

Rancang Bangun Sistem Kendali Temperatur Pendingin *Portable* Menggunakan *Thermoelectric*

Singgi Fadly¹, Zeluyvenca Avista², Eko Kurniawan³, Yudha Witanto⁴,
Dimas Suryo Ajitomo⁵, M. Asep Rizkiawan⁶ dan Bintang Ardianysah⁷

^{1,2,3,4,5,6,7} Program Studi Mekatronika, Politeknik Takumi

Jl. Raya Kodam, Serang, Cikarang Selatan, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17530

singgi.sif@takumi.ac.id

Diterima : 01 Februari 2025

Disetujui : 14 Februari 2025

Abstrak— Sistem kendali temperatur pendingin *portable* merupakan aspek penting untuk penyimpanan bahan makanan dan minuman dalam temperatur dingin. Mengendalikan termoelektrik dapat memudahkan pengguna dalam mengatur temperatur menggunakan dimmer yang mempengaruhi efek elemen peltier temperatur tinggi hingga rendah. Penelitian ini merancang sebuah kulkas mini yang ramah lingkungan serta hemat energi tidak menggunakan refrigerant kompresi yang mudah ditempatkan dimana saja. Sistem ini dirancang menggunakan dua sisi termoelektrik dilengkapi dengan kipas DC sebagai penyerap kalor didalam *cooler box* dan melepas kalor untuk tercapainya temperatur rendah, *power supply* 12VDC sebagai konversi tegangan AC ke DC dimana komponen termoelektrik menggunakan tegangan DC dan *dimmer* DC sebagai pengatur tegangan, arus serta daya yang terhubung dengan peltier. Berdasarkan hasil pengujian, sistem dapat berfungsi dengan baik karena adanya waktu pengujian 20 menit awal menghasilkan 18.1°C dengan putaran dimmer 20% hingga menambahkan waktu pengujian selama 160 menit menghasilkan 12.8°C maka tercapainya temperatur tinggi ke rendah didalam pendingin *box*.

Keywords — Termoelektrik, *Dimmer DC*, *Cooler Box Portable*

I. PENDAHULUAN

Proses Penyimpanan bahan pangan dan minuman memerlukan temperatur yang rendah yang biasa dikenal dengan proses pendinginan [1]. Mesin pendingin yang ramah lingkungan saat ini dibutuhkan manusia dalam kehidupan sehari-hari untuk ketahanan makanan supaya tidak membusuk dan minuman dapat terjaga kesehariannya. Meningkatnya kebutuhan manusia untuk menjaga kualitas makanan dan minuman maka dibutuhkan pendingin *portable* yang mudah disimpan dan dapat dibawa kemana saja. Pendingin *portable* yang menggunakan prinsip termoelektrik dengan efek peltier memiliki keunggulan penting dibandingkan teknologi kompresi uap, meskipun konsep termoelektrik tidak setinggi konsep kompresi uap [2].

Rancangan *box* pendingin termoelektrik sebagai media pendingin kotak makanan dan minuman berkapasitas 10 liter menggunakan dua buah termoelektrik yang didinginkan menggunakan heatsink dan *fan cooler* [3]. Dalam hal ini perancangan pendingin *portable* memiliki potensi besar untuk memastikan penyimpanan yang optimal bagi makanan dan minuman.

Modul termoelektrik merupakan variasi tingkat energi elektron untuk perpindahan energi panas sebab energi dibawa oleh arus antara semikonduktor tipe P dengan tingkat energi rendah sedangkan tipe N merupakan tingkat energi tinggi dari permukaan dingin ke permukaan panas [4]. Sisi dingin modul peltier dapat digunakan sebagai pendingin sedangkan sisi lainnya akan terus memanas.

Pendingin termoelektrik digunakan karena ukurannya sangat ringan dan minimal, operasi kerja tenang dan bebas getaran tanpa perawatan jangka panjang serta operasi kerja tegangannya DC. Pendingin termoelektrik dapat menyerap kalor dari sistem kemudian melepaskan kalor ke lingkungan. Oleh karena itu, peltier digunakan untuk mengendalikan temperatur pendinginan sebagai pengganti refrigerant. Pendingin refrigerant mempunyai efek yang kurang baik terhadap lingkungan yang dapat melepas udara bebas. Berdasarkan penelitian sebelumnya adalah pemanfaatan peltier untuk *cooler box* mini dengan rancang bangun kulkas mini portable menggunakan peltier [5], kedua penelitian tersebut hanya menjelaskan konsep rancangan dan pemanfaatan temperatur dingin yang dihasilkan oleh peltier saja tanpa adanya kendali elemen yang mempengaruhi temperatur peltier. Seiring dengan kemajuan teknologi, maka pendingin *portable* yang dirancang sebagai pengganti kulkas besar kedalam skala kulkas mini tanpa menggunakan refrigerant dengan mempertimbangkan permasalahan dan peneliti sebelumnya, maka peneliti ini membahas bagaimana rancangan yang dibuat dengan cara sistem pendingin yang dapat dikontrol menggunakan dimmer sebagai kendali temperatur pendingin dalam *box* yang dipengaruhi oleh besaran arus, tegangan dan daya sesuai keinginan pengguna.

