



UNJUK KERJA *COOL BOX* BERBASIS *THERMOELECTRIC COOLER* (TEC) MENGGUNAKAN SIRKULASI PEMBUANGAN KALOR

Citra Zaskia Pratiwi, Iman Mawardi, Fikrul Haikal Tamami
Program Studi Mekanisasi Perikanan Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo
*citra.pratiwi@kkp.go.id

Abstrak

Penelitian ini membahas unjuk kerja *cool box* berbasis *Thermoelectric Cooler* (TEC) dengan menggunakan sirkulasi pembuangan kalor. Kelebihan dari penerapan sirkulasi pembuangan kalor adalah mengoptimalkan kinerja sisi dingin elemen peltier. *Cool box* memiliki kapasitas sebesar 6L dengan dimensi berukuran 45 x 36 x 26 cm. Sirkulasi pembuangan kalor antara lain *water block*, radiator, dan pompa. Sementara untuk komponen pendingin yang digunakan yaitu elemen peltier TEC1-12706, kipas DC, dan *coldsink*. Hasil pengukuran suhu *cool box* tanpa beban selama ± 3 jam menunjukkan suhu *coldsink* secara stabil berada pada 10°C dan 16°C untuk suhu ruang. Sementara pengukuran suhu dengan beban 6L menunjukkan suhu *coldsink* secara stabil berada pada 15°C dan suhu ruang 20°C selama ± 3 jam. Laju aliran volume udara untuk sirkulator suhu *coldsink* sebesar 0,0640 m³/s dan laju aliran massa udara sebesar 0,0768 kg/s sedangkan laju aliran volume udara untuk kipas pembuangan kalor sebesar 0,0224 m³/s dan 0,0269 kg/s untuk laju aliran massa udara.

Kata Kunci: *cool box*, *thermoelectric cooler*, pembuangan kalor, laju aliran volume udara, laju aliran massa udara

Abstract

This research discusses performance of cool box based on Thermoelectric Cooler (TEC) using circulation of heat dissipation. The advantage of implementing circulation of heat dissipation is optimize performance of cold side of peltier element. Cool box has capacity of 6L with the dimension of 45 x 36 x 26 cm. Circulation of heat dissipation consists of some components such as water block, radiator, and pump. While cooling components used are peltier element TEC1-12706, DC fan, and coldsink. The cool box temperature measurement results without load for ± 3 hours show coldsink temperature stably at 10 °C and 16 °C for room temperature. While the results of temperature measurement with 6L load show coldsink temperature stably at 15 °C and room temperature of 20 °C for ± 3 hours. Air volume flow rate for coldsink temperature circulator of 0,0640 m³/s and air mass flow rate of 0,0768 kg/s whereas air volume flow rate for heat dissipation fan of 0,0224 m³/s and 0,0269 kg/s for air mass flow rate.

Keyword: *cool box*, *thermoelectric cooler*, heat dissipation, air volume flow rate, air mass flow rate

1. PENDAHULUAN

Salah satu metode yang digunakan dalam penyimpanan bahan pangan adalah dengan menggunakan suhu rendah atau biasa disebut proses pendinginan. Penyimpanan pada suhu rendah berfungsi untuk menghambat kerusakan makanan antara lain kerusakan enzimatis, kerusakan mikrobiologis, dan kerusakan fisiologis [1]. Pendinginan merupakan proses pengambilan suhu panas dari produk pangan sehingga suhu produk menjadi -1 sampai 8°C. Pendinginan dapat mengawetkan bahan pangan selama beberapa hari atau beberapa minggu tergantung jenis pangannya. Contohnya ikan dapat simpan hingga sekitar 2 hari pada suhu 15 – 20°C, tahan selama 5 – 6 hari pada suhu 5°C, dan pada suhu 0°C dapat mencapai 9 – 14 hari [2].

