

Pendingin Portable Menggunakan Thermoelectric Cooler Tipe TEC1-12706

Ike Bayusari¹, Caroline¹, Hermawati¹, Rahmawati¹, M Renaldy Baskara¹

¹Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Palembang, Indonesia

corresponding author(s): Ikebayusari@ft.unsri.ac.id

Abstrak— Meningkatnya kebutuhan manusia terhadap alat pendingin cukup signifikan. Pada umumnya alat pendingin memiliki ukuran relatif besar dan tidak portabel. Selain itu pendingin yang ada kebanyakan menggunakan sistem refrigerasi. Oleh sebab itu dibutuhkan suatu sistem yang dapat mengatasi permasalahan tersebut. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah secara eksperiment yang akan dibuat prototipe pendingin portable menggunakan *thermoelectric cooler* sebagai alternatif pendingin yang menggunakan sistem refrigerasi. Penggunaan *thermoelectric cooler* dilengkapi *heatsink* dan *fan* untuk melepas panas pada salah satu sisi, sehingga pada sisi lainnya dapat mencapai suhu yang lebih rendah. Arduino digunakan sebagai sistem control suhu pada alat pendingin sesuai target 20°C. Variasi volume yang digunakan sebesar 0,32 Liter; 0,64 Liter; 0,96 Liter dan 1,28 Liter. Berdasarkan pengujian ini, variasi volume yang diberikan akan berbanding lurus dengan waktu untuk mencapai suhu yang diatur pada Arduino dimana pada 0,32 Liter akan membutuhkan waktu 1512 detik dan pada 1,28 Liter akan membutuhkan waktu 6317 detik. Hal ini disebabkan karena volume yang semakin besar menyebabkan kalor yang dibutuhkan semakin tinggi sedangkan daya inputnya konstan. Efisiensi prototipe pendingin portable pada 0,32 Liter akan menghasilkan efisiensi 6,5% sedangkan pada 1,28 Liter akan menghasilkan efisiensi 9,6%.

Kata kunci— *Thermoelectric cooler, Pendingin portable, Arduino.*

Abstract— The increasing human need for cooling equipment is quite significant. In general, coolers have a relatively large size and are not portable. In addition, most of the existing coolers use a refrigeration system. Therefore we need a system that can overcome these problems. In this research, the method used is experimental, which will make a prototype of a portable cooler using a thermoelectric cooler as an alternative to a cooler that uses a refrigeration system. The use of thermoelectric cooler is equipped with a heatsink and fan to release heat on one side so that it can achieve a lower temperature on the other side. Arduino is used as a temperature control system in the cooler according to the target of 20°C. The volume variation used is 0.32 Liter; 0.64 Liters; 0.96 Liters, and 1.28 Liters. Based on this test, the volume variation given will be directly proportional to the time to reach the temperature set on the Arduino, where at 0.32 Liters, it will take 1512 seconds, and at 1.28 Liters, it will take 6317 seconds. This is because the larger the volume, the higher the heat required while the input power is constant. The efficiency of the portable cooler prototype at 0.32 Liter will produce an efficiency of 6.5%, while at 1.28 Liter, it will produce an efficiency of 9.6%.

Keywords— *Thermoelectric cooler, Portable Cooler, Arduino.*

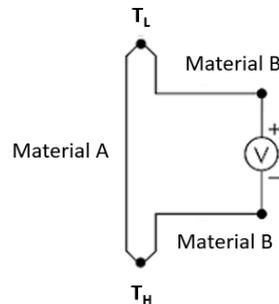
I. PENDAHULUAN

Seiring meningkatnya populasi manusia menyebabkan kebutuhan manusia yang juga semakin meningkat. Peningkatan ini menyebabkan perkembangan pada sektor industri 4.0. Kebutuhan manusia pada sistem pendinginan saat ini juga meningkat akibat pemasana global. Sistem pendinginan ini meliputi sistem pengkondisian udara serta sistem pendinginan untuk penyimpanan produk pada suhu rendah. Sistem pendinginan ini untuk penyimpanan darah untuk kebutuhan transfusi, obat-obatan, vaksin, minuman dan makanan [1]. Sistem pendinginan sangat berguna untuk distribusi material yang membutuhkan waktu lebih dari 24 jam. Penyimpanan produk pada suhu rendah dapat menghambat proses pembusukan akibat aktivasi enzim serta mikroba di dalam material. Hal ini dapat menyebabkan penurunan kualitas produk [2].