II. STUDI PUSTAKA

2.1. Thermoelectric cooler

Sebuah komponen elektronik yang memanfaatkan efek peltier untuk menghasilkan perpindahan panas di antara dua material yang berbeda. *Thermoelectric* terdiri dari dua semikonduktor dengan tipe berbeda, yaitu tipe N dan tipe P. Dua semikonduktor diletakkan berdampingan secara termal dan dihubungkan di ujungnya dengan lempengan pendingin yang umumnya berbahan tembaga atau aluminium, hal itu merupakan alat pendingin listrik yang menggunakan efek peltier dimana sebuah alat yang mengubah energi listrik menjadi energi panas. Mempunyai dua elemen, yaitu keadaan dingin (panas yang terserap) dan keadaan panas (panas yang dipancarkan) di sisi yang sama [6].

Cara kerja termoelektrik ini adalah dengan langsung mengubah perbedaan temperatur menjadi energi tegangan listrik dan sebaliknya [7].



Gambar 1. Thermoelektrik 12V

2.2. Efek Peltier

Teknologi mengalami perkembangan yang sangat cepat, terutama pada bidang pendingin menjadi hal yang penting. Pengaruh peltier adalah hasil dari terjadinya peningkatan temperatur disatu sisi dan munculnya rasa sejuk di sisi yang berbeda ketika arus mengalir arus listrik DC dialirkan [8]. Efek peltier dikenal sebagai *Thermo Electric Cooler (TEC)* dapat dinyatakan secara matematis dengan menggunakan persamaan [9]:

$$T_h = T_\infty + (\theta)(Q_h) \quad (1)$$

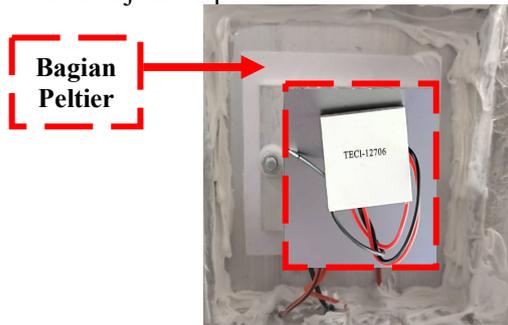
$$Q_h = Q_c + P_{in} \quad (2)$$

$$\Delta T = T_h + T_c \quad (3)$$

dimana: T_h = Temperatur Sisi Panas ($^{\circ}\text{C}$)
 T_∞ = Temperatur Ambient ($^{\circ}\text{C}$)
 θ = Tahanan Thermal ($^{\circ}\text{C}/\text{Watt}$)
 Q_h = Kalor sisi panas (Watt)
 Q_c = Kalor sisi dingin (Watt)
 P_{in} = Daya Input (Watt)

Maka persamaan tersebut dapat digunakan ketika proses pendinginan secara konveksi natural maupun paksa (penambahan kipas). Jadi efek peltier menyebabkan temperatur tinggi berubah menjadi temperatur rendah yang mengakibatkan timbul kelembaban (RH) dengan menggunakan

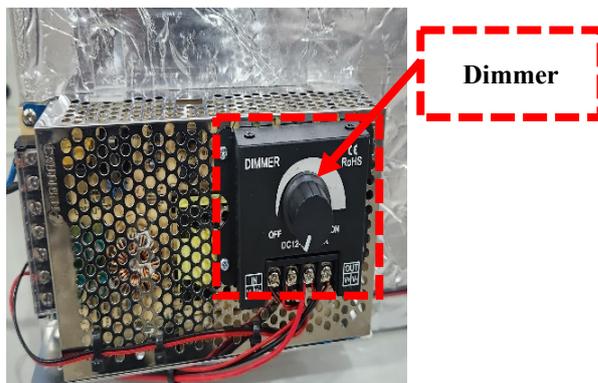
rumus kelembaban pada persamaan. Komponen peltier ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peltier 12V 6A