Pendinginan bahan pangan untuk rumah tangga biasanya menggunakan kulkas yang mempunyai suhu -2°C sampai 16°C. Namun refrigeran berbasis *Chloro Fluoro Carbon* (CFC) yang digunakan pada kulkas dapat menyebabkan pemanasan global karena dapat merusak lapisan ozon [3,4]. Cara yang dapat digunakan untuk



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

mengatasi permasalahan tersebut adalah menggunakan mesin pendingin dengan sistem termoelektrik. Pada sistem termoelektrik membutuhkan penukar panas untuk menghilangkan panas secara langsung menjadi listrik atau mengubah energi listrik menjadi energi panas dan berfungsi sebagai pemanas atau pendingin [5]. Termoelektrik memiliki beberapa keunggulan antara lain relatif lebih ramah lingkungan, tahan lama, perawatan mudah dan bisa digunakan dalam skala besar dan kecil [6]. Prinsip termodinamika yang digunakan sistem termoelektrik yaitu efek Seebeck, Peltier, dan Thompson. Pada saat dialiri arus DC, salah satu sisi elemen peltier menjadi dingin (kalor diserap) dan sisi lainnya menjadi panas (kalor dilepaskan) sehingga elemen peltier dapat dimanfaatkan sebagai pemanas dan pendingin [7]. Hal yang menyebabkan sisi dingin elemen peltier menjadi dingin adalah mengalirnya elektron dari tingkat energi yang lebih rendah pada semikonduktor tipe p ke tingkat energi yang lebih tinggi yaitu semikonduktor tipe n [8]. Penelitian sebelumnya dilakukan untuk mengetahui kinerja rangkaian kaskade TEC berdasarkan variasi tegangan input dalam kotak pendingin ikan yang menunjukkan bahwa tegangan input terbaik untuk kinerja TEC adalah 42 Volt dengan temperatur terendah selama penelitian yaitu 7,74°C pada sisi dingin [9]. Penelitian sebelumnya juga dilakukan dengan merancang alat *cooler box* semi konduktor yang menggunakan TEC1-12706 dengan *water cooling*. *Cooler box* semi konduktor ini dapat mencapai temperatur terendah sebesar 11°C yang dicapai pada waktu 30 menit [10]. Selain itu, dilakukan penelitian untuk mengetahui aplikasi pendingin elektrik TEC1-12706 dan TEC1-12715 dengan heatsink pada *cooler box* semi konduktor, hasil pengujian menunjukkan suhu terendah yang dicapai yaitu 24°C dalam waktu 60 menit [11]. Kinerja kotak pendingin (*cooler box*) berpendingin TEC1-12715 pada beberapa beban pendinginan menunjukkan bahwa suhu kotak pendingin tanpa beban menurun seiring dengan bertambahnya waktu pendinginan dan suhu yang dicapai rata-rata sebesar 17,08°C sedangkan suhu rata-rata air dalam kotak pendingin yang berisi 2, 4, dan 6 botol aqua berturut-turut adalah 21,56°C, 23,08°C, dan 24,74°C sehingga peningkatan beban pendinginan akan meningkatkan daya input ke dalam kotak pendingin dan menurunkan nilai COP sistem pendingin [12]. Oleh karena itu, penelitian ini akan membahas terkait unjuk kerja *cool box* berbasis *Thermoelectric Cooler* (TEC) menggunakan sirkulasi pembuangan kalor untuk mengetahui kecepatan aliran udara dalam *cool box* serta suhu yang dapat dicapai dengan pemberian beban dan tanpa adanya beban.

2. METODE

Cool box memiliki kapasitas penyimpanan 6L dengan box bagian dalam menggunakan *styrofoam* berukuran 45 x 36 x 26 cm. Komponen pendingin pada *cool box* terdiri dari elemen peltier TEC1-12706 sebanyak 2 buah yang diletakkan sejajar pada bagian belakang box dalam dengan memanfaatkan sisi dingin pada peltier, *coldsink* berukuran 28 x 28 x 15 cm yang berfungsi untuk meningkatkan transfer dingin ke seluruh ruangan *cool box*, kipas DC 12V untuk menyalurkan suhu dingin ke ruangan, dan radiator yang berfungsi untuk mendinginkan *air coolant* dari *water block* serta meningkatkan performansi pendinginan. Sedangkan untuk sumber tenaga listrik menggunakan *power supply* 12V 10A.