Permasalahan utama dari alat pendingin adalah memiliki ukuran yang cukup besar, sehingga alat pendingin tidak praktis untuk dibawa berpergian. Alat pendingin umumnya menggunakan sistem refrigerasi. Refrigerant merupakan fluida penggerak sistem refrigerasi untuk menghasilkan suhu rendah pada evaporator. Refrigerant memiliki komposisi yang berbahaya yaitu CFC (Chlorofluorocarbon). CFC memiliki dampak buruk bagi lingkungan karena menyebabkan menipisnya lapisan ozon dan menyebabkan efek rumah kaca jika terlepas ke atmosfer [3]. Banyak penelitian terbaru untuk menggantikan sistem refrigerasi dengan menggunakan thermoelectric untuk mengatasi permasalahan yang ada saat ini, sehingga menghasilkan sistem yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan sistem pendinginan yang ada dipasaran sekarang menggunakan refrigerant [4]. Salah satunya adalah penggunaan sumber listrik DC 5V 1A sebagai pendingin minuman isotonic [5].

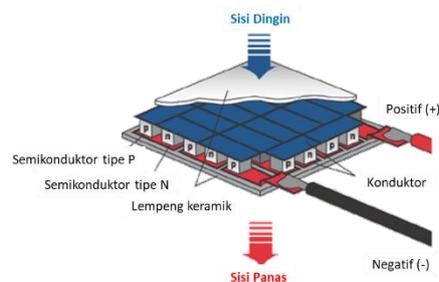
Prinsip kerja peltier merupakan proses kebalikan dari efek seebeck. Dua buah logam yang direkatkan dalam sebuah rangkaian yang dialiri arus listrik. Selanjutnya pada salah satu sambungan akan menyerap panas

sedangkan pada sambungan lainnya melepas panas. Arah arus mempengaruhi bagian mana yang melepas dan menyerap panas [6]. Fenomena ini dikenal dengan efek peltier. Dasar pengembangan thermoelectric menggunakan efek seebeck dan peltier [7]. Pada saat arus mengalir melalui thermocouple, suhu junction akan berubah dan panas akan diserap pada satu permukaan, sementara permukaan yang lainnya akan membuang panas. Jika sumber arus dibalik, maka permukaan yang panas menjadi dingin dan sebaliknya. Fenomena ini disebut efek peltier yang merupakan dasar pendinginan thermoelectric. Perpindahan panas yang dihasilkan akan sebanding terhadap arus yang mengalir.



Gambar 1 Efek Peltier

Elemen peltier memiliki struktur utama berupa dua material semikonduktor yang di rangkai secara seri. Terdapat sambungan diantara dua macam semikonduktor tersebut yang dihubungkan dengan material konduktor yang berbahan dari tembaga. Konduktor yang telah dikoneksikan akan diletakkan pada bagian atas semikonduktor dan pada bagian bawah semikonduktor tersebut. Tujuannya adalah agar pada sisi konduktor bagian atas untuk melepas kalor dan bagian bawah akan menyerap kalor. Pelat yang terbuat dari keramik ditempelkan pada kedua bagian interkoneksi, yang bertujuan untuk memusatkan kalor yang berasal dari konduktor. Keunggulan dari peltier adalah tidak adanya bagian yang bergerak atau cairan yang bersirkulasi [4], ukurannya yang kecil sehingga betuknya mudah direkayasa. Sedangkan, faktor efisiensi daya yang rendah (dibawah 10%) dan biaya perancangan yang masih relatif mahal menjadi kekurangan dari elemen peltier [8]. Saat ini telah banyak peneliti yang sedang melakukan pengembangan terhadap elemen peltier untuk mengatasi kekurangannya dan dapat menjadi energi alternatif yang digunakan.

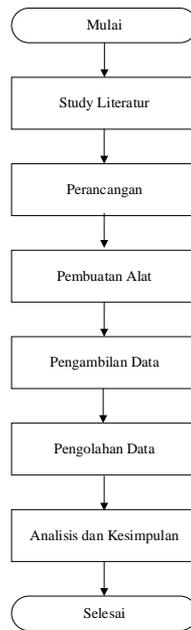


Gambar 2. Elemen peltier [10]

Mengacu pada penelitian terdahulu yang telah banyak diteliti untuk memanfaatkan *thermoelectric* baik sisi dingin maupun sisi panasnya. Pada umumnya alat pendingin harus tersambung pada *power supply* (AC) sehingga alat pendingin tidak portabel. Pada penelitian ini dilakukan sebuah inovasi untuk membuat alat pendingin portabel dengan memanfaatkan Arduino sebagai *sistem control temperature* pada alat pendingin dan menggunakan baterai sebagai sumber utamanya agar lebih praktis dan dapat dibawa kemana saja. Pendingin portable ini memakai tegangan 12 VDC pada aki sepeda motor.