2.3. Kendali Temperatur Peltier

Peltier merupakan konversi energi yang dihasilkan dari listrik menjadi kalor yang mengalir dengan sendirinya temperatur rendah [10]. Kendali arus dan tegangan peltier dikontrol menggunakan *dimmer DC*, maka kondisi peltier disesuaikan dengan kesesuaian tingkat temperatur makanan dan minum yang harus dijaga temperaturnya. Komponen dimmer ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Dimmer 12V 15A

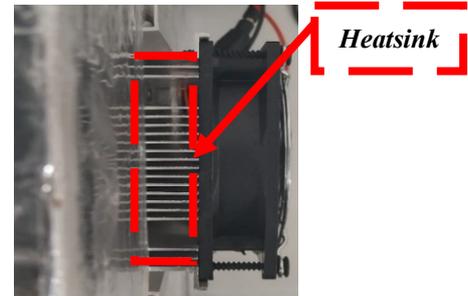
Dapat diketahui putaran besaran atau kecilnya nilai *dimmer* yang dinaikkan dan diturunkan itu mempengaruhi tegangan, arus dan daya keluaran diakibatkan efek peltier akan mempengaruhi naik dan turunnya temperatur yang dikendalikan oleh pengguna, maka ada rumus persamaan mencari daya keluaran [11]:

$$P = V \times I \quad (4)$$

dimana: P = Daya (Watt)
 V = Tegangan (Volt)
 I = Arus (Ampere)

2.4. Heatsink

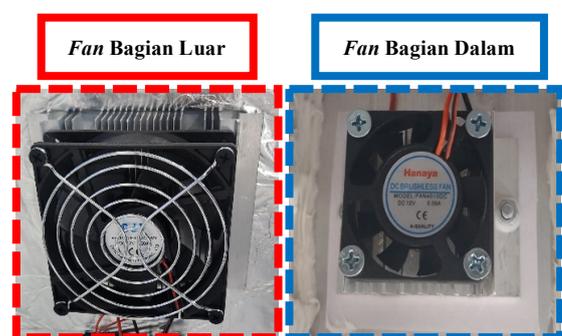
Heatsink digunakan untuk melepas kalor dan berbahan alumunium dengan jumal sirip 20 buah [12]. *Heatsink* merupakan salah satu komponen yang mempengaruhi performa dari termoelektrik. *Heatsink* terdiri dari lempengan yang dilengkapi dengan *fin* atau penambahan area tambahan. Ukuran dan jumlah sirip berpengaruh pada transfer panas suatu sistem [13].



Gambar 4. Heatsink

2.5. Fan 12V

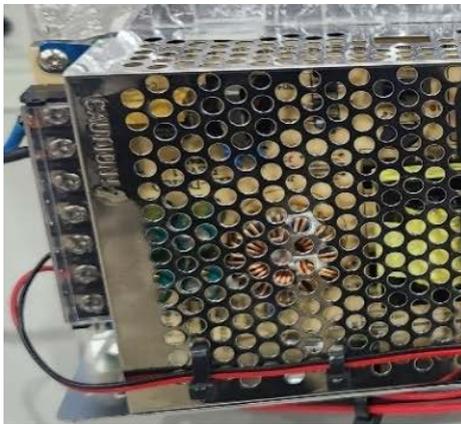
Fan sisi dalam memiliki fungsi menghilangkan panas dari ruang pendingin atau box pendingin sedangkan sisi luar *fan* untuk mengurangi temperatur panas yang dihasilkan dari *heatsink* [14]. *Fan* yang digunakan terdiri 2 buah dengan tegangan 12VDC pada *fan* sisi luar 0.20A sedangkan fan bagian dalam 0.09A sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Fan 12VDC

2.6. Power Supply 12V

Catu daya sistem pendingin *portable* membutuhkan konversi tegangan dari 220VAC menjadi 12VDC untuk menghidupkan komponen dalam sistem pendingin seperti *fan* dan *peltier*. *Power supply* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. *Power Supply* 12VDC

Catu daya sendiri biasa digunakan yang membutuhkan supply aru searah. Komponen elektronik yang membutuhkan *power supply DC* salah satunya adalah termoelektrik.

III. METODE PENELITIAN

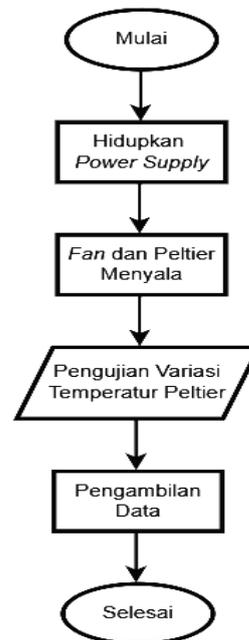
3.1. *Flowchart* Kerja Alat

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Pada Gambar 7, bahwa menghidupkan sistem keseluruhan menggunakan *power supply* atau catu daya dengan pengujian beban variasi *dimmer* mempengaruhi temperatur *peltier* yang dihasilkan oleh arus, tegangan dan daya untuk pengguna dalam mengendalikan temperatur dengan cara memutar *dimmer*. Dalam penelitian terdapat diagram alir sebagai acuan penerapan yang dapat menampilkan hasil penelitian serta proses kerja alat ini.

