

Analisa Suhu Pendinginan Termoelektrik Tipe TEC-12706 Dengan Variasi Metode Pendinginan Sisi Panas

¹Akbar Sujiwa, ²Mochamad Arif Nurochman

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Universitas PGRI Adi Buana, Surabaya

¹akbarsujiwa@unipasby.ac.id, ²arifnurochman37@gmail.com

Abstract - There are various cooling systems that are very important for our needs, such as air conditioners, refrigerators and car air conditioners. However, some use less environmentally friendly gases such as chlorofluorocarbons (CFC), to reduce the use of these hazardous materials, alternative technologies such as thermoelectric devices can be used. The working principle of this device in producing cold temperatures is carried out by providing certain working voltages, currents, and maintaining the thermoelectric heat side in the lowest possible temperature range. The system to maintain the heat side temperature is still rarely considered, therefore in this study we investigated which cooling method is best used to maintain the stability of the thermoelectric heat side temperature. The research was conducted with three types of variations, namely using a heatsink, heatsink with fan, and using waterblock. The results of this study obtained that the cooling system that is able to maintain the stability of the cooling temperature is waterblock with the lowest temperature achieved at 6,3 °C.

Keywords—Cooling, heatsink, temperature, thermoelectric, waterblock.

Abstrak—Sistem pendingin baik berupa pendingin ruangan, lemari pendingin, maupun pendingin udara mobil merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan sekarang. Namun dalam penerapannya, pada sistem pendingin ini terdapat sebagian teknologi yang memanfaatkan gas kurang ramah lingkungan seperti *chlorofluorocarbon* (CFC) karena dapat mempengaruhi kondisi ozon bumi, untuk mengurangi penggunaan bahan berbahaya tersebut maka teknologi alternatif berupa perangkat termoelektrik dapat digunakan. Prinsip kerja perangkat ini dalam menghasilkan suhu dingin dilakukan dengan memberikan tegangan kerja dan arus kerja tertentu serta mempertahankan sisi panas termoelektrik dalam rentang suhu serendah mungkin. Sistem untuk menjaga temperatur sisi panas ini masih jarang diperhatikan, oleh karena itu pada penelitian ini diteliti metode pendinginan mana yang baik digunakan dalam mempertahankan kestabilan suhu sisi panas termoelektrik. Penelitian dilakukan dengan tiga macam variasi metode, yaitu menggunakan *heatsink*, *heatsink* dan kipas, serta menggunakan *waterblock*. Hasil dari penelitian ini diperoleh bahwa sistem pendingin yang mampu menjaga kestabilan suhu pendinginan adalah *waterblock* dengan suhu terendah yang dicapai sebesar 6,3 °C.

Kata Kunci—*Heatsink*, pendinginan, suhu, termoelektrik, *waterblock*.

I. Pendahuluan

Freon merupakan senyawa yang memiliki sifat titik beku yang rendah dan stabil. Senyawa ini biasa digunakan dalam perangkat pendingin seperti lemari pendingin maupun *Air Conditioner* (AC) sebagai bahan penyerap panas [1]. Disamping penggunaannya yang semakin banyak dan luas, freon ternyata memiliki dampak buruk bagi lingkungan karena dengan semakin banyak freon khususnya Freon 11 yang merupakan *chlorofluorocarbon* (CFC) membuat perusakan pada lapisan ozon bumi [2]. Rusaknya ozon memiliki dampak buruk berupa masuknya sinar ultraviolet yang berbahaya bagi manusia karena dapat mengakibatkan kanker kulit [3].

Oleh karena itu perlu adanya pemanfaatan teknologi yang ramah lingkungan untuk mengurangi dampak buruk penggunaan teknologi yang membahayakan lingkungan tersebut. Penggunaan termoelektrik merupakan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan ini. Secara umum prinsip kerja dari perangkat termoelektrik yaitu dengan mengonversi energi panas dari perbedaan temperatur pada sisi dingin dan sisi panas perangkat menjadi energi listrik (generator termoelektrik) [4], namun proses ini dapat dibalik dengan memberikan energi listrik pada perangkat termoelektrik dan menjaga sisi panasnya agar tetap rendah, maka pada sisi dinginnya akan bersuhu sangat rendah sehingga dapat digunakan sebagai perangkat pendingin [5].