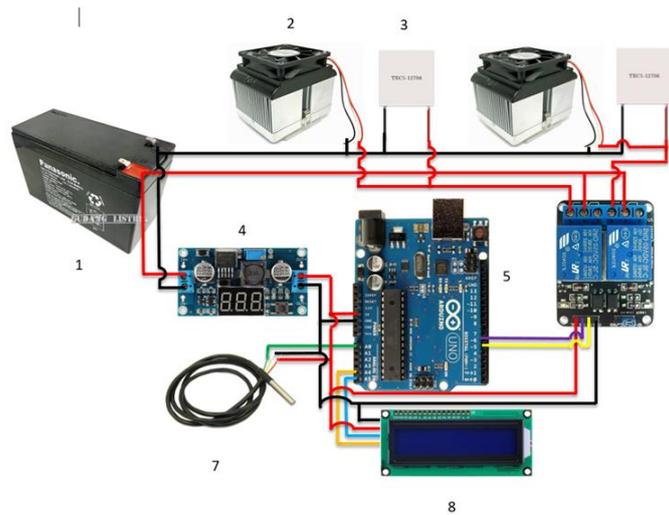
II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Riset Teknologi Energi Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya pada bulan November 2019. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.

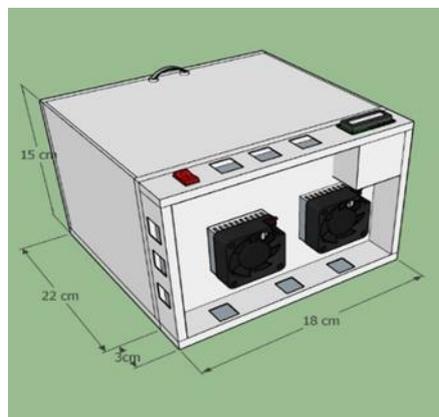


Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Pendingin portable menggunakan kayu dengan dilapisi *sterofoam* dengan dimensi 25 cm x 25 cm x 15 cm bertujuan untuk mengisolasi ruang pendingin agar suhu di dalam ruangan tetap terjaga. Secara sederhana Skematik alat pengujian pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut ini.

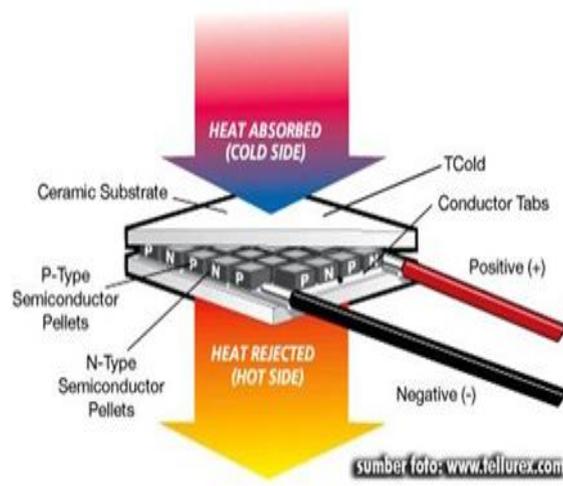


Gambar 4. Skematik alat pengujian, terdiri dari 1. Baterai 12 VDC (Aki), 2. Fan (kipas)+ Heatsink, 3. Thermoelectric Cooler 12706, 4. Stepdown, 5. Arduino Uno, 6. Relay Module 2 Channel, 7. Sensor DS18B20 (Sensor Suhu), dan 8. LCD 12x2 + Module I2C.

Gambar 5. Desain rancang bangun kotak pendingin *thermoelectric*

Kapasitas volume maksimum dari alat ini sebesar 2,77 Liter. Prinsip kerja dari pendingin portable ini, bagian yang menghasilkan dingin pada peltier diletakkan kearah bagian dalam ruang pendingin. Pada sisi yang lain pada peltier di arahkan ke bagian luar dari kotak pendingin yang telah dilengkapi dengan *heatsink* dan *fan* untuk pelepasan panas. Arus dan tegangan pada peltier TEC1-12706 sebesar 12 Volt dan 6,25 Ampere. *Thermoelectric* memiliki dua buah kabel, yaitu kabel merah memiliki polaritas positif sedangkan kabel hitam memiliki polaritas negatif. *Thermoelectric* yang tersusun dari dua tipe semikonduktor yaitu semikonduktor tipe N dan semikonduktor tipe P.

