

PORTABLE MINI CHILLER BERBASIS TERMOELEKTRIK UNTUK JASA PEMBELIAN MAKANAN

THERMOELECTRIC BASED PORTABLE MINI CHILLER FOR FOOD PURCHASING SERVICES

Ahmad Iqbal Athoriq¹, M. Ramdhan Kirom², Ahmad Qurthobi³

^{1,2} Universitas Telkom, Bandung

iqbalathoriq@student.telkomuniversity.ac.id¹, mramdhankirom@telkomuniversity.ac.id², qurthobi@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Penggunaan jasa pembelian makanan kini banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia. Peningkatan temperatur pada *Frozen Food* terutama pada daging beku sering terjadi dalam perjalanan saat menggunakan kendaraan motor, dengan menggunakan *Portable Mini Chiller* dapat mengurangi peningkatan temperatur daging beku saat diperjalanan. Nilai kalor yang diterima saat menggunakan *chiller 2,6685Watt*. *Portable mini chiller* memiliki ukuran 14,5 × 11,5 × 17 cm berkapasitas 500g dengan TEC-12706 sebagai mesin pendinginya. Mesin *chiller* ini mempunyai nilai COP 0,285 tanpa beban dengan suhu yang dicapai hingga 15,9°C dalam waktu 60 menit dan suhu lingkungan 27.2 - 27.4°C.

Kata Kunci: *chiller, frozen food, termolektrik.*

Abstract

The use of food purchasing services is now widely utilized by the people of Indonesians. Increasing the temperature of Frozen Food especially in frozen meat often occurs on the way when using a motor vehicle, by using Portable Mini Chiller can reduce increasing the temperature of frozen meat in the road. The value of heat received when using the chiller 2.6685Watt. Portable mini chiller has a size of 14.5x 14,5 × 11,5 × 17 cm with a capacity of 500g with TEC-12706 as the cooling machine. This chiller machine has a weightless COP of 0.285 with temperatures reached up to 15.9°C within 60 minutes and ambient temperatures of 27.2 - 27.4°C.

Keywords: *chiller, frozen food, termolektrik.*

1. Pendahuluan

Pada masa pandemi *Covid-19* kebutuhan konsumsi pangan meningkat tidak terkecuali Indonesia, berdasarkan data *FAO Rice Price Index* kebutuhan pangan utama mengalami peningkatan 3% dalam periode Januari-Maret 2020 [1]. Dengan diiringi meningkatnya penggunaan jasa pembelian barang *online* dari peralatan sampai makanan seperti pada penelitian "*The Opportunity of Indonesia*" 119 juta orang diprediksi akan menggunakan jasa pembeli *online* di Indonesia pada tahun 2025 [2]. Penggunaan jasa pembelian makanan kini banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia dalam pencegahan penyebaran *Covid-19*. Peningkatan temperatur pada *Frozen Food* terutama pada daging beku sering terjadi dalam perjalanan saat menggunakan kendaraan motor, dengan menggunakan *Portable Mini Chiller* ini akan mengurangi peningkatan temperatur daging beku saat diperjalanan. Adapun kerusakan oleh mikroba pada daging dapat diminimalisir dengan penyimpanan *refrigerant* pada suhu 5°C [3].

Portable Mini Chiller merupakan mesin pendingin yang dimanfaatkan sebagai pendingin makan maupun minuman, pada *chiller* biasanya menggunakan sistem pendingin *refrigerant absorpsi* atau pendingin *refrigerant kompresi* [4]. Pada perancangan pembuatan mini *chiller* portabel ini tidak menggunakan kedua sistem tersebut. *portable mini chiller* ini memanfaatkan termoelektrik sebagai media pendinginya, pendingin termoelektrik merupakan pendingin yang memanfaatkan efek peltier dalam sistem untuk menggantikan pompa kalor, yang dimana penggunaan mesin *refrigerant* pada *chiller* yang akan dipasang di kendaraan motor memakan tempat walaupun kinerja mesin pendingin *refrigerant* lebih efisien dan memiliki nilai COP lebih dari satu[4]. Efek peltier timbul akibat dua buah plat besi berbeda yang disambungkan dan diberi tegangan akan menimbulkan perbedaan suhu [5].

