it rains. The research on this vehicle windshield dew remover uses 3 different thermoelectric cooling models, heatsinks, fans and ceramics as insulation materials, as well as a rectangular room with a size of 120 mm x 150 mm x 400 mm as a place to assemble it. The test was carried out for 10 minutes on each different thermoelectric cooling, the air flow velocity for the cold side was 0.5 m/s and the hot side was 2.5 m/s. The lowest temperature produced by thermoelectric cooling with the TEC1-12709 model is 10.9 °C while the lowest power requirement produces a temperature of 18.9 °C for TEC1-12703.

Keywords: Ceramic, Fan, Peltier, Thermoelectric Cooling

ABSTRAK

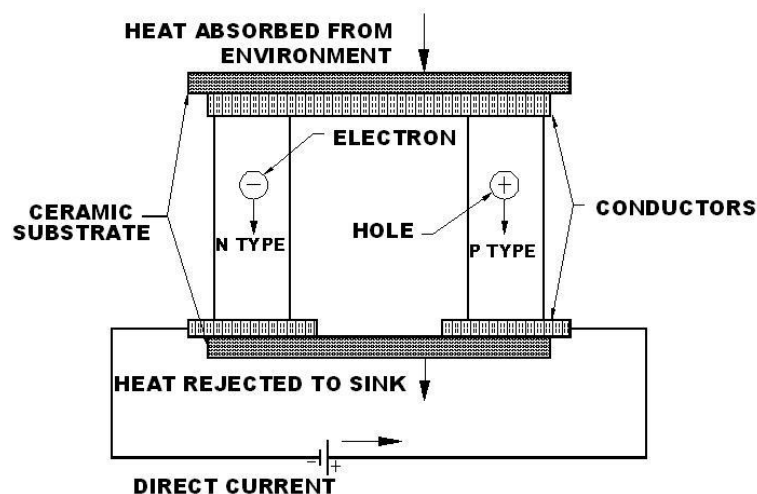
Teknologi thermoelectric cooling merupakan mesin konversi energi non konvensional, dimana thermoelectric cooling ini memiliki elemen peltier yang menghasilkan sisi dingin dan sisi panas ketika arus DC dialirkan ke sel semikonduktor tipe P dan tipe N yang berpasangan. Tujuan dari penelitian ini memanfaatkan teknologi thermoelectric cooling sebagai penghilang embun pada kaca depan kendaraan roda empat yang tidak menggunakan air conditioning pada saat hujan. Penelitian ini menggunakan 3 model thermoelectric cooling yang berbeda, heatsink, kipas angin dan keramik sebagai bahan insulasi, semua dirakit pada kotak berukuran 120 mm x 150 mm x 400 mm. Pengambilan data temperatur dilakukan selama 10 menit pada masing-masing termoelektrik cooling yang berbeda, kecepatan aliran udara untuk sisi dingin sebesar 0,5 m/s dan sisi panas 2,5 m/s. Temperatur terendah yang dihasilkan pada pendinginan termoelektrik dengan model TEC1-12709 adalah 10,9 °C sedangkan kebutuhan daya terendah menghasilkan temperatur 18,9 °C untuk TEC1-12703.

Kata kunci: Keramik, Kipas angin, Peltier, Thermoelectric Cooling

1. PENDAHULUAN

Teknologi dan fasilitas pada kendaraan memiliki perbedaan sesuai dengan kebutuhan fungsinya, pada umumnya kendaraan memiliki fasilitas Air Conditioner (AC) sebagai pendingin sekaligus menghilangkan embun pada kaca depan kendaraan. Embun pada kaca depan kendaraan terjadi dikarenakan adanya perbedaan temperatur didalam ruangan dengan temperatur yang diluar [1][2][3]. Beberapa kendaraan tidak menggunakan fasilitas tersebut dikarenakan akses keluar masuk/pintu kendaraan selalu terbuka. selain itu keberadaan AC menambah beban mesin yang mengakibatkan konsumsi bahan bakar meningkat serta berpotensi menimbulkan pencemaran udara yang disebabkan adanya penggunaan refrigerant pada AC [4].