Penelitian dalam pemanfaatan termoelektrik telah banyak dilakukan, seperti dalam desain kotak pendingin makanan maupun minuman [6], generator listrik [7], dan banyak kegunaan lain. Pada penelitian Amrullah [8] suhu dari sisi dingin termoelektrik tipe TEC-12706 mampu mencapai suhu 12 °C dalam proses mendinginkan air mineral, namun metode teknis dalam mendinginkan sisi panas pada sebagian besar menggunakan cara konvensional berupa elemen sirip aluminium (*heatsink*) yang dikombinasikan dengan kipas DC [9].

Karena penurunan suhu pada sisi dingin termoelektrik sangat dipengaruhi oleh temperatur kerja pada sisi panas, maka perlu adanya penelitian untuk mengamati kinerja berbagai perangkat pendingin untuk sisi panas guna menjaga suhu kerja termoelektrik tetap rendah. Dalam penelitian ini digunakan tiga variasi metode perangkat pendinginan, yaitu menggunakan

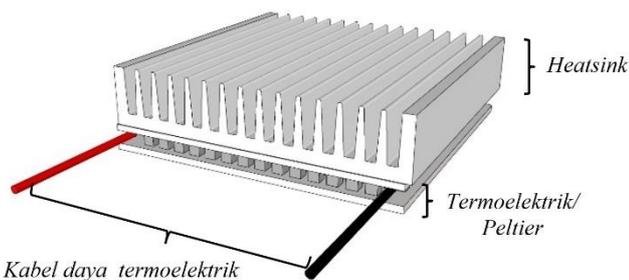
heatsink, *heatsink* dengan kombinasi kipas DC (*Heatsink* dan kipas), serta *waterblock*. Dari ketiga metode pendinginan tersebut nantinya dicari manakah metode yang mampu menstabilkan suhu pada sisi dingin termoelektrik, metode manakah yang paling baik digunakan, dan berapakah suhu pendinginan terendah yang mampu dicapai menggunakan berdasarkan metode yang diteliti.

II. Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan tiga macam variasi pengukuran untuk menentukan sistem pendingin yang efisien dalam penggunaan termoelektrik peltier tipe TEC1-12706. Hasil dari pengukuran ini digunakan untuk menentukan sistem pendingin mana yang cocok untuk digunakan pada sistem pendingin ruangan berbasis termoelektrik yang akan dikembangkan.

A. Metode Pendingin Termoelektrik Menggunakan Heatsink

Dalam percobaan pertama guna menentukan kinerja *heatsink* sebagai perangkat untuk mendinginkan termoelektrik maka dilakukan percobaan dengan menyusun alat seperti Gambar 1. Termoelektrik memiliki sisi panas dan sisi dingin [10], dimana pada penelitian ini sisi dingin dimanfaatkan sebagai sumber penghasil temperatur rendah pada perangkat pendingin ruangan yang akan dikembangkan. Sedangkan pada sisi panasnya dikondisikan suhunya dengan mengaplikasikan *heatsink* yang terbuat dari aluminium dengan dimensi 40 x 40 x 11 mm sehingga di harapkan mampu menjaga suhunya tetap rendah.

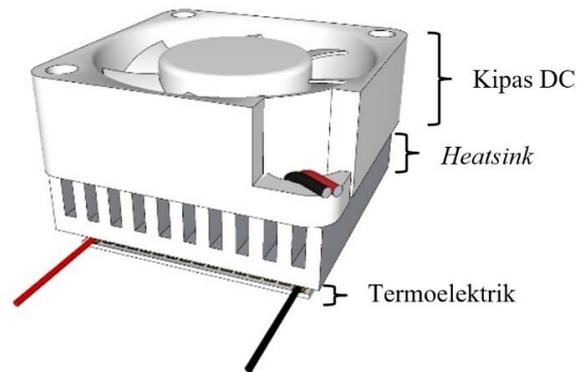


Gambar 1. Skema penempatan *heatsink* pada sisi panas termoelektrik

Sebuah catu daya dengan spesifikasi 12 Volt dan arus sebesar 5 Ampere digunakan untuk memberikan daya pada termoelektrik (TEC-12706). Untuk meningkatkan transfer panas antara termoelektrik dan *heatsink* maka digunakan pasta termal pada masing-masing sisi yang saling bersentuhan di antara keduanya. Data penelitian berupa nilai suhu dari kedua sisi termoelektrik (sisi panas dan dingin) dengan variabel waktu yang diambil setiap satu menit hingga maksimal 15 menit.