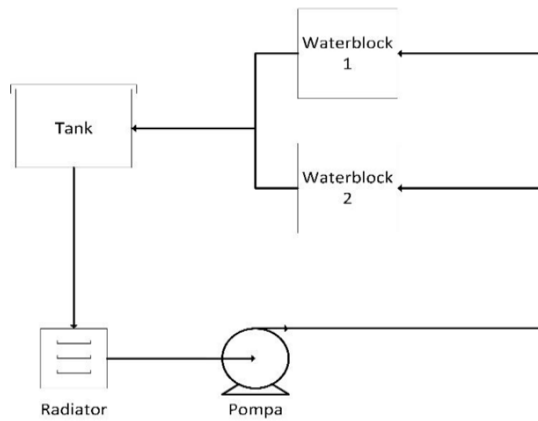


Gambar 1. *Cool box* berbasis TEC

Elemen peltier memiliki sisi dingin dan sisi panas, dimana untuk kebutuhan mesin pendingin, perlu adanya pembuangan kalor yang dihasilkan oleh sisi panas elemen peltier agar tidak terjadi *overheat* yang akan mengurangi kinerja sisi dingin elemen peltier untuk proses pendinginan.



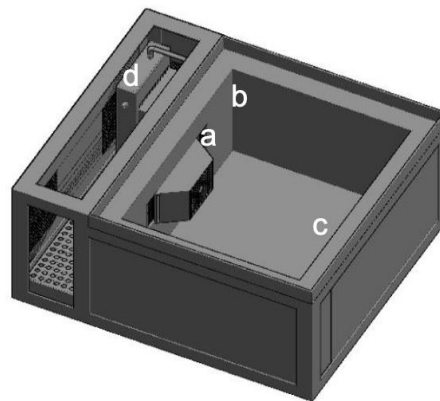
copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Gambar 2. Skema sirkulasi pembuangan kalor

Sirkulasi pembuangan kalor pada sisi panas elemen peltier terdiri dari *water block* yang dialiri cairan *coolant* sebagai penyerap kalor dari elemen peltier yang kemudian disirkulasikan menuju wadah penampungan kemudian menuju radiator untuk didinginkan yang dibantu oleh kipas DC 12V 1,24A dalam pembuangan kalor agar lebih optimal. Hasil pendinginan kalor di radiator kemudian akan dipompa kembali menuju *water block* untuk menyerap kembali kalor dari sisi panas elemen peltier menggunakan pompa DC 12V. *Water block* 1 dan 2 dirangkai secara paralel sehingga *water block* akan menerima cairan *coolant* hasil pendinginan di radiator dengan suhu yang sama, hal tersebut bertujuan agar penyerapan kalor dari sisi panas elemen peltier merata pada kedua *water block*.

Prosedur pengujian *cool box* dilakukan dengan mengukur suhu menggunakan alat *portable Data Acquisition System* (DAQ) dimana sensor yang digunakan dalam membaca perolehan suhu menggunakan sensor termokopel type K. *Hardware* DAQ terhubung dengan sebuah laptop dengan *software* yang telah diprogram sehingga dapat digunakan untuk mengontrol operasi dan perangkat DAQ serta digunakan untuk pengolahan, visualisasi, dan menyimpan data pengukuran. Pengukuran suhu *cool box* dilakukan pada beberapa titik pengujian guna mengetahui sebaran suhu dingin pada *coldsink* yang disirkulasikan menggunakan kipas DC.



Gambar 3. Titik penempatan sensor termokopel

Keterangan :

- a. Sensor termokopel 1 (*coldsink*)
- b. Sensor termokopel 2 (pojok kanan belakang)
- c. Sensor termokopel 3 (sisi depan tengah)
- d. Sensor termokopel 4 (*cairan coolant*)

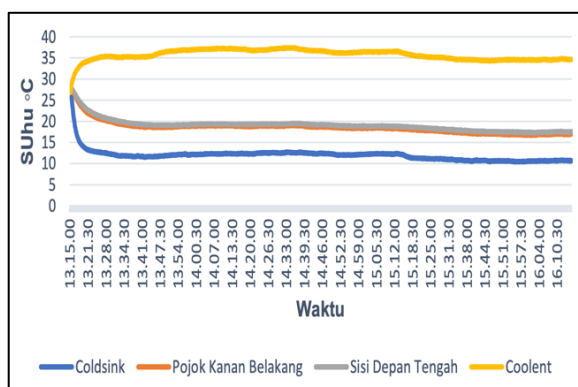
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dan pengambilan data *cool box* dilakukan selama ± 3 jam untuk mengetahui suhu *cool box* tanpa beban dan dengan beban 6L. Pengukuran suhu dilakukan pada titik penempatan sensor termokopel seperti pada Gambar 3 yaitu pada *coldsink*, pojok kanan belakang, sisi depan tengah, dan *cairan coolant*. Pengukuran suhu dilakukan tanpa adanya beban. Berdasarkan Gambar 4, suhu *coldsink* secara stabil berada pada 10°C dan