Material thermoelectric yang digunakan bersifat semikonduktor tipe P dan tipe N, material bismuth telluride (Bi_2Te_3) merupakan salah satu material yang termasuk tipe P dan tipe N [5][6][7][8]. Selain itu penggunaan zinc oxide (ZnO) dengan doping tembaga (Cu) sebagai material thermoelectric [9]. Thermoelectric cooling (TEC) yang terlihat pada gambar 1, dimana thermoelectric ini bekerja ketika arus DC dialirkan ke elemen Peltier terdiri dari beberapa pasang sel semikonduktor tipe P yang mempunyai tingkat energi yang lebih rendah dan semikonduktor tipe N dengan tingkat energi yang lebih tinggi, akan menghasilkan perbedaan temperatur, satu sisi dingin elemen Peltier (kalor diserap) dan sisi keduanya panas (kalor dilepaskan) [10][11][12][13].



Gambar 1. Diagram Skema Thermoelectric Cooling [11].

Penelitian tentang pemanfaatan teknologi thermoelectric cooling beberapa sudah dilakukan, diantaranya sebagai pendingin ruangan dengan menggunakan 2 TEC menghasilkan temperatur sebesar $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ [14]. Pemanfaatan thermoelectric cooling juga dilakukan dengan menghasilkan total beban pendinginan sebesar 0.09168 kW dalam pembuatan cool box dengan kapasitas $7,04\text{ liter}$ [10]. Selain itu dengan menggunakan 3 thermoelectric cooling pada pendingin kotak minuman menghasilkan temperatur hingga $14,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ tanpa pembebanan dan $16,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan pembebanan pendingin sebanyak 1 liter air [15]. Pemanfaatan thermoelectric cooling sebagai portable cool box dengan menggunakan 2 buah TEC1-12705 menghasilkan temperatur terendah hingga $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ [16].

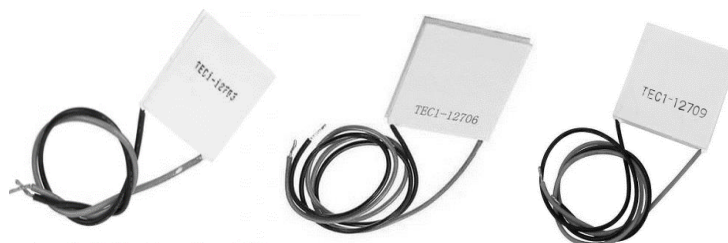
Penelitian tentang thermoelectric cooling yang lain sebagai kotak pendingin dengan beban air, menggunakan 9 TEC menghasilkan temperatur $18,52\text{ }^{\circ}\text{C}$ tanpa beban, serta $22,45\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $23,32\text{ }^{\circ}\text{C}$ menggunakan beban masing-masing 1440 ml dan 2880 ml [5]. Selain itu juga penelitian A. Suryadi dkk menggunakan TEC1-12706 sebagai pendingin kulkas dengan beban air sebanyak 100 ml menghasilkan temperatur hingga $13,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ [17]. Penelitian lainnya yaitu dengan menggunakan TEC