Merujuk pada penelitian sebelumnya masalah yang terjadi pada suhu yang digunakan mesin *chiller* saat di jalan akan mengalami penurunan kinerja ketimbang mesin *chiller* yang digunakan di ruangan, tentunya hal ini dipengaruhi oleh lingkungan [6]. Dalam mengatasi ini mesin *chiller* dapat digantikan dengan menggunakan peltier tipe *TEC-12706*, dengan diberi sumber tegangan yang sebesar *12 V DC* [6]. Dengan ukuran *coolbox* $14,5 \times 11,5 \times 17 \text{ cm}$ pada mini chiller, Mesin chiller mempunyai tingkat efisiensi yang mumpuni untuk makanan beku yang berfungsi menjaga dan mengurangi peningkatan suhu pada makanan beku saat diperjalanan yang digunakan sebagai transportasi pengantar jasa pembelian makanan [7].

2. Perancangan Penelitian

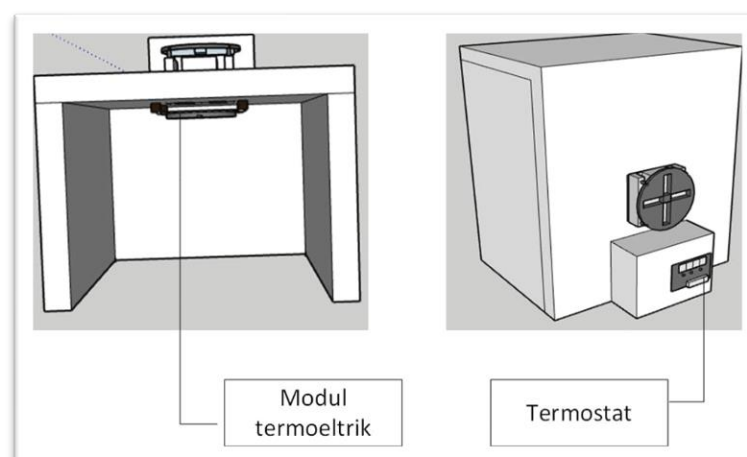
2.1 Deskripsi & Tahapan Eksperimen

Pada penelitian yang saya kerjakan, ada beberapa proses yang harus dilakukan yaitu proses pembuatan alat, pengujian sistem, instalasi *chiller* pada kendaraan bermotor, pengambilan data dan penarikan kesimpulan dengan tahapan eksperimen yang saya lakukan antara lain:

1. Merangkai modul termoelektrik yang terdiri atas kipas (sisi panas), *heatsink* (sisi panas), *peltier*, kipas (sisi dingin), *heatsink* (sisi dingin) dan *TCS W1209*.
2. Memodifikasi *coolbox* berukuran $14,5 \times 11,5 \times 17 \text{ cm}$ dengan memasang modul termoelektrik.
3. Menguji kondisi mesin pendingin dapat berfungsi atau tidak dengan sumber tegangan *power supply DC* $12\text{V } 3\text{A}$.
4. Melakukan pengujian kebocoran sistem dengan memberinya sumber tegangan *DC power supply* $12\text{V } 3\text{A}$ sampai kondisi chiller stabil lalu dilakukan pemutusan arus dan tegangan untuk dilihat berapa lama *chiller* mencapai suhu lingkungannya.
5. Pengujian *chiller* dengan sumber teganganya Aki motor *DC* untuk pengambilan data penurunan temperatur pada *mini chiller portabel*.
6. Pengujian *chiller* dengan sumber teganganya *Power Supply DC* untuk pengambilan data penurunan temperatur pada *mini chiller portable*.
7. Melakukan pengambilan data perubahan suhu daging beku saat menggunakan *chiller* dan tanpa *chiller*.
8. Membuat analisis dari pengambilan data yang didapatkan lalu penarikan kesimpulan.