B. Metode Pendingin Termoelektrik Menggunakan Heatsink dan Kipas

Pada percobaan kedua, masih menggunakan termoelektrik dan *heatsink* yang sama namun dengan tambahan kipas angin berdimensi 40 x 40 x 10 mm dengan tegangan kerja 12 Volt DC. Skema rangkaian percobaan dapat dilihat pada Gambar 2.

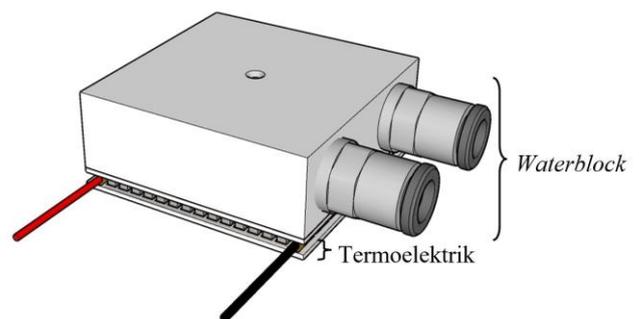


Gambar 2. Skema penempatan *heatsink* dan kipas pada sisi panas termoelektrik

Metode kerja pada percobaan kedua ini sama dengan percobaan pertama yaitu dengan menggunakan variabel bebas berupa waktu dari 1 menit hingga 15 menit dan variabel terikat yang di ukur berupa suhu yang terjadi di kedua sisi tiap menit.

C. Metode Pendingin Termoelektrik Menggunakan Waterblock

Untuk percobaan ketiga, pendingin yang bersentuhan langsung dengan termoelektrik berupa *waterblock*. Pendingin jenis ini memanfaatkan air sebagai transfer panasnya yang ditempatkan pada sebuah bejana (*block*), sistem pendingin cair seperti ini memberikan kinerja terbaik untuk penyerapan panas [11]. Sistem *waterblock* memiliki komponen lain berupa pompa air, blok air (*waterblock*), cairan pendingin (air), selang, kipas dan *heatsink*. Skema rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema penempatan *waterblock* pada sisi panas termoelektrik

Data dan variabel yang digunakan pada percobaan ketiga ini tetap sama dengan sebelumnya. Variabel waktu dari menit pertama hingga menit ke-15 digunakan untuk mengamati perubahan suhu di sisi panas dan dingin dari kedua sisi termoelektrik.

III. Hasil dan Pembahasan

Hasil percobaan dari ketiga metode dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 yang merupakan data hasil pengukuran suhu panas dan dingin. Pada Tabel 1 adalah tabel pengukuran dari tiga jenis pendingin yaitu *Heatsink*, *Heatsink & Kipas*, serta *Waterblock*. Data yang terukur adalah data suhu pada sisi dingin termoelektrik. Sedangkan data pengukuran sisi panas termoelektrik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Data Suhu Pada Sisi Dingin Termoelektrik dengan Tiga Variasi Metode Pendinginan

No.	Waktu (menit)	Suhu Sisi Dingin Termoelektrik (°C)		
		<i>Heatsink</i>	<i>Heatsink & Kipas</i>	<i>Waterblock</i>
1	1	28,3	29,4	8,5
2	2	38,2	31,6	6,3
3	3	47,6	32,1	6,4
4	4	51,7	32,2	6,6
5	5	66,2	31,9	7,4
6	6	69,4	32,3	7,2
7	7	72,8	30,1	7,6
8	8	68,9	29,8	7,2
9	9	61,6	29,6	7,5
10	10	54,3	30	7,3
11	11	45,6	30,4	7,8
12	12	35	29,3	8,2
13	13	34,8	29,1	7,3
14	14	33,5	28	7,5
15	15	32,8	29,4	7,7

Suhu terendah berdasarkan Tabel 1. yang diperoleh selama 15 menit pengoperasian termoelektrik menggunakan pendingin *heatsink* sebesar 28 °C, yang merupakan suhu menit pertama dari termoelektrik, sehingga dalam percobaan ini termoelektrik ternyata semakin lama semakin panas. Sedangkan pada suhu tertinggi terjadi pada menit ke-7 sebesar 78,8 °C. Hal ini terjadi karena panas yang diserap oleh *heatsink* tidak bisa secara cepat dibuang, sehingga lama kelamaan panasnya terakumulasi pada *heatsink* dan menyebabkan termoelektrik menjadi sangat panas.