sebagai pendingin dapat menurunkan temperatur udara dari 30 °C menjadi 25 °C dengan kondisi udara bergerak dan mesin dalam kondisi putaran idle pada air duct sepeda motor tipe skutik [18]. R Umboh, dkk, melakukan penelitian menggunakan 2 buah thermoelectric cooling sebagai sistem pendingin pada tegangan 12 Volt dihasilkan temperatur sampai 19 °C [19]. Thermoelectric cooling sebagai pendingin chip komputer sudah dilakukan dengan menurunkan temperatur dari 138,8 °C turun menjadi 77,7 °C dengan kuat arus maksimal sebesar 6 A [8]. Penelitian thermoelectric cooling sebagai pendingin sekaligus menghilangkan embun kaca depan kendaraan umum menggunakan 20 TEC menghasilkan temperatur hingga 16,3 °C [20]. Menarik untuk diteliti penggunaan beberapa thermoelectric cooling yang berbeda dengan menggunakan 3 macam model TEC yaitu TEC-12703, TEC-12706 dan TEC-12709 pada alat penghilang embun kaca depan kendaraan untuk menghasilkan temperatur terendah.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dimana alat ini dibuat menggunakan 7 keping thermoelectric cooling dengan masing-masing 3 model yang berbeda menggunakan kotak berukuran 120 mm x 150 mm x 400 mm sebagai ruang dan tempat dudukannya. Gambar 2 menampilkan 3 macam model thermoelectric cooling berbeda kuat arusnya yang digunakan pada penelitian ini. Rangkaian sambungan paralel dipilih untuk masing-masing thermoelectric cooling dengan model yang sama, dimana dipilih sambungan paralel agar tegangan pada 12 Volt serta temperatur dingin yang diinginkan tercapai secara maksimal.

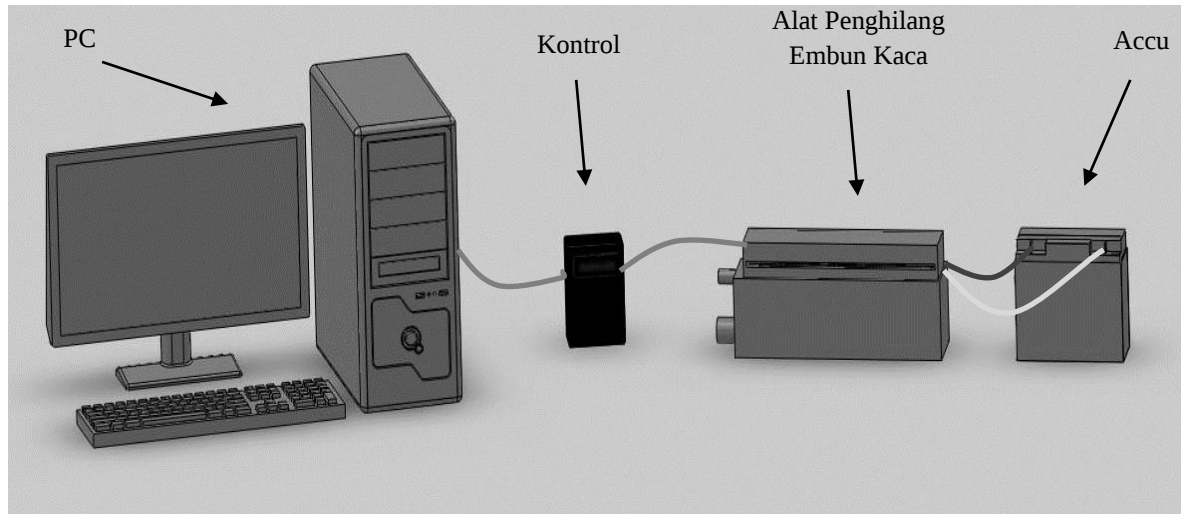
Pasta digunakan untuk merekatkan sekaligus sebagai penghantar panas pada sisi dingin dan sisi panas masing-masing thermoelectric cooling dengan heatsink, sedangkan khusus pada heatsink yang menempel pada bagian sisi panas thermoelectric cooling dipasang kipas angin agar panas yang ada di heatsink dapat cepat terbuang. Heatsink menggunakan ukuran lebih besar untuk sisi panas thermoelectric cooling diharapkan dapat lebih cepat dan banyak menyerap panas yang dikeluarkan oleh sisi panas thermoelectric cooling, dimana panas yang ada di heatsink yang lebih besar dibuang dengan bantuan kipas angin. Kinerja heatsink model extrude lebih baik daripada heatsink model slot untuk sisi panas dan sisi dingin thermoelectric cooling [21]. Kipas angin untuk membuang panas pada heatsink sisi panas menggunakan ukuran lebih besar dari pada ukuran kipas angin pada sisi dingin thermoelectric cooling, dimana kipas angin ini untuk membuang udara dingin yang diarahkan ke kaca. Kecepatan aliran udara pada heatsink sisi panas sebesar 2,5 m/s sedangkan 0,5 m/s digunakan untuk heatsink sisi dingin yang diarahkan ke kaca depan kendaraan [20].