2.2 Desain *coolbox*

Berikut adalah Gambaran 3D dari *Mini Chiller Portabel*:



Gambar 2.1 Desain 3D *Portable Mini Chiller*

Gambar 2.1 merupakan desain 3D *Portable Mini Chiller* yang memodifikasi *coolbox* berukuran Panjang, lebar, dan tinggi yaitu $14,5 \times 11,5 \times 17 \text{ cm}$ dengan memasang modul termoelektrik *TEC* pada *coolbox*.

2.3 Realisasi *Portable Mini Chiller*

Berikut merupakan *Portable Mini Chiller* yang sudah dibuat;



Gambar 2.2 Pembuatan *Portable Mini Chiller*

Gambar 2.2 Merupakan gambar *Portable Mini Chiller* yang sudah dirangkai dengan modul termoelektrik serta dilapisi fiber dan didalamnya dilapisi plat.

Berikut merupakan *Portable Mini Chiller* yang sudah diterapkan untuk kendaraan motor:



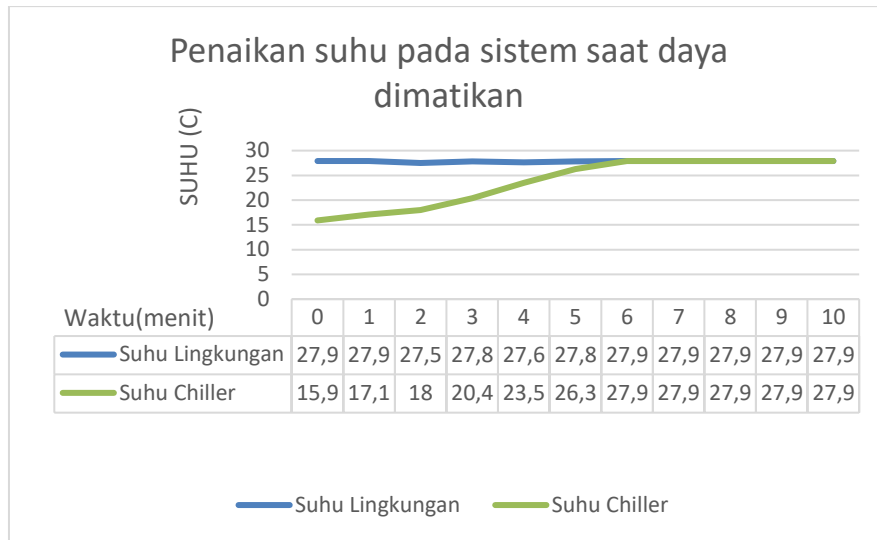
Gambar 2.3 *Portable Mini Chiller* pada Kendaraan Motor

Gambar 2.2 Merupakan *Mini Chiller Portabel* yang sudah dipasangkan pada kendaraan motor dengan kerangka besi sebagai dudukannya, selain itu *Mini Chiller Portabel* ini pun dilengkapi dengan stop kontak manual untuk menyalakan ataupun mematikan *chiller* tersebut tanpa melalui kontak kunci.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Kebocoran sistem

Pada percobaan ini peneliti menggunakan sumber tegangan *power supply 12 V DC 3A* dengan pengambilan data secara *real time*, percobaan ini dilakukan untuk melihat kenaikan suhu *chiller* saat kondisi stabil(dingin) lalu diputuskan sumber tegangan dan arusnya.