Tabel 2. Data Suhu Pada Sisi Panas Termoelektrik dengan Tiga Variasi Metode Pendinginan

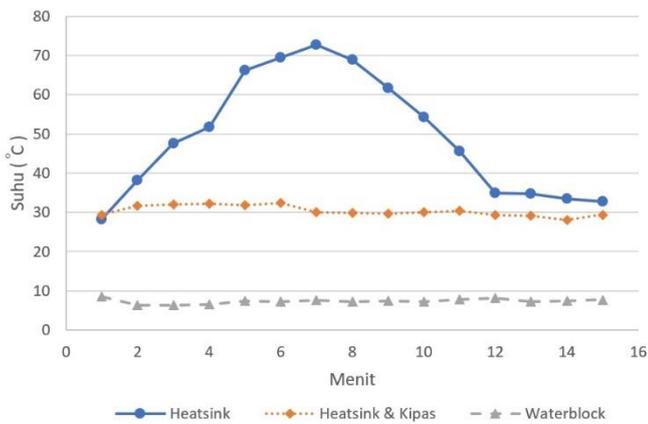
No.	Waktu (menit)	Suhu Sisi Panas Termoelektrik (°C)		
		<i>Heatsink</i>	<i>Heatsink & Kipas</i>	<i>Waterblock</i>
1	1	49,4	55,1	33,9
2	2	56,2	58,2	34,6
3	3	62,5	58,7	35,1
4	4	67,1	57,6	35,1
5	5	72,3	56,8	35,3
6	6	75,6	57,2	35,3
7	7	78,8	49,8	35,3
8	8	73,1	48,6	35,4
9	9	68,4	48,2	35,3
10	10	60,9	46,6	35,2
11	11	53,7	46,5	35,3
12	12	45,9	45	35,4
13	13	39	44,7	35,4
14	14	37,3	44,8	35,5
15	15	36,8	45,1	35,4

Pada penggunaan *heatsink* dengan tambahan kipas, suhu terendah didapat pada menit ke-14. Jika dilihat suhu pada menit pertama selisihnya hanya sekitar 1,4 °C lebih tinggi dari menit ke-14. Dengan selisih yang sedikit ini ternyata kipas mampu mempertahankan suhu sisi dingin stabil. Sedangkan saat menit ke-3 merupakan suhu tertinggi pada pengukuran suhu panas termoelektrik yaitu sebesar 58,7 °C. Pada penelitian Aziz [9] yang menggunakan metode sama, suhu terendah dapat mencapai 14,3 °C hal ini dikarenakan luasan *heatsink* yang dipakai dua kali lebih besar dari pada yang dipakai dalam penelitian ini sehingga kemampuan pendinginan dan pelepasan kalor jauh lebih baik. Dari fenomena ini dapat diamati bahwa semakin lebar *heatsink* yang digunakan maka suhu pada sisi dingin akan semakin rendah.

Saat termoelektrik menggunakan pendingin *waterblock* ternyata suhu dari sisi dingin dapat mencapai suhu yang paling rendah di antara ketiga sistem pendingin, sekitar 6,3 °C saat menit ke-2, sedangkan suhu tertinggi pada sisi panas berada pada suhu 35,5 °C saat menit ke-14. Sehingga dengan memanfaatkan *waterblock* sebagai sistem pendingin sisi panas maka akan didapat peningkatan kinerja pendinginan pada sisi dingin. Hal ini sesuai dengan penelitian dari Azimi [11], bahwa dengan menggunakan *waterblock* akan meningkatkan kinerja penyerapan kalor dalam proses pendinginan suatu perangkat.

Untuk mempermudah analisa perbedaan antar variasi metode pendinginan, maka data pada Tabel 1. Diubah menjadi bentuk grafik seperti yang terlihat pada Gambar 4. Garis grafik

dengan simbol bulat, garis lurus, dan warna biru merupakan data suhu metode pertama dari termoelektrik yang menggunakan *heatsink*. Garis grafik dengan simbol belah ketupat, garis titik, dan warna oranye merupakan data suhu metode kedua dari termoelektrik yang menggunakan *heatsink* dan kipas. Garis grafik dengan simbol segitiga, garis patah, dan warna abu-abu merupakan data suhu metode ketiga dari termoelektrik yang menggunakan *waterblock*.