Gambar 2. Thermoelectric Cooling Dengan 3 Model yang Berbeda.

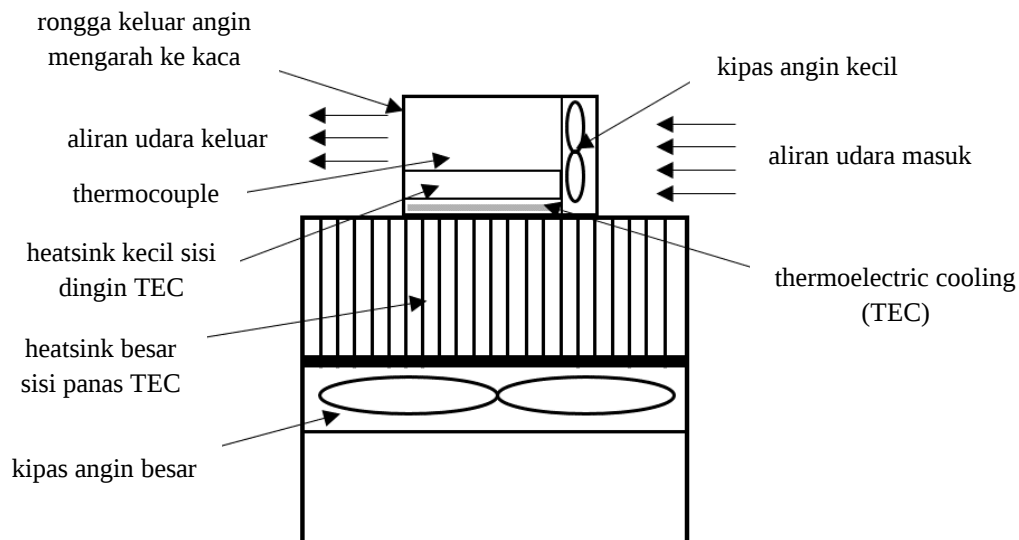
Metode pengujian disajikan pada gambar 3 dimana setiap 30 detik dilakukan pengujian selama 10 menit untuk setiap model thermoelectric cooling. Tegangan DC yang digunakan sebesar 12 Volt alirkan pada TEC yang sudah dirakit dan kipas angin. Temperatur yang dihasilkan dibaca oleh thermocouple lalu diatur dan disimpan dalam kontrol yang sudah disediakan setelah itu dikonvert

dalam personal komputer (PC). Pengambilan data untuk masing-masing thermoelectric cooling pada temperatur aliran udara dingin, dimana kipas angin pada heatsink sisi panas dihidupkan setelah itu thermoelectric cooling. Power ON ditekan agar kipas angin pada heatsink sisi dingin terhubung pada sumber listrik, dimana sumber listrik menggunakan accu.



Gambar 3. Metode Pengujian Alat Penghilang Embun Kaca Depan Kendaraan.

Gambar 4 menunjukkan penempatan masing-masing komponen yang digunakan, khususnya alat thermocouple diletakkan pada rongga keluar udara dingin heatsink dengan sistem kontrol, dimana dengan sistem kontrol yang dibuat dapat merekam perubahan temperatur aliran udara dingin. Pagi hari merupakan temperatur udara paling rendah daripada siang dan sore hari, sehingga pengujian dilakukan pada pagi hari agar tercapai temperatur terendah yang diinginkan [22].