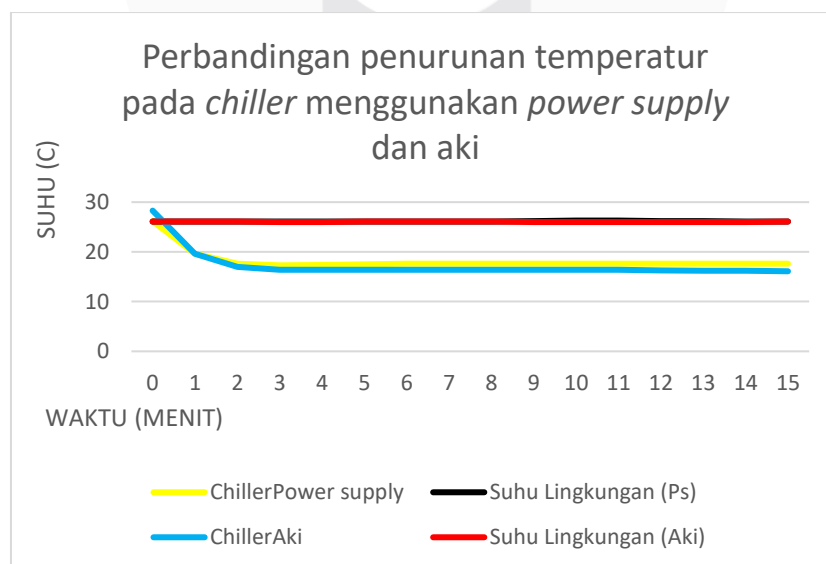


Gambar 3.1 Kenaikan suhu pada sistem tanpa daya

Gambar 3.1 merupakan kenaikan suhu pada sistem saat daya dimatikan. Kondisi temperatur dingin stabil pada chiller dicapai selama 30 menit dengan suhu 15.9°C, setelah itu *chiller* yang dalam kondisi stabil dimatikan kontak *power*-nya untuk dilihat waktu penaikan suhu mendekati suhu lingkungannya. *Chiller* mencapai kondisi suhu lingkungan pada waktu 6 menit tepatnya di 5 menit lewat 49 detik pada kondisi suhu lingkungan diantara 27,5 - 27,9°C. Dari hasil ini membuktikan masih terdapat aliran kalor dari sistem ke lingkungan, namun penggunaan *chiller* masih dapat digunakan secara normal dengan sumber tegangan *power supply* 12V 3A selama 30 menit didapatkan suhu mencapai 15,9°C. Sedangkan dengan sumber tegangan *power supply* 12V 5A mencapai suhu 11,3°C, tentunya dengan menambah arus pada *chiller* dapat meningkatkan performansi namun penambahan arus tidak disarankan melebihi 6,4 A dikarenakan pada *TEC-12706* yang memiliki spesifikasi *Imax* dengan nilai 6,4 A.

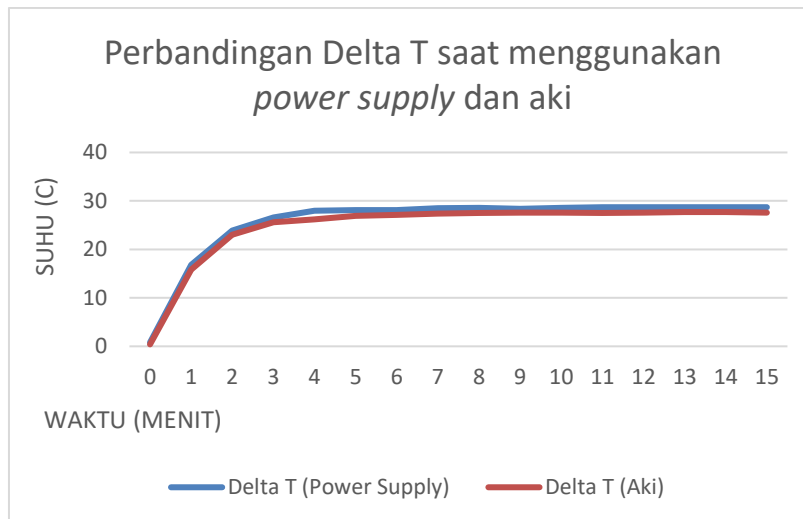
3.2 Perbandingan Penurunan Temperatur *Chiller* Menggunakan *Power Supply* & Aki