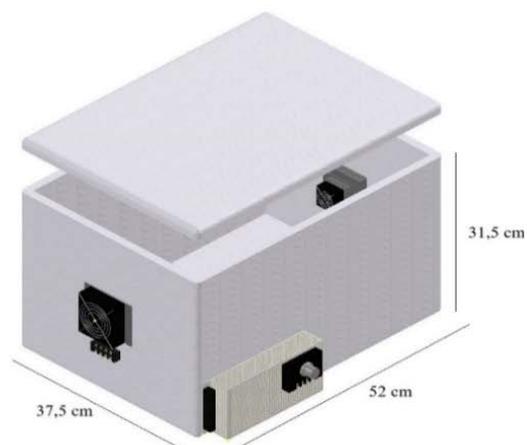
3.2. Desain Produk Pendingin *Portable*

Pada Gambar 8, terdapat *box* pendingin yang memiliki ukuran dengan panjang 52 cm, lebar 37,5 cm dan tinggi 31,5 cm berkapasitas 10 liter. Terdapat dua buah *fan* bagian dalam, dua buah *fan* bagian luar dan dua buah *peltier*. Komponen tersebut diposisikan pada sisi kanan dan sisi kiri *box* pendingin, sedangkan pada bagian catu daya diposisikan dibagian samping *box* pendingin.

Desain yang dibuat memudahkan pengguna dalam memindahkan *box* kapan saja dan diletakkan dimana saja dengan dimensi yang tidak terlalu besar dilengkapi dengan penutup *box* supaya menjaga ketahanan temperatur dingin dalam ruang yang ingin dicapai. Adapun dimensi serta tata letak komponen dengan gambar 3 dimensi digambar sesuai dengan produk nyata yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 7. *Flowchart* Kerja Alat

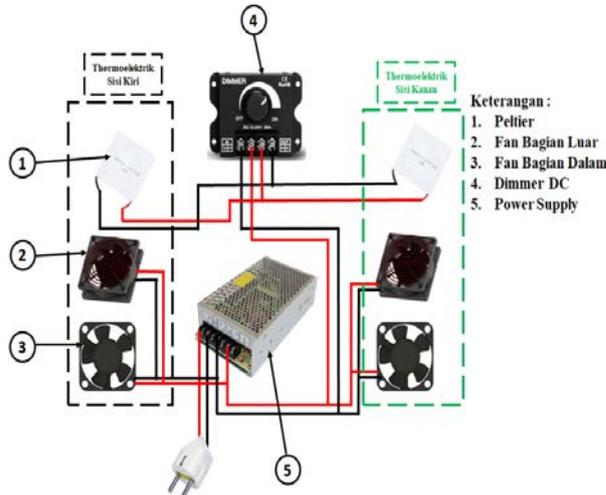


Gambar 8. Desain 3D Produk Pendingin *Portable*

3.3. Sistem Pengkabelan Pendingin *Portable*

Berdasarkan komponen yang digunakan sistem pendingin *portable* maka sistem pengkabelan yang terhubung menyalakan *power*

supply 220 VAC menjadi 12VDC, lalu 12 VDC dihubungkan *fan* bagian dalam dan luar pada bagian ini termoelektrik di-*jumper* pada sisi kanan dan kiri *box* pendingin, kemudian *power supply* 12 VDC di-*jumper* ke posisi *dimmer DC* untuk mengendalikan arus, tegangan dan daya peltier dalam menyesuaikan penggunaan temperatur.



Gambar 9. Wiring Sistem Pendingin Portable

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

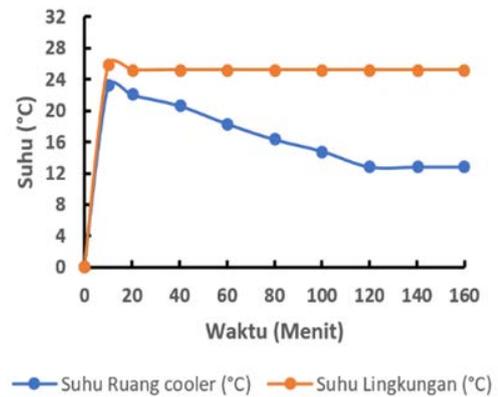
Berdasarkan metode, produk atau hasil rancangan nyata yang dibuat sebagai berikut:



Gambar 10. Hasil Rancangan Pendingin Portable

Pada Gambar 10. Bahwa penempatan atau *layout* komponen disesuaikan dengan fungsi komponen sistem, dimana terdapat dua buah termoelektrik yang bekerja sebagai komponen penting pada tujuan penelitian ini dengan

dikontrol menggunakan *dimmer* dibantu dengan catu daya yang dapat mengaktifkan seluruh sistem komponen. Pada *box cooler* dilapisi aluminium foil sebagai isolasi untuk menjaga temperatur rendah yang diharapkan. Hal ini Seluruh komponen sistem dilakukan uji laboratorium di Politeknik Takumi Program Studi Mekatronika. Berikut hasil pengujian dan pengukuran perbandingan yang dihasilkan *thermocouple* digital tipe K dapat dilihat pada grafik.

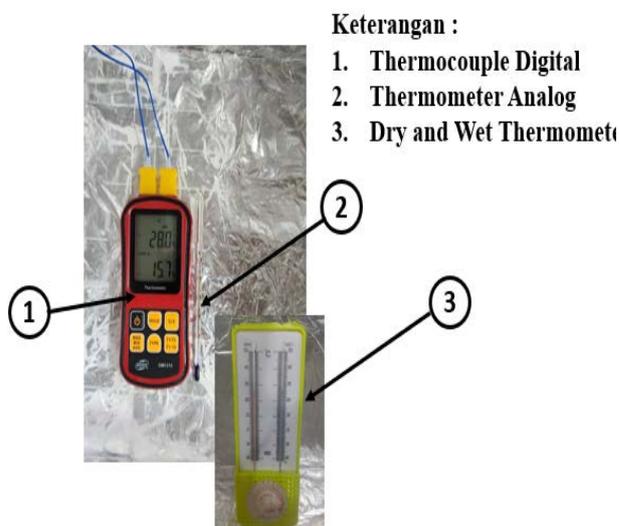


Gambar 11. Grafik Temperatur Pendingin Portable Terhadap Temperatur Lingkungan

Berdasarkan Gambar 11. Hasil pengujian perbandingan suhu pendingin portable terhadap temperatur lingkungan bahwa pada waktu pengujian 10 menit menghasilkan temperatur ruangan *cooler* 23.1°C dibandingkan dengan temperatur lingkungan 25.8°C ketika waktu bertambah 20 menit menghasilkan temperatur ruangan *cooler* 22°C dibandingkan dengan temperatur lingkungan 25.2°C, pengujian dilakukan kelipatan terus menurun selama waktu 20 menit. Pengujian lamanya 40 menit menghasilkan temperatur ruangan *cooler* 20.6°C dibandingkan dengan temperatur lingkungan 25.2°C, ketika waktu mencapai 60 menit temperatur ruangan cooler 18.3°C dibandingkan dengan temperatur lingkungan 25.2°C, ketika waktu mencapai 80 menit temperatur ruangan *cooler* 16.3°C dibandingkan dengan temperatur lingkungan 25.2°C sedangkan waktu menunjukkan 100 menit maka temperatur ruangan *cooler* 14.8°C dibandingkan dengan temperatur lingkungan 25.2°C. Pengujian ini dilakukan dengan waktu maksimum 120 sampai

160 menit dengan hasil kemampuan peltier pada ruang cooler 12.8 °C sedangkan temperatur lingkungan tetap normal diangka 25.2°C. Dalam hal ini, temperatur ruang pendingin portable mengalami temperatur yang terus menurun dengan lamanya waktu pengujian yang dilakukan, sedangkan temperatur lingkungan atau diluar pendingin portable menghasilkan rata-rata temperatur tetap 25.2°C.

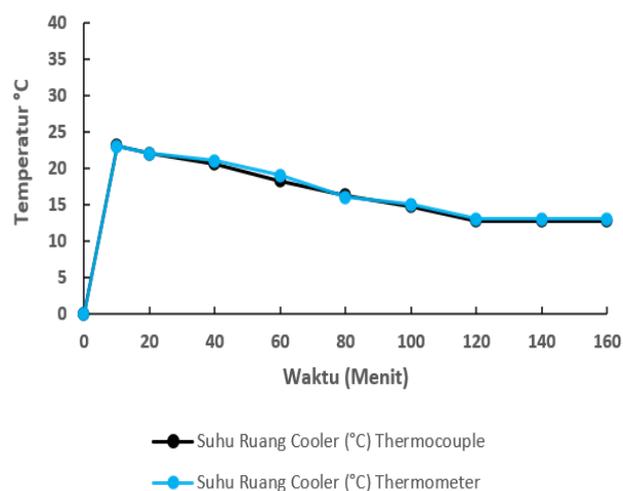
Pengujian temperatur ruangan cooler box berdasarkan data pembandingan alat ukur yang digunakan yaitu thermocouple digital tipe K, thermometer analog dan dry and wet thermometer. Ketiga alat ukur tersebut berfungsi sebagai alat untuk mengukur temperatur dan kelembaban sebagai pelengkap untuk data pembandingan yang dapat diimplementasikan pengukurannya pada Gambar 12.