Gambar 4. Diagram Skema Komponen Alat Penghilang Embun Kaca Depan Kendaraan.

Penelitian ini menggunakan 3 model thermoelectric cooling yang memiliki kuat arus yang berbeda dengan tegangan yang sama pada alat penghilang embun kaca depan kendaraan seperti tersajikan pada tabel 1. Gambar 5 menunjukkan kondisi saat pengujian perangkat diruang kendaraan dengan mengarahkan aliran udara dingin ke kaca bagian depan kendaraan.

Tabel 1. Spesifikasi Thermoelectric Cooling

Thermoelectric Cooling	Spesifikasi		
	Tegangan Listrik (Volt)	Kuat Arus (Ampere)	Daya Listrik (Watt)
TEC1-12703	12	3	36
TEC1-12706	12	6	72
TEC1-12709	12	9	108

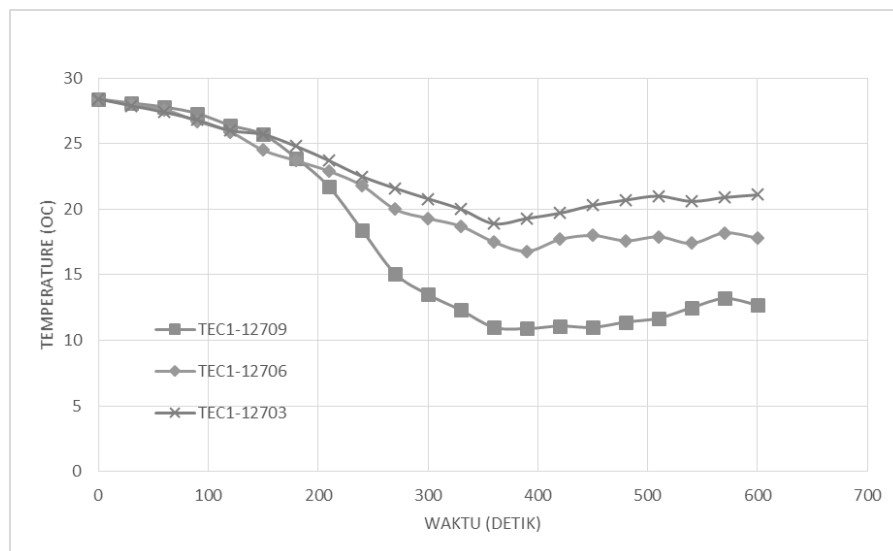
**Gambar 5.** Posisi Alat Penghilang Embun Kaca Depan Pada Kendaraan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan selama 10 menit dimana setiap 30 detik temperatur aliran udara dingin yang keluar dari alat penghilang embun kaca depan kendaraan diukur, hasil temperatur terendah ditunjukkan pada tabel 2 dimana setiap thermoelectric cooling menghasilkan temperatur dalam kisaran 10 °C sampai 19 °C dengan waktu 360 detik sampai 390 detik, dimana hasil penelitian sebelumnya pemanfaatan TEC1-12706 untuk menghilangkan embun kaca sampai temperatur 16,3 °C dengan waktu yang dibutuhkan sebesar 360 detik [20]. Hasil penelitian ini berbanding lurus dengan temperatur minimum di wilayah Jawa Barat yang berkisar antara 12 °C sampai 22 °C [23].