Untuk perbandingan penurunan temperatur pada *chiller* menggunakan *power supply* dan aki dapat dilihat pada gambar grafik 4.2. Tegangan yang diberikan dalam pengambilan data sebesar 12V DC dan arus 3 A, dengan waktu selama 15 menit dan range pengambilan data setiap satu menit secara *real time*. Dalam pengambilan data tidak menggunakan beban untuk *chiller* dan saat menggunakan aki, motor dalam kondisi diam. Berikut merupakan perbandingan gambar grafik penurunan temperatur pada *chiller* menggunakan daya *power supply* dan aki:



Gambar 3.2 Perbandingan Penurunan Temperatur pada *Chiller* Menggunakan *Power Supply* dan Aki

Gambar 3.2 merupakan perbandingan penurunan temperatur *chiller* menggunakan *power supply* dan aki, untuk penggunaan *power supply* penurunan suhu dalam 15 menit pada *chiller* mencapai selisih penurunan temperatur 8,6°C dan penggunaan aki mencapai selisih 12,2°C. Namun suhu terendah yang dicapai dalam 15 menit oleh *power supply* 17,6°C dan pada aki 16,1°C. Dari data diatas tentunya penggunaan *power supply* ataupun aki tidak terlalu berpengaruh pada performansi *portable mini chiller* dikarenakan selisih suhu terendah hanya 1,5°C.



Gambar 3.3 Perbandingan ΔT Temperatur pada *Chiller* Menggunakan *Power Supply* dan Aki

Gambar 3.3 merupakan perbandingan ΔT temperatur *chiller* menggunakan *power supply* dan aki, yang dimana penggunaan kedua sumber tegangan memiliki ΔT yang hampir sama saat 15 menit ΔT *power supply* mencapai 28,7 °C dan aki mencapai 27,6 °C.

3.3 Data Penaikan Suhu *Frozen Food* Menggunakan & Tanpa Menggunakan *Chiller*

Pada eksperimen kali ini penulis ingin membuktikan apakah *chiller* dapat mengurangi peningkatan pada *frozen food*, dalam eksperimen ini *chiller* menggunakan sumber tegangan aki motor 12 V 3A DC dengan beban *frozen food* berupa daging beku seberat 500 gram. Pengujian dilakukan dalam rute perjalanan yang sama serta jam yang sama. Berikut merupakan data penaikan daging beku;

1. Saat menggunakan *chiller* yang dinyalakan.

Sebelum dimasukan pada *chiller*, daging beku dipasangkan termokopel digital. Suhu awal daging -0,3 °C dilihat saat sebelum melakukan perjalanan, untuk suhu daging akhir 2,5 °C dilihat saat *chiller* dimatikan, setelah melakukan perjalanan selama 30 menit.

Tabel 3.1 Data daging beku saat menggunakan *chiller* yang dinyalakan.

| Menggunakan <i>chiller</i> yang dinyalakan | | | | |
|--|-----------------------|------------------------|-----------------|---------------|
| Suhu lingkungan (°C) | Suhu awal daging (°C) | Suhu akhir daging (°C) | ΔT (°C) | Waktu (menit) |
| 30,3-30,9 | -0.3 | 2.5 | 2.8 | 30 |

Nilai kalor yang diterima pada makanan beku dapat dihitung oleh rumus (2.7);

$$Q = \frac{m \cdot Cp \cdot \Delta T}{\Delta t}$$

Dengan nilai $m = 0,500$ (Kg), $Cp = 3431$ (J/Kg K), $\Delta T = 2,8$ (K), $\Delta t = 1800$ (s)

$$Q = \frac{0,500 \times 3431 \times 2,8}{1800} = 2,6685 \text{ J/s} = 2,6685 \text{ Watt.}$$

2. Saat menggunakan *chiller* yang dimatikan.

Sebelum dimasukkan pada *chiller*, daging beku dipasangkan termokopel digital. Suhu awal daging $-6,4^{\circ}\text{C}$ dilihat saat sebelum melakukan perjalanan, untuk suhu daging akhir $-1,3^{\circ}\text{C}$ dilihat saat setelah melakukan perjalanan selama 30 menit.