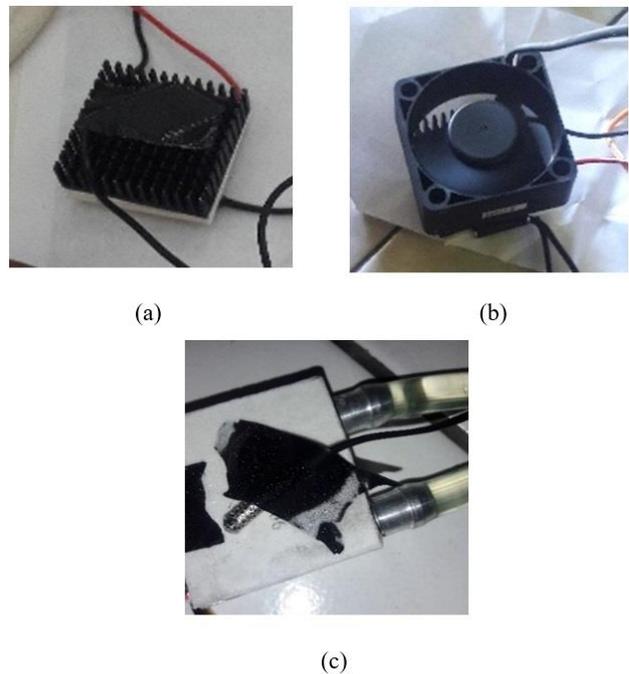
Gambar 4. Grafik perbandingan suhu dingin termoelektrik dengan variasi metode pendinginan

Suhu stabil pada Gambar 4 dapat diamati terjadi pada penggunaan metode kedua dan ketiga, terlihat bahwa pada metode kedua suhu mampu dijaga tetap dingin pada 33,9 – 35,5 °C. Namun suhu ini tidak cukup untuk dijadikan sebagai suhu untuk membuat perangkat pendingin ruangan (*Air Conditioner*). Sebuah pendingin ruangan harus mampu mengatur suhu pada temperatur nyaman sekitar 20 °C [12], sehingga penggunaan metode kedua maupun metode pertama tidak dapat digunakan pada pengembangan perangkat pendingin ruangan berbasis termoelektrik.

Metode ketiga ternyata mampu menghasilkan suhu di bawah 10 °C, dan juga terlihat stabil dalam mempertahankan suhu rendah. Meskipun suhu yang dicapai lebih rendah dari suhu nyaman, kendala ini dapat diatasi dengan membuat sistem kendali suhu melalui pengaturan pembatasan arus kerja termoelektrik. Sehingga dengan mengendalikan arus termoelektrik, suhu yang dihasilkan dapat diatur sesuai dengan keinginan. Jika dibandingkan dengan suhu pendinginan dari penelitian Amrullah [8], hasil penelitian ini mampu mendapat suhu pendinginan yang lebih rendah 2 °C, sehingga dengan penggunaan *waterblock* sebagai perangkat pendingin sisi panas termoelektrik maka dapat menambah performa fungsi pendinginan termoelektrik khususnya tipe TEC-12706.

Hasil uji coba perangkat dapat dilihat pada Gambar 5, secara berurutan pada Gambar 5(a) merupakan aplikasi metode pertama menggunakan *heatsink* saja, (b) merupakan aplikasi metode pertama dengan penambahan kipas untuk mempercepat

pembuangan panas dari *heatsink*, (c) merupakan aplikasi metode ketiga menggunakan *waterblock*. Khusus pada metode ketiga terlihat bahwa pada sisi dingin mulai muncul bunga es, hal ini terjadi karena suhu yang terjadi di sisi dingin mencapai 10 °C, berbeda dengan menggunakan metode pertama dan kedua yang tidak sampai muncul bunga es karena suhu yang di dapat hanya di sekitar 30 °C yang merupakan suhu normal ruangan.