Pengambilan data dilakukan dengan mengukur tegangan input (V), arus input (I), temperature awal (T_o), temperature akhir (T_a), serta waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperature akhir (t). Pengujian dilakukan dengan menggunakan air sebagai media yang akan didinginkan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 4 kondisi yaitu pada saat 1 beban (0.32 Liter), 2 beban (0.64 Liter), 3 beban (0.96 Liter), 4 beban (1.28 Liter). Suhu target yang digunakan pada penelitian ini adalah 20°C, karena tujuannya hanya mendinginkan minuman, sehingga 20°C dinilai cukup [9]. Penelitian sebelumnya pernah dilakukan dengan menggunakan daya listrik yang digunakan untuk setiap rangkaian sekitar 12 W untuk mendinginkan air sebanyak 1500 ml dan menghasilkan suhu ruang pendingin sekitar 22,54°C untuk seri dan 23,10°C untuk paralel [10]. Pengukuran tegangan input dan arus dilakukan dengan mengukur menggunakan multimeter. Pengukuran suhu dilakukan secara langsung dengan meletakkan sensor suhu di dalam kotak pendinginnya dan nilainya akan tampil pada LCD. Perhitungan daya input merupakan hasil perkalian dari tegangan input, arus input dan faktor daya.



Gambar 6. aliran elektron dari P ke N

Pada pendingin portable *thermoelectric cooler* diperlukan beberapa perhitungan efisiensi untuk memperoleh seberapa besar penggunaan energi listrik yang digunakan pada alat pendingin. Daya output dari pendingin portable *thermoelectric cooler* ini didapat dari perbandingan antara kalor pendingin portable dan *coefficient of performance* dari pendingin portable. Sedangkan daya input didapatkan dari Perhitungan dari Tegangan input, Arus Input dan Faktor daya. Dikarenakan, pendingin portable ini menggunakan sumber arus listrik searah maka faktor daya nya sebesar 1. Efisiensi dari pendingin portable *thermoelectric cooler* dapat dihitung berdasarkan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

$$P_{out} = \frac{Q}{COP} \quad (2)$$

$$COP = \frac{T_a}{T_o - T_a} \quad (3)$$

$$Q = \frac{m c \Delta T}{\Delta t} \quad (4)$$

$$P_{in} = V_{in} I_{in} \cos \theta \quad (5)$$

- Dimana :
- η = Efisiensi pendingin *portable* (%)
 - P_{out} = Daya Output (Watt)
 - P_{in} = Daya input (Watt)
 - Q = Kalor yang dilepas pendingin *portable* (Joule)
 - COP = Coefficiency Of Performance
 - T_o = Suhu pada keadaan awal ($^{\circ}\text{C}$)
 - T_a = Suhu pada keadaan akhir ($^{\circ}\text{C}$)
 - C = Kalor Jenis (KJ/Kg $^{\circ}\text{C}$)
 - ΔT = Perbandingan suhu keadaan awal–Suhu keadaan akhir($^{\circ}\text{C}$)
 - Δt = Perbandingan waktu pada keadaan akhir dengan waktu pada keadaan awal (Detik)
 - $\text{Cos } \Theta$ = Faktor daya

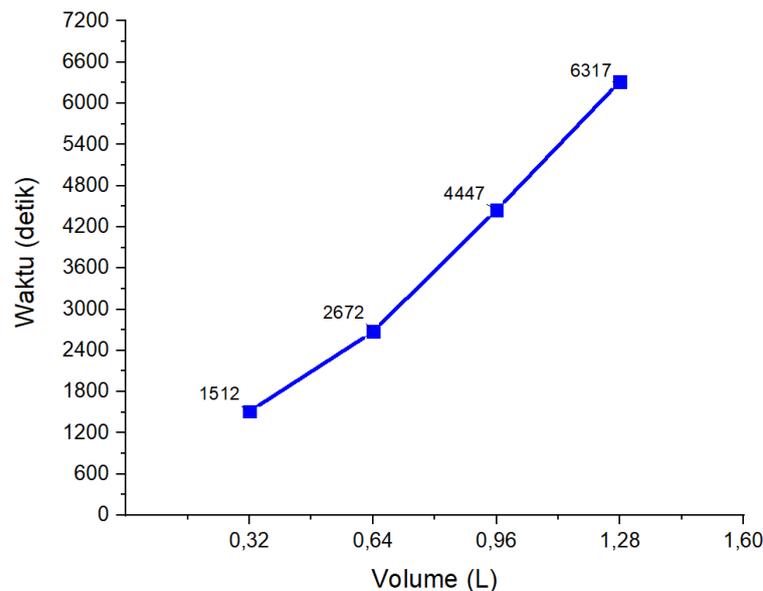
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Before Proses pengambilan data telah dilakukan berdasarkan hasil pengukuran, sehingga diperoleh Tabel 1 di bawah ini yang meliputi nilai tegangan (V), arus (I), temperature awal (T_o), temperature akhir (T_a), serta waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperature akhir (t). Sehingga diperoleh nilai Daya input (P_{in}), Daya output (P_{out}), dan efisiensi (η).