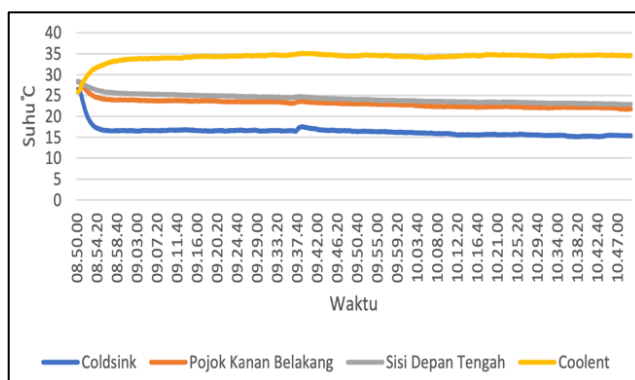
copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

suhu ruangan mencapai 16°C. Pengujian dilakukan selama ± 3 jam dan menyebabkan penurunan suhu pada *coldsink* hingga mencapai ± 3°C. Hal ini dikarenakan adanya media pembuangan kalor cairan *coolant* dan sirkulasi udara di bagian permesinan sehingga cairan *coolant* yang digunakan untuk menyerap kalor dari peltier tidak dalam kondisi *overheat* sehingga sisi dingin elemen peltier mampu bekerja lebih optimal dalam menghasilkan suhu dingin.



Gambar 4. Grafik pengukuran suhu tanpa beban

Selanjutnya dilakukan pengukuran suhu selama ± 3 jam dengan menggunakan beban 6L sesuai kapasitas *cool box*, didapatkan hasil pengukuran suhu seperti pada Gambar 5. Berdasarkan grafik tersebut, suhu *coldsink* secara stabil berada pada 15°C dan 20°C pada suhu ruang. Suhu *coldsink* terus mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu pengujian.



Gambar 5. Grafik pengukuran suhu menggunakan beban 6L

Perhitungan kecepatan aliran udara kipas dilakukan guna untuk mengetahui *range* kecepatan hembusan dan sebagai acuan minimal kecepatan (m/s) hembusan udara yang diperlukan sehingga mampu menyebarkan udara dingin secara merata ke seluruh ruangan *cool box*. Mesin pendingin *cool box* menggunakan 2 buah kipas DC dengan arus dan dimensi yang berbeda. Beberapa poin tersebut mempengaruhi kinerja dari sebuah kipas DC yaitu berupa kecepatan putaran daun kipas dan kecepatan hembusan udara yang tentunya menjadi sebuah pertimbangan dalam pengaplikasian kipas DC tersebut pada mesin *cool box*. Hubungan antara besar arus yang mampu diterima oleh sebuah komponen kelistrikan (kipas DC) dengan kinerja yang dihasilkan yaitu berbanding lurus. Semakin besar arus yang mampu diterima kipas DC, maka semakin cepat putaran daun kipas (rpm) yang dihasilkan.

Tabel 1. Variasi kecepatan putaran kipas DC

| Variasi kecepatan putaran kipas DC (rpm) | A (m ²) | V (m/s) | ρ (kg/m ³) | Laju aliran volume (m ³ /s) | Laju aliran massa (kg/s) |
|--|---------------------|---------|------------------------|--|--------------------------|
| 1800 | 0,0064 | 10 | 1,2 | 0,0640 | 0,0768 |
| 3700 | 0,0014 | 16 | 1,2 | 0,0224 | 0,0269 |



Kipas DC yang digunakan untuk sirkulator suhu *coldsink* memiliki spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 2. Spesifikasi kipas DC untuk sirkulator

| Merk | Model | Dimensi (mm) | Tegangan (V) | Arus (A) | Kecepatan putaran (rpm) | Kecepatan udara (m/s) |
|------|----------|-----------------|-----------------|-------------|----------------------------|--------------------------|
| TP | M802512H | 80 x 80 x 25 | 12 | 0,18 | 1800 | 10 |