Tabel 3.2 Data daging beku saat menggunakan *chiller* yang dimatikan.

| Menggunakan <i>chiller</i> yang dimatikan | | | | |
|---|---|--|-----------------------------------|---------------|
| Suhu lingkungan ($^{\circ}\text{C}$) | Suhu awal daging ($^{\circ}\text{C}$) | Suhu akhir daging ($^{\circ}\text{C}$) | ΔT ($^{\circ}\text{C}$) | Waktu (menit) |
| 30,1-30,6 | -6.4 | -1.3 | 5.1 | 30 |

Nilai kalor yang diterima pada makanan beku dapat dihitung oleh rumus (2.7);

$$Q = \frac{m \cdot Cp \cdot \Delta T}{\Delta t}$$

Dengan nilai $m = 0,500$ (Kg), $Cp = 3431$ (J/Kg K), $\Delta T = 5,1$ (K), $\Delta t = 1800$ (s)

$$Q = \frac{0,500 \times 3431 \times 5,1}{1800} = 4,860 \text{ J/s} = 4,860 \text{ Watt.}$$

3. Saat tidak menggunakan *chiller*

Pada eksperimen ini daging beku tidak menggunakan tempat penyimpanan makanan berupa *chiller*, yang dimana sebelum melakukan perjalanan daging beku dipasangkan termokopel digital. Suhu daging awal dihitung saat mulai melakukan perjalanan, dan untuk suhu daging akhir dilihat saat motor berhenti setelah melakukan perjalanan selama 30 menit.

Tabel 3.3 Data daging beku tanpa menggunakan *chiller*.

| Tanpa menggunakan <i>chiller</i> | | | | |
|--|---|--|-----------------------------------|---------------|
| Suhu lingkungan ($^{\circ}\text{C}$) | Suhu awal daging ($^{\circ}\text{C}$) | Suhu akhir daging ($^{\circ}\text{C}$) | ΔT ($^{\circ}\text{C}$) | Waktu (menit) |
| 30,4-30,1 | -3,3 | 3,8 | 7,1 | 30 |

Nilai kalor yang diterima pada makanan beku dapat dihitung oleh rumus (2.7);

$$Q = \frac{m \cdot Cp \cdot \Delta T}{\Delta t}$$

Dengan nilai $m = 0,500$ (Kg), $Cp = 3431$ (J/Kg K), $\Delta T = 7,1$ (K), $\Delta t = 1800$ (s)

$$Q = \frac{0,500 \times 3431 \times 7,1}{1800} = 6,766 \text{ J/s} = 6,766 \text{ Watt.}$$

Dari perhitungan dan data yang dihasilkan penggunaan *chiller* untuk daging beku yang dinyalakan, nilai kalor yang diterima $2,6685 \text{ Watt}$ dengan $\Delta T 2,8^{\circ}\text{C}$ dan saat menggunakan *chiller* yang dimatikan $4,860 \text{ Watt}$ dengan $\Delta T 5,1^{\circ}\text{C}$. Sedangkan daging beku tanpa menggunakan *chiller*, kalor yang diterima $6,766 \text{ Watt}$ dengan $\Delta T 7,1^{\circ}\text{C}$. Saat daging menggunakan *chiller*, daging akan terisolasi sehingga menyebabkan perbedaan temperatur antara *chiller* dan lingkungan. Sehingga kalor yang diterima oleh daging beku akan semakin kecil dibandingkan saat daging beku tanpa menggunakan *chiller*. Perbedaan-pun dapat dilihat saat *chiller* dinyalakan dan dimatikan. Suhu *chiller* yang dinyalakan akan lebih rendah dari pada suhu *chiller* yang dimatikan, hal tersebut dapat mengurangi kenaikan temperatur pada daging beku dalam. Namun penggunaan *chiller* pada daging beku kurang efektif dikarenakan perbedaan ΔT yang tidak terlalu signifikan.