Gambar 5. Variasi Pendingin Termoelektrik Menggunakan (a) *Heatsink* (b) *Heatsink & Kipas* (c) *Waterblock*

IV. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian penggunaan variasi metode pendinginan sisi panas termoelektrik ini adalah:

1. Metode kedua dan ketiga merupakan metode yang mampu menstabilkan suhu pada sisi dingin termoelektrik, namun pada metode kedua dengan menggunakan *heatsink* dan kipas tidak mampu mencapai suhu nyaman ruangan karena hanya mampu mencapai suhu 28 °C.
2. Metode ketiga merupakan metode terbaik dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan pendingin *waterblock* pada sisi panas termoelektrik.
3. Dengan menerapkan sistem *waterblock* pada sisi panas termoelektrik akan mengakibatkan suhu pada sisi dingin mencapai titik terendah sebesar 6,3 °C.
4. Berdasarkan hasil pengujian pada penelitian ini, metode ketiga merupakan metode yang disarankan untuk digunakan pada sistem pendingin ruangan berbasis Termoelektrik Peltier tipe TEC-12706.

Saran untuk penelitian selanjutnya agar mencari karakteristik dari TEC-12706 dalam penggunaannya dalam rentang waktu yang lama. Agar diketahui apakah penggunaan sistem pendingin menggunakan komponen ini mampu digunakan untuk kerja yang cukup lama.

V. Daftar Pustaka

- [1] L. Ma, L. Shang, D. Zhong, and Z. Ji, "Experimental investigation of a two-phase closed thermosyphon charged with hydrocarbon and Freon refrigerants," *Appl. Energy*, vol. 207, pp. 665–673, Dec. 2017.
- [2] D. Ryvlin, M. Girschikofsky, D. Schollmeyer, R. Hellmann, and S. R. Waldvogel, "Methyl-Substituted α -Cyclodextrin as Affinity Material for Storage, Separation, and Detection of Trichlorofluoromethane," *Glob. Challenges*, vol. 2, no. 8, p. 1800057, Aug. 2018.
- [3] S. Thangavel and K. K. S. Kumar Reddy, "Ozone Layer Depletion and Its Effects: A Review," *Int. J. Environ. Sci. Dev.*, vol. 2, pp. 30–37, 2011.
- [4] A. Montecucco, J. Siviter, and A. R. Knox, "The effect of temperature mismatch on thermoelectric generators electrically connected in series and parallel," *Appl. Energy*, vol. 123, pp. 47–54, Jun. 2014.
- [5] T. UHSG, Z. Lubis, and T. B. Sitorus, "Analisa kinerja sistem pendingin peltier yang menggunakan sel PV dengan sumber energi radiasi matahari," *J. Energi dan Manufaktur*, vol. Vol. 9, no. No. 2, pp. 166–173, 2016.
- [6] M. Mirmanto, R. Sutanto, and D. K. Putra, "Unjuk Kerja Kotak Pendingin Termoelektrik dengan Varuasi Laju Aliran Massa Air Pendingin," *J. Tek. Mesin*, vol. 7, p. 44, 2018.
- [7] A. Mashduqi, M. Facta, and B. Winardi, "KONVERTER ARUS SEARAH TIPE BUCK DENGAN RANGKAIAN PEMICU MIKROKONTROLLER ARDUINO UNTUK APLIKASI GENERATOR TERMOELEKTRIK," *TRANSIENT*, vol. 7, no. 4, p. 853, May 2019.
- [8] A. Amrullah and Z. Djafar, "Peningkatan Kinerja Termoelektrik Ganda pada Mesin Pendingin Air Minum sebagai Solusi Penghematan Energi," *JTT (Jurnal Teknol. Ter.*, vol. 1, no. 1, Apr. 2018.
- [9] A. Aziz, J. Subroto, and V. Silpana, "APLIKASI MODUL PENDINGIN TERMOELEKTRIK SEBAGAI MEDIA PENDINGIN KOTAK MINUMAN," *J. Rekayasa Mesin*, ISSN 1411-6863, vol. 10, pp. 32–38, 2015.
- [10] A. G. Darmoyono, H. R. Suwarman, and A. Nurhayati, "Utilizing Thermoelectric Generator Peltier in Using Solar Thermal Energy as Renewable Energy Source," in *2018 International Conference on Applied Engineering (ICAE)*, 2018, pp. 1–4.
- [11] M. Azimi, S. S. Mirjavadi, and M. Sedighi, "A Novel Cooling System Design for Water Block in Liquid Cooling Garment," vol. 07, pp. 72–82, 2016.
- [12] James Rilatupa, "ASPEK KENYAMANAN TERMAL PADA PENGKONDISIAN RUANG DALAM," *J. Sains dan Teknol. EMAS*, vol. 18, no. No. 3, pp. 191–198, 2008.