Gambar 6. Kipas DC untuk sirkulator suhu *coldsink*

Kipas DC dengan spesifikasi tersebut diaplikasikan sebagai media sirkulator suhu dingin dengan cara menghembuskan suhu dingin yang diterima oleh *coldsink* dari peltier menuju seluruh ruangan *cool box*. Laju aliran volume udara dan massa udara dapat dihitung dengan persamaan 1 dan 2.

$$Q_{udara} = V \times A \quad (1)$$

$$= 10 \times 0,0064$$

$$= 0,0640 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$m_{udara} = \rho \times V \times A \quad (2)$$

$$= 1,2 \times 10 \times 0,0064$$

$$= 0,0768 \text{ kg/s}$$

dimana Q_{udara} adalah laju aliran volume udara dalam m^3/s , V adalah kecepatan aliran udara dalam m/s dan A adalah luas penampang dalam m^2

dimana m_{udara} adalah laju aliran massa udara dalam kg/s , ρ adalah massa jenis udara dalam kg/m^3 , V adalah kecepatan aliran udara dalam m/s dan A adalah luas penampang dalam m^2

Elemen peltier memiliki sisi dingin yang dimanfaatkan sebagai sistem pendingin utama mesin *cool box*. Suhu dingin yang dihasilkan sisi dingin elemen peltier diserap oleh *coldsink*. Kipas DC 0,18A berfungsi sebagai sirkulator yang akan menghembuskan suhu dingin tersebut menuju seluruh ruangan *cool box*. Kecepatan aliran udara yang dihasilkan yaitu 10 m/s mampu mendinginkan ruang *cool box* hingga suhu 16°C . Selain itu, kipas DC juga digunakan pada radiator untuk pembuangan kalor dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 3. Spesifikasi kipas DC untuk pembuangan kalor

| Merk | Model | Dimensi (mm) | Tegangan (V) | Arus (A) | Kecepatan putaran (rpm) | Kecepatan udara (m/s) |
|-------|-----------|-----------------|-----------------|-------------|----------------------------|--------------------------|
| Delta | FFB1212SH | 120 x 120 x 25 | 12 | 1,24 | 3700 | 16 |



Gambar 7. Kipas DC untuk pembuangan kalor



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Kipas DC dengan spesifikasi tersebut diaplikasikan sebagai media pembuangan panas dengan cara menghembuskan udara kipas DC menuju radiator untuk membuang kalor yang diterima oleh cairan *coolant* yang berada di dalam radiator tersebut. Laju aliran volume udara dan massa udara dapat dihitung dengan persamaan 3 dan 4.

$$\begin{aligned} Q_{udara} &= V \times A & (3) \\ &= 16 \times 0,0014 \\ &= 0,0224 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{udara} &= \rho \times V \times A & (4) \\ &= 1,2 \times 16 \times 0,0014 \\ &= 0,0269 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

dimana Q_{udara} adalah laju aliran volume udara dalam m^3/s , V adalah kecepatan aliran udara dalam m/s dan A adalah luas penampang dalam m^2

dimana m_{udara} adalah laju aliran massa udara dalam kg/s , ρ adalah massa jenis udara dalam kg/m^3 , V adalah kecepatan aliran udara dalam m/s dan A adalah luas penampang dalam m^2

Cairan *coolant* diaplikasikan sebagai cairan pembuang kalor dari sisi panas elemen peltier. Pemberian media pembuangan kalor menggunakan bantuan kipas DC dan radiator yang dialiri cairan *coolant* akan membuat suhu sisi panas elemen peltier tidak *overheat* dan sisi dingin elemen peltier dapat lebih optimal serta mampu mencapai batas kemampuannya dalam menghasilkan suhu dingin. Kecepatan aliran udara kipas DC 1,24A yaitu mencapai 16 m/s mampu mempertahankan suhu cairan *coolant* pada suhu $37,4^\circ\text{C}$.