3.4 Perhitungan COP

Untuk menghitung nilai *COP*, penulis mengambil data *chiller* tanpa menggunakan beban pendinginan menggunakan *power supply* 12V 3A selama 60 menit sebagai berikut;

Tabel 3.4 Data untuk nilai *COP*

| Data COP | | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|---------------|
| Suhu Lingkungan (°C) | Suhu Sisi Dingin (°C) | Suhu Sisi Panas (°C) | ΔT (°C) | Waktu (menit) |
| 27.2 - 27.4 | 15.9 | 40.5 | 24.6 | 60 |

$$Q_{abs} = \alpha \cdot I \cdot T_c - \frac{\Delta T}{\theta} - \frac{I \cdot R^2}{2} \quad (2.6)$$

$$T_c = 15,9 \text{ (}^\circ\text{C)} \text{ (sisi dingin/ suhu chiller)}$$

$$T_h = 40,5 \text{ (}^\circ\text{C)} \text{ (sisi panas)}$$

$$\Delta T = 24,6 \text{ (}^\circ\text{C)} \text{ (perbedaan suhu antara sisi dingin dan panas)}$$

$$E_{max} = 12 \text{ V}$$

$$I_{max} = 3 \text{ A}$$

$$R = 1,98 \text{ (}\Omega\text{)} \text{ (Data Sheet Tabel 3.1)}$$

$$\alpha = \frac{E_{max}}{\Delta T} = 12 / 24,6 = 0,487 \text{ (V/C)}$$

$$\theta = \frac{\Delta T_{max}}{P_{max}} \frac{2T_h}{T_h - \Delta T_{max}} = \frac{24,6}{12 \times 3} \frac{2(40,5)}{15,9} = 3,48 \text{ (C/W)}$$

$$Q_{abs} = \alpha \cdot I \cdot T_c - \frac{\Delta T}{\theta} - \frac{I \cdot R^2}{2} = (0,487 \times 3 \times 15,9) - \frac{24,6}{3,48} - \frac{3 \times 1,98^2}{2}$$

$$= 10,281 \text{ Watt}$$

$$COP = \beta = \frac{Q_{abs}}{P_{in}} = \frac{10,281}{12 \times 3} = 0,285$$

Nilai *COP Portable mini chiller* yang didapat 0,285 tanpa beban, yang tentunya jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya mesin *chiller* berbasis termoelektrik yang di rancang untuk kendaraan roda dua dengan memodifikasi *Carrier box* motor dengan isolator pendinginya kabin alumunium (lapisan Styrofoam) dan menggunakan satu modul termoelektrik, dengan *COP* yang didapatkan 0,204 dengan temperatur akhir 20,21 °C dengan beban pendingin 8 minuman kaleng 330mL dalam waktu 60 menit tentu penggunaan *Carrier box* dapat mengurangi aliran kalor dari sistem ke lingkungan. Untuk Mesin *chiller* berbasis termoelektrik dapat mendinginkan pada saat tegangan 12 V dan arus 3,3A suhu terendah yang dicapai 10 °C ± 1 °C dalam waktu 30 menit dengan ukuran *coolbox* 11 × 11 × 14 cm. Jika dibandingkan dengan *chiller* yang penulis buat suhu yang dihasilkan lebih besar hal tersebut dipengaruhi oleh penggunaan *coolbox* yang lebih besar yaitu 14,5 × 11,5 × 17 cm serta penggunaan arus hanya 3A. Dalam meningkatkan nilai *COP*, nilai kalor yang diserap harus lebih besar dari nilai daya yang diberikan. Untuk mendapatkan Q_{abs} yang lebih besar, sistem harus terisolasi dan tidak memiliki kebocoran. Namun pada *chiller* yang digunakan masih terdapat aliran kalor dari *chiller* ke lingkungan.