Gambar 12. Implementasi Pengukuran Sistem Temperatur Cooler Box

Pengujian dilakukan membutuhkan waktu untuk mencapai temperatur rendah dengan mengetahui nilai temperatur yang dihasilkan thermocouple digital tipe K dan thermometer analog. Pengujian eksperimen ini dihasilkan pada grafik dibawah ini. Pada Gambar 13. Didapatkan hasil pembandingan alat ukur yang dalam pengujian sistem cooler box, bahwa data pembandingan waktu yang dilakukan setiap 20 menit untuk pengambilan data secara tepat maka dihasilkan waktu 10 menit diawal untuk data thermocouple menunjukkan 23.1°C sedangkan termometer analog 23°C menunjukkan data pembandingan

dengan selisih 0.1°C, percobaan waktu 20 menit data thermocouple menunjukkan 22°C sedangkan termometer analog 22°C menunjukkan data pembandingan yang sama, percobaan dalam waktu 40 menit untuk data thermocouple menunjukkan 20.6°C sedangkan termometer analog 21°C menunjukkan data pembandingan dengan selisih 0.4°C, percobaan dalam waktu 60 menit untuk data thermocouple menunjukkan 18.3°C sedangkan termometer analog 19°C menunjukkan data pembandingan dengan selisih 0.7°C, percobaan dalam waktu 80 menit untuk data thermocouple menunjukkan 16.3°C sedangkan termometer analog 16°C menunjukkan data pembandingan dengan selisih 0.3°C.

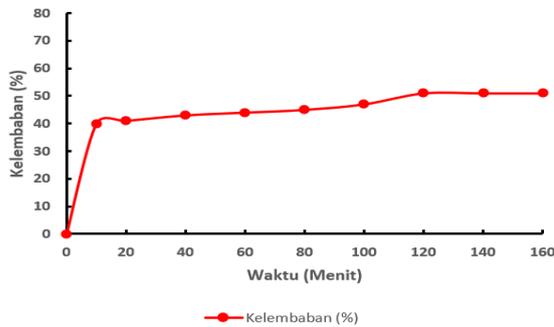


Gambar 13. Grafik Data Pembandingan Thermocouple Digital dan Thermometer Analog

Percobaan selanjutnya dengan penambahan waktu menjadi 100 menit maka data thermocouple menunjukkan 14.8°C sedangkan termometer analog 15°C menunjukkan data pembandingan dengan selisih 0.2°C, kemudian waktu 120 hingga 160 menit merupakan hasil pengujian akhir data thermocouple menunjukkan 12.8°C sedangkan termometer analog 13°C menunjukkan data pembandingan dengan selisih 0.2°C. Hal ini jika dilihat dari Gambar 13 maka data grafik secara keseluruhan tingkat akurasi menggunakan alat ukur termometer analog, karena hasil koreksi kesalahan pembacaan dapat diandalkan dalam mengukur temperatur dengan cepat dan responsif terhadap perubahan temperatur sedangkan pembacaan thermocouple digital mengalami simpangan kabel yang

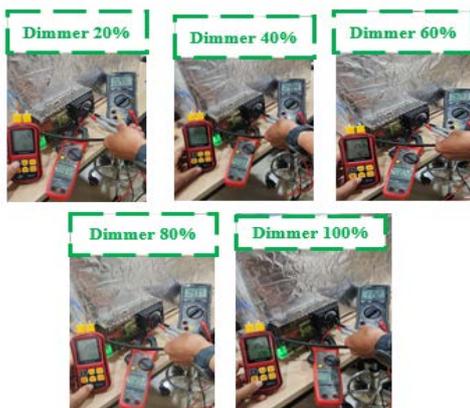
mempengaruhi nilai akurasi, namun *thermocouple* digital dalam pembacaan nilai temperatur memiliki angka yang signifikan.

Pada Gambar 14 merupakan data kelembaban berdasarkan lamanya waktu pengujian sistem *cooler box*.