Tabel 2. Temperatur Terendah yang Dihasilkan

Thermoelectric Cooling	Aliran temperatur dingin (°C)	Waktu yang dibutuhkan (detik)
TEC1-12703	18,9	360
TEC1-12706	16,8	390
TEC1-12709	10,9	390



Gambar 6. Grafik Temperatur Aliran Udara Dingin Terhadap Waktu

Gambar 6 menunjukkan grafik temperatur yang dihasilkan oleh 3 model thermoelectric cooling yang berbeda, dimana temperatur mulai turun dibutuhkan waktu 360 detik untuk TEC1-12703 hingga temperatur 18,9 °C dan 390 detik untuk TEC1-12706 pada temperatur 16,8 °C dan TEC1-12709 menghasilkan temperatur 10,9 oC. TEC1-12709 menghasilkan temperatur rendah dibandingkan hasil penelitian Nulhakim dkk dimana menghasilkan temperatur hingga 16,3 °C [20]. Pada temperatur setelah 360 detik untuk TEC1-12703 dan 390 detik untuk TEC1-12706 dan TEC1-12709 mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak stabil, hal ini disebabkan temperatur pada sisi panas thermoelectric cooling belum terserap secara maksimal oleh heatsink serta dipengaruhi oleh temperatur ruangan kendaraan. Hasil ini menunjukkan bahwa TEC1-12709 menghasilkan temperatur paling rendah dibandingkan dengan TEC1-12703 dan TEC1-12706, di sisi lain TEC1-12709 membutuhkan daya yang lebih besar daripada 2 model thermoelectric cooling lainnya. Jika melihat hasil dan kebutuhan daya listrik untuk thermoelectric cooling model TEC1-12703, masih dapat digunakan sebagai alat untuk menghilangkan embun kaca depan kendaraan untuk wilayah Jawa Barat dan daya yang dibutuhkan lebih kecil daripada thermoelectric cooling model TEC1-12706 dan TEC1-12709.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian tentang pemanfaatan thermoelectric cooling dengan 3 model yang berbeda telah dilakukan. Penggunaan thermoelectric cooling pada alat penghilang embun kaca depan kendaraan berukuran 120 x 150 x 400 mm menghasilkan temperatur dingin sebesar 10.9 °C untuk TEC1-12709, sedangkan kebutuhan daya terendah menghasilkan temperatur 18.9 °C untuk TEC1-12703. Penurunan temperatur untuk 3 model thermoelectric cooling membutuhkan rentang waktu 360 detik hingga 390 detik. Temperatur yang dihasilkan oleh ketiga thermoelectric cooling tersebut dapat digunakan untuk menghilangkan embun pada kaca depan kendaraan karena temperatur terendah yang terjadi di wilayah Jawa Barat berkisar antara 12 °C sampai dengan 22 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Lee and D. Lee, "The relationship between indoor and outdoor temperature in two types of residence," *Energy Procedia*, vol. 78, pp. 2851–2856, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.647.
- [2] A. Purnomo, "Mengendarai Mobil Saat Hujan Jangan Matikan AC, Ini Fungsinya," *Kompas.com*, Jakarta, Dec. 28, 2019.
- [3] D. M. Dahwilani, "Penyebab Kaca Mobil Berembun saat Cuaca Dingin atau Hujan," *inews*, Feb. 2021.
- [4] M. A. Jasni and F. M. Nasir, "Experimental Comparison Study of the Passive Methods in Reducing Car Cabin Interior Temperature," pp. 229–233, 2012.
- [5] A. K. Mainil, A. Aziz, and M. Akmal, "Portable Thermoelectric Cooler Box Performance with Variation of Input Power and Cooling Load," *Aceh Int. J. Sci. Technol.*, vol. 7, no. 2, pp. 85–92, 2018, doi: 10.13170/aijst.7.2.8722.
- [6] C. Gould and N. Shammass, "A Review of Thermoelectric MEMS Devices for Micro-power Generation, Heating and Cooling Applications," *Micro Electron. Mech. Syst.*, no. April, 2009, doi: 10.5772/7001.
- [7] J. Patel, M. Patel, J. Patel, and H. Modi, "Improvement In The COP Of Thermoelectric Cooler," *Improv. COP Thermoelectr. Cool.*, vol. 5, no. 5, pp. 73–76, 2015.
- [8] S. Al-Shehri and H. H. Saber, "Experimental investigation of using thermoelectric cooling for computer chips," *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, vol. 32, no. 5, pp. 321–329, 2020, doi: 10.1016/j.jksues.2019.03.009.
- [9] A. Kurniawan, "Pengembangan Semikonduktor Tipe-P untuk Modul Termoelektrik Berbasis Material ZnO," Universitas Sebelas Maret, 2014.
- [10] P. Y. PURWOKO, "PERANCANGAN PORTABLE COOL BOX BERBASIS TERMOELEKTRIK & HEAT SINK," Universitas Muhammadiyah Malang, 2014.
- [11] M. K. Rawat, H. Chattopadhyay, and S. Neogi, "A review on developments of thermoelectric refrigeration and air conditioning systems: a novel potential green refrigeration and air conditioning," *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, vol. 3, no. 3, pp. 362–367, 2013.
- [12] P. Agivale, P. Kamble, V. Nikam, and M. Jagtap, "Fabrication of thermoelectric cooler," vol. 9, no. 5, pp. 76–79, 2018, [Online]. Available: <http://www.ijser.org>.
- [13] S. Kokyay, E. Kilinc, F. Uysal, H. Kurt, E. Celik, and M. Dugenci, "A prediction model of artificial neural networks in development of thermoelectric materials with innovative approaches," *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, vol. 23, no. 6, pp. 1476–1485, 2020, doi: 10.1016/j.jestch.2020.04.007.
- [14] L. Nulhakim, "Uji Unjuk Kerja Pendingin Ruangan Berbasis Thermoelectric Cooling," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 85–90, 2017, doi: 10.24176/simet.v8i1.829.
- [15] A. Aziz, J. Subroto, and V. Silpana, "Aplikasi modul pendingin termoelektrik sebagai media pendingin kotak minuman," *Technology*, pp. 1–7, 2015.
- [16] F. S. GIANITA, "KAJI EKSPERIMENTAL PORTABLE COOL BOXMENGUNAKANTEC1-17205 CASCADE," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [17] A. Suryadi and A. Firmansyah, "Rancang Bangun Kulkas Mini Portable Menggunakan Peltier," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 1, pp. 11–22, 2020, doi: 10.24176/simet.v11i1.3361.