TABEL I. DATA PENGUJIAN PENDINGIN *PORTABLE* MENGGUNAKAN *THERMOELECTRIC COOLER*.

No.	Volume (L)	Persentase Volume (%)	T_o ($^{\circ}\text{C}$)	T_a ($^{\circ}\text{C}$)	t (detik)	V_{in} (v)	I_{in} (A)	P_{in} (Watt)	P_{out} (Watt)	η (%)
1.	0.32	11.55	30.56	20	1512	12	6.25	75	4.94	6.5
2.	0.64	23.10	30.5	20	2672	12	6.25	75	5.25	7
3.	0.96	34.66	31.12	20	4447	12	6.25	75	5.58	7.44
4.	1.28	46.21	32.75	20	6317	12	6.25	75	6.92	9.22

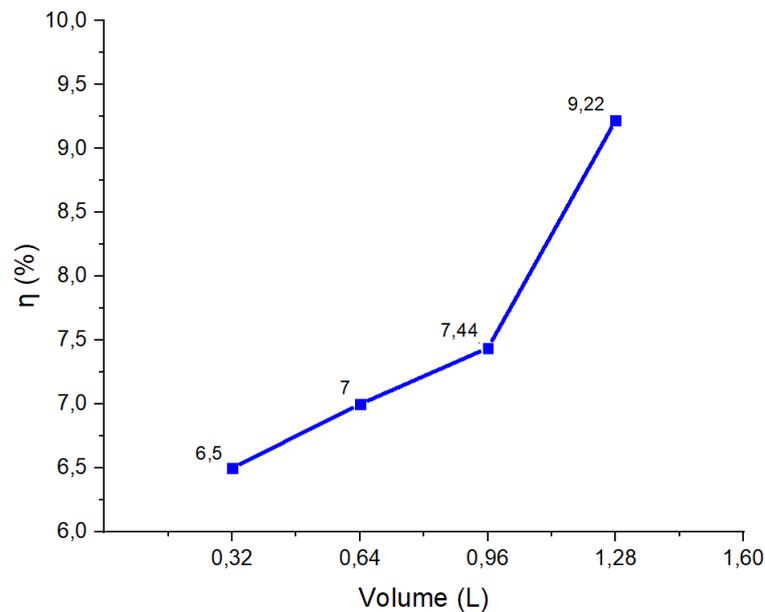
Pada pembahasan ini pengaruh penambahan volume terhadap waktu untuk mencapai suhu yang diinginkan dan juga menganalisa pengaruh penambahan volume terhadap efisiensi pendingin *portable* ini. Berdasarkan data pada tabel 2, maka dapat diplot dalam gambar grafik yang ditunjukkan pada gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Pengaruh Variasi volume terhadap waktu untuk mencapai suhu yang diinginkan

Berdasarkan grafik pada gambar 7, diperoleh bahwa pada volume 0,32 Liter waktu untuk mencapai suhu yang diinginkan ialah 1512 detik sedangkan pada volume 1,28 Liter maka waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu

yang diinginkan ialah 6317 detik. Pengaruh variasi volume berbanding lurus terhadap waktu untuk mencapai suhu yang diatur oleh arduino. Semakin besar volume yang diuji pada ruang pendingin maka akan semakin lama proses pendingin tersebut mencapai suhu yang diinginkan. Hal ini disebabkan karena semakin besar volume menyebabkan kalor yang dibutuhkan untuk didinginkan akan semakin tinggi juga. Waktu untuk mencapai suhu yang ditargetkan pada arduino akan semakin lama. Selain volume, sesuai dengan persamaan perpindahan panas secara konduksi yang mempengaruhi laju perpindahan panas nya ialah konduktivitas bahan dan luas penampang yang digunakan. Jadi semakin baik konduktivitas bahan digunakan maka semakin baik juga laju perpindahan panasnya dan otomatis akan mempercepat waktu untuk mencapai suhu yang diatur arduino. Bahan yang digunakan adalah aluminium dikarenakan memiliki konduktivitas yang lebih baik dibandingkan baja dan besi. Luas penampang dari suatu bahan yang digunakan juga mempengaruhi laju perpindahan panasnya. Semakin besar luas penampang dari suatu bahan yang digunakan juga akan semakin baik laju perpindahan panasnya.