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian terhadap *Portable mini chiller* maka dapat disimpulkan:

1. Terdapat aliran kalor dari sistem ke lingkungan yang mengindikasikan adanya kebocoran sistem pada *chiller*, namun *chiller* masih dapat digunakan dengan baik.
2. Penggunaan aki dapat menggantikan *power supply* sebagai sumber tegangan pada *chiller*.
3. Pengaruh penggunaan *chiller* dalam mengurangi peningkatan suhu pada *frozen food* sangat kecil.

Referensi

- [1] F. B. Hirawan and A. A. Verselita, "Kebijakan Pangan di Masa Pandemi Covid-19," *Csis Comment.*, no. CSIS Commentaries DMRU-048-ID, pp. 1–7, 2020.
- [2] D. A. Harahap, "Perilaku Belanja Online Di Indonesia: Studi Kasus," *JRMSI - J. Ris. Manaj. Sains Indones.*, vol. 9, no. 2, pp. 193–213, 2018, doi: 10.21009/jrmsi.009.2.02.
- [3] S. Hartati, "Populasi mikroba dan sifat fisik daging sapi beku selama penyimpanan," *J. AgriSains*, vol. 3, no. 4, pp. 1–12, 2012.
- [4] T. I. O. H. Armonugroho, D. Teknik, M. Dan, and F. T. Pertanian, "Desain dan uji kinerja portable mini chiller," 2018.
- [5] D. Gunawan, P. Handayani, And T. A. Ajiwiguna, "Rancang Bangun Sistem Refrigerasi Termoelektrik Dan Simulasi Distribusi Temperatur Menggunakan Comsol Multiphysics Thermoelectric Refrigeration System Design And Simulation Of Temperature Distribution Using Comsol Multiphysics," *Issn 2355 - 9365*, Vol. 4, No. 1, Pp. 697–704, 2017.
- [6] Mangsur, "Pengembangan Coolbox Tipe Cb-02 Multi Fungsi Ramah Lingkungan Berbasis Termoelektrik Untuk Kendaraan Roda Dua," *Skripsi*, No. Mesin Pendingin, 2010.
- [7] A. Sujiwa and M. A. Nurochman, "Analisa Suhu Pendinginan Termoelektrik Tipe TEC-12706 Dengan Variasi Metode Pendinginan Sisi Panas," *Forum Pendidik. Tinggi Tek. Elektroin. Reg. VII*, pp. 425–429.
- [8] A. Aziz, J. Subroto, and V. Silpana, "Aplikasi modul pendingin termoelektrik sebagai media pendingin kotak minuman," *Technology*, 2015.
- [9] H. Moriya *et al.*, *Thermodynamics An Engineering Approach*, vol. 8, no. 1. 1998.
- [10] D. Enescu and E. O. Virjoghe, "A review on thermoelectric cooling parameters and performance," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 38, pp. 903–916, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.045>.
- [11] H. F. Putra, D. Suprayogi, T. A. Ajiwiguna, And M. Eng, "Pengembangan Kotak Pendingn Berbasis Termoelektrik Dengan Memanfaatkan Heatpipes Sebagai Komponen Pelepas Kalor," *Prodi SI Tek. Fis. Fak. Tek. Elektro, Univ. Telkom*, 2018.
- [12] Ir. Sutarno, *Fisika untuk Universitas*, xii. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [13] M. S. Rahman, "Food Properties Handbook (2nd ed)," vol. 2, p. 862, 2009, [Online].