- [18] I. Imansyah Ibnu Hakim and A. R. Husniawan, "STUDI AWAL UNJUK KERJA PENDINGIN UDARA (AIR COOLER) BERBASIS TERMOELEKTRIK PADA AIR DUCT SEPEDA MOTOR TIPE SKUTIK.," Semin. Nas. Tah. Tek. Mesin Indones. XIV, 2015, [Online]. Available: <http://eprints.ulm.ac.id/749/>.
- [19] R. Umboh, "Perancangan Alat Pendinginan Portable Menggunakan Elemen Peltier," J. Tek. Elektro dan Komput., vol. 1, no. 3, pp. 1–6, 2012.
- [20] L. Nulhakim, "Pemanfaatan Thermoelectric Cooling Sebagai Penghilang Embun Kaca Depan Angkutan Umum Perkotaan (Angkot)," vol. 3, no. 2, pp. 29–34, 2018.
- [21] J. E. Poetro and C. R. Handoko, "ANALISIS KINERJA SISTEM PENDINGIN ARUS SEARAH YANG MENGGUNAKAN HEATSINK JENIS EXTRUDED DIBANDINGKAN DENGAN HEATSINK JENIS SLOT," J. Tek. MESIN, vol. 21, no. 2, pp. 178–189, 2013, [Online]. Available: <http://journal.um.ac.id/index.php/teknik-mesin/article/view/3816>.
- [22] S. Sapariyanto, S. Budi Yuwono, and M. Riniarti, "Kajian Iklim Mikro Di Bawah Tegakan Ruang Terbuka Hijau Universitas Lampung," J. Sylva Lestari, vol. 4, no. 3, p. 114, 2016, doi: 10.23960/jsl34114-123.
- [23] BPS, Provinsi Jawa Barat Dalam Angka 2020. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat, 2020.