Gambar 14. Grafik Data Kelembaban Terhadap Waktu

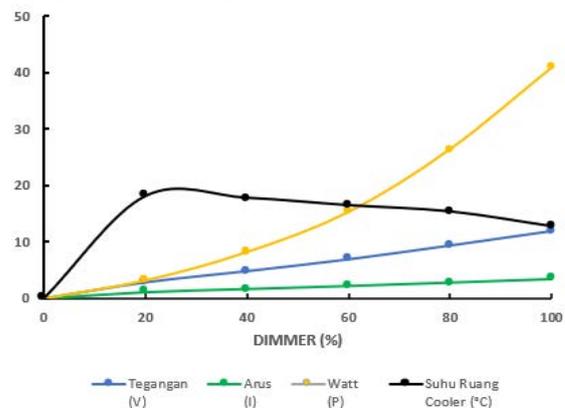
Gambar 14. Merupakan data hasil kelembaban sistem *cooler box* mengalami kenaikan kelembaban yang mempengaruhi lamanya waktu pengujian dilakukan setiap pengujian kelipatan 20 menit lamanya operasi dengan rentang percobaan hingga 160 menit waktu menghasilkan kelembaban 40% sampai dengan 51%. Bahwa hasil pengujian, semakin lama sistem *cooler box* beroperasi maka semakin tinggi tingkat kelembaban yang dicapai dalam penelitian. Pengujian alat ini berfungsi dengan baik dan pengguna dapat menyimpan bahan pangan dan minuman dengan durasi waktu yang lama dalam menjaga kesegaran pangan dan minuman yang diinginkan. Pada pengujian dan pengukuran *dimmer* berdasarkan Gambar 15 dapat diimplementasikan sebagai berikut:



Gambar 15. Pengujian Dimmer Terhadap Tegangan, Arus dan Temperatur *Cooler Box*

Pada Gambar 15 pengujian dilakukan untuk mengukur tegangan menggunakan multimeter digital, mengukur ampere menggunakan tang ampere lalu pengukuran temperatur *cooler box* menggunakan *thermocontrol*. Pengujian ini dilakukan mengambil data setiap 20 menit dengan langkah pengukuran yang sama secara terus menerus dengan lamanya waktu yang diukur untuk mengetahui performa alat yang bisa digunakan secara baik oleh pengguna dengan capaian keberhasilan temperatur secara maksimum 12.8°C sesuai dengan kemampuan alat yang dirancang.

Dalam pengujian kendali peltier yang dilakukan menggunakan *dimmer* seperti potensiometer dengan cara memutar bagian *dimmer* untuk memperkecil dan memperbesar tegangan, arus dan daya yang dapat mempengaruhi temperatur *cooler box*.



Gambar 16. Grafik Data *Dimmer* Terhadap Tegangan, Arus, Daya dan Temperatur *Cooler Box*

Berdasarkan Gambar 16, grafik *dimmer* yang diputar dan diuji 20% sampai 100% dengan lamanya waktu pengujian setiap 20 menit dengan waktu maksimum pengujian 100 menit, pengujian *dimmer* diputar 20% menghasilkan 2.86V, 1.12A, 3.2W dengan temperatur 18.1°C , apabila *dimmer* diputar 40% menghasilkan 4.84V, 1.68A, 8.2W dengan temperatur 17.8°C , ditambah putaran *dimmer* 60% menghasilkan 6.93V, 2.22A, 15.3W dengan temperatur 16.5°C , ketika *dimmer* diputar 80% menghasilkan 9.37V, 2.82A, 26.4W dengan temperatur 15.4°C , kemudian putaran *dimmer* nilai maksimum sebesar 100% menghasilkan 11.92V, 3.34A, 41W dengan temperatur 12.8°C , maka dari data tersebut dapat disimpulkan apabila

semakin besar *dimmer* diputar akan mempengaruhi nilai tegangan dan arus, jadi nilai putaran *dimmer*, tegangan, arus dan daya yang dihasilkan atau data ditemukan adalah data linear meningkat secara bersamaan, sedangkan temperatur ruang *cooler box* yang dihasilkan berdasarkan kinerja peltier terhadap putaran *dimmer* maka semakin besar putaran *dimmer* maka semakin turun temperatur dalam temperatur *cooler box*.