4. KESIMPULAN

Cool box berbasis *Thermoelectric Cooler* (TEC) dengan menggunakan sirkulasi pembuangan kalor dapat mengoptimalkan kinerja sisi dingin elemen peltier. Berdasarkan hasil pengukuran suhu *cool box* tanpa beban selama ± 3 jam didapatkan suhu secara stabil pada *coldsink* sebesar 10°C dan 16°C untuk suhu ruang. Suhu pada *coldsink* terus mengalami penurunan hingga mencapai $\pm 3^\circ\text{C}$. Sementara hasil pengukuran dengan beban 6L menunjukkan suhu pada *coldsink* secara stabil berada pada 15°C dan 20°C pada suhu ruang. Perhitungan laju aliran volume udara dan massa udara dilakukan untuk mengetahui kecepatan hembusan dalam penyebaran udara dingin ke seluruh ruangan *cool box* dimana digunakan kipas DC untuk sirkulator suhu *coldsink* dan pembuangan kalor. Laju aliran volume udara kipas untuk sirkulator suhu *coldsink* sebesar $0,0640 \text{ m}^3/\text{s}$ dan laju aliran massa udara sebesar $0,0768 \text{ kg/s}$ sedangkan untuk kipas pembuangan kalor, laju aliran volume udara sebesar $0,0224 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $0,0269 \text{ kg/s}$ untuk laju aliran massa udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *cool box* berbasis TEC dapat menjadi alternatif mesin pendingin yang ramah lingkungan dan hemat energi. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap pengaruh variasi beban, ukuran *coldsink*, dan jumlah elemen peltier terhadap kinerja *cool box*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. R. Buntu, F. P. Sappu, and B. L. Maluegha, "Analisis Beban Pendinginan Produk Makanan Menggunakan Cold Box Mesin Pendingin LUCAS NULLE TYPE RCC₂," *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*, vol. 6, pp. 20-31, 2017.
- [2] N. M. Sitakar, Nurliana, F. Jamin, M. Abrar, Z. H. Manaf, and Sugito, "Pengaruh Suhu Pemeliharaan dan Masa Simpan Daging Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Pada Penyimpanan Suhu -20°C Terhadap Jumlah Total Bakteri," *Jurnal Medika Veterinaria*, pp. 162-165.
- [3] Munawir, M. N. Sasongko, and N. Hamidi, "Unjuk Kerja *Cool Box* Berbasis Thermoelektrik Cooler dengan Single dan *Multi-Stage* Termoelektrik," *Jurnal Rotor*, vol. 12, pp. 28-32, 2019.
- [4] Munawir, M. N. Sasongko, and N. Hamidi, "Kinerja *Thermoelectric* Pada Kotak Pendingin Berdasarkan Rangkaian *Thermoelectric* dan Putaran *Fan Wind Tunnel*," vol. 12, pp. 27-40, 2021.
- [5] A. K. Mainil, A. Aziz, and M. Akmal, "Portable *Thermoelectric Cooler Box* Performance with Variation of Input Power and Cooling Load," *Aceh International Journal of Science and Technology*, vol. 7, pp. 85-92, 2018.



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

- [6] Amrullah, "Rancang Bangun *Cooler Box* Berbasis Termoelektrik Dengan Variasi *Heatsink*," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 1, pp. 59-64, 2021.
- [7] I. Rosyadi, Haryadi, N. Pratama, M. H. Fasya, A. Irman, Aswata, Y. Yusuf, "Analisis perancangan *cooler box* berbasis termoelektrik terhadap varian penggunaan *termal paste*, faktor lingkungan, dan *heatsink*," *Journal Industrial Servicess*, vol. 7, pp.188-192, 2021.
- [8] H. Munnik, D. Yohannes, and Y. Bakti, "Pemanfaatan Peltier untuk Cooler Box Mini," *Jurnal Teknologi Industri*, vol. 11, 2022.
- [9] Sabiqunassabiqun, Z. Djafar, and W. H. Piarah, "*Performance of TEC Cascade on Input Voltage Variations in Fish Cooler Box*," *EPI International Journal of Engineering*, vol. 5, pp. 44-49, 2022.
- [10] B. Permana and I. M. Arsana, "Aplikasi Pendingin Elektrik TEC1-12706 dengan Water Cooling Pada Cooler Box Semikonduktor," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol.4, pp.61-66, 2017.
- [11] K. U. Bramantyo and I. M. Arsana, "Aplikasi Pendingin Elektrik TEC1-12706 dan TEC1-12715 dengan Heatsink Pada Cooler Box Semi Konduktor," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 5, pp.153-158, 2019.
- [12] I. A. Sormin, I. B. P. Gunadnya, and I. G. N. A. Aviantara, "Kinerja Kotak Pendingin (*Cooler Box*) Berpendingin TEC1-12715 Pada Beberapa Beban Pendinginan," *Jurnal Beta (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, vol. 11, pp. 29-37, 2023.