V. KESIMPULAN

Rancang bangun sistem kendali temperatur pendingin *portable* menggunakan termoelektrik memanfaatkan temperatur rendah *cooler box* sebagai capaian penelitian sesuai kemampuan alat yang dirancang. Berdasarkan hasil pengujian, termoelektrik atau peltier dapat berfungsi dengan baik temperatur maksimum tercapai 12.8°C selama 160 menit untuk temperatur ruang terus mengalami penurunan temperatur jika sistem tersebut terus berjalan. *Cooler box* memiliki kapasitas 10 liter dengan hembusan kipas DC dalam penyebaran udara dingin keseluruhan ruangan *cooler box* dan kipas DC pada pembuangan kalor. Kendali temperatur diatur menggunakan *dimmer* untuk mengubah atau mempengaruhi elemen peltier yang dapat mengakibatkan temperatur ruang *cooler box* dengan rentang nilai putaran *dimmer* 20% hingga 100% mengalami penurunan capaian temperatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *cooler box* menggunakan termoelektrik yang dikendalikan oleh *dimmer* untuk mempengaruhi elemen peltier dapat menjadikan alternatif mesin pendingin yang ramah lingkungan dan hemat energi. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya dapat membuat ukuran dan mengatur tata letak komponen pada sistem pendingin yang dapat mempengaruhi kinerja dari sistem pendingin *portable* dan ditambahkan jumlah termoelektrik atau elemen peltier supaya hasil temperatur lebih rendah dengan waktu yang singkat.

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," *J. Online Poros Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 20–31, 2020.

[2] R. Aziz, M. T. Afkar, S. Sunanto, and K. Karsid, "Sistem Kontrol Suhu Penyimpan Buah-Sayur Pada Mesin Pendingin Termoelektrik," *JTT (Jurnal Teknol. Ter.)*, vol. 3, no. 2, pp. 32–36, 2017, doi: 10.31884/jtt.v3i2.59.

[3] I. Bagus, F. Citarsa, and U. Mataram, "SUHU CHILLER," vol. 12, no. 3, pp. 3566–3575, 2024.

[4] M. Fairuz Remeli, N. Ezzah Bakaruddin, S. Shawal, H. Husin, M. Fauzi Othman, and B. Singh, "Experimental study of a mini cooler by using Peltier thermoelectric cell," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 788, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/788/1/012076.

[5] 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.

[6] J. T. Mesin, E. Informatika, R. Comalasari, D. Simanjuntak, D. Alia, and H. Nurdiansari, "Rancang Bangun Cooler Box Portable Menggunakan Peltier Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia meningkatkan kualitas ikan dengan cara mempertahankan suhu dingin didalam box lebih lama .," vol. 3, no. 4, 2024.

[7] M. Muhanif, K. Umurani, and F. A. A. Nasution, "Analisis Termoelektrik Generator (TEG) sebagai pembangkit listrik Bersekala kecil terhadap perbedaan temperatur," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 5, no. 1, pp. 26–32, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME/article/view/10260/7216>

[8] S. Triyono, H. Muchtar, and W. Sudarwati, "Perancangan Pendingin Minuman Portable Menggunakan Efek Peltier Berbasis Raspberry-Pi," *Telekomun. Tenaga List.*, vol. 7, no. 1, pp. 2–5, 2024, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/resistor/article/view/21652%0Ahttps://jurnal.umj.ac.id/index.php/resistor/article/download/21652/10350>

[9] E. Yudiyanto *et al.*, "P-31 Pemanfaatan Peltier Sebagai Sistem Pendinginan Untuk Medicine Cooler Box Utilization of Peltier As a Cooling System for Medicine Cooler Box," *Snitt*, pp. 213–218, 2020.

[10] R. Rizaldi and L. Edahwati, "Analisa Termoelektrik Generator Dan Motor DC + Kipas Dengan Perbedaan Alas Konduktor Dari Sumber Energi Panas," *J. Flywheel*, vol. 13, no. 2, pp. 14–22, 2022, doi: 10.36040/flywheel.v13i2.5853.

[11] D. Of *et al.*, "Enrichment : Journal of Multidisciplinary Research and Development DESIGN OF SOLAR ELECTRIC BICYCLE BASED ON PULSE WIDTH MODULATION ON," vol. 2, no. 6, pp. 1–12, 2024.

[12] Z. Avista, U. Ubaidillah, Z. Arifin, and ..., "Perpindahan panas secara konveksi pada magnetorheological fluid," *J. Tek. Mesin* ..., vol. 16, no. 1, pp. 1–12, 2021, [Online]. Available: <http://ojs3.bkstm.org/index.php/jtmi/article/view/196%0Ahttp://ojs3.bkstm.org/index.php/jtmi/article/download/196/108>

- [13] J. Perancangan, "235 Zulfa Khalida," vol. 6, no. 3, pp. 235–242, 2024.
- [14] D. Ndobe Ebong, C. V. Aloyem Kaze, and A. Paiguy

Ngouateu, "Design and implementation of solar powered mini refrigerator using thermoelectric cooler module," *E3S Web Conf.*, vol. 354, pp. 1–5, 2022, doi: 10.1051/e3sconf/202235401007.