Gambar 8. Pengaruh variasi volume terhadap efisiensi prototipe pendingin portable

Berdasarkan gambar 8 dapat dianalisa bahwa pada volume 0,32 Liter diperoleh efisiensi 6,5% sedangkan pada volume 1,28 liter diperoleh efisiensi 9,22%. Efisiensi sangat dipengaruhi oleh volume pendinginan. Semakin besar volume yang harus didinginkan menyebabkan waktu untuk mencapai suhu yang ditargetkan pada arduino akan semakin lama sehingga akan mempengaruhi nilai dari daya output yang semakin meningkat. Selain volume, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi yaitu waktu untuk mencapai suhu target dan selisih suhu akhir terhadap suhu awal.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada pengujian alat pendingin portable dengan menggunakan *thermoelectric*, maka dapat disimpulkan bahwa alat pendingin ini dapat beroperasi secara portable yang pada umumnya menggunakan sistem refrigerasi sebagai sumber penghasil udara suhu rendah. Pengujian 2 modul *Thermoelektrik* tipe TEC-12706 yang disusun secara parallel merupakan salah satu alternatif alat pendingin untuk menggantikan alat pendingin dengan sistem refrigerasi dengan memanfaatkan arus listrik searah (*direct current*). Pada variasi volume 0,32 Liter dibutuhkan waktu pendinginan sesuai dengan suhu yang ditargetkan sebesar 1512 detik, sedangkan pada volume 1,28 Liter dibutuhkan waktu pendinginan sesuai suhu yang ditargetkan adalah 6317 detik. Variasi volume yang diberikan pada pendingin portable berbanding lurus dengan waktu untuk mencapai suhu yang diatur pada arduino. Pada volume 0,32 Liter efisiensi yang dicapai sebesar 6,5%, sedangkan pada volume 1,28 Liter efisiensi diperoleh sebesar 9,22%. Peningkatan volume diiringi dengan peningkatan efisiensi dan waktu pendinginan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Vogliano *et al.*, "Progress towards SDG 2: Zero hunger in melanesia – A state of data scoping review," *Global Food Security*, vol. 29, p. 100519, 2021/06/01/ 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100519>.
- [2] W. Zhang, H. Jiang, J. Cao, and W. Jiang, "Advances in biochemical mechanisms and control technologies to treat chilling injury in postharvest fruits and vegetables," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 113, pp. 355-365, 2021/07/01/ 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.009>.
- [3] A. McCulloch, P. M. Midgley, and P. Ashford, "Releases of refrigerant gases (CFC-12, HCFC-22 and HFC-134a) to the atmosphere," *Atmospheric Environment*, vol. 37, no. 7, pp. 889-902, 2003/03/01/ 2003, doi: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(02\)00975-5](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(02)00975-5).

- [4] S. H. Zaferani, M. W. Sams, R. Ghomashchi, and Z.-G. Chen, "Thermoelectric coolers as thermal management systems for medical applications: Design, optimization, and advancement," *Nano Energy*, vol. 90, p. 106572, 2021/12/01/ 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2021.106572>.
- [5] M. F. Syukrillah, R. I. Mainil, and A. Aziz, "Pengujian Mesin Pendingin Minuman Portable Menggunakan Port Usb Dan Adaptor Sebagai Daya Input," Riau University, 2016.
- [6] H.-L. Tsai and J.-M. Lin, "Model building and simulation of thermoelectric module using Matlab/Simulink," *Journal of Electronic Materials*, vol. 39, no. 9, p. 2105, 2010.
- [7] [D. Guo, Q. Sheng, X. Dou, Z. Wang, L. Xie, and B. Yang, "Application of thermoelectric cooler in temperature control system of space science experiment," *Applied Thermal Engineering*, vol. 168, p. 114888, 2020/03/05/ 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114888>.
- [8] W.-H. Chen, P.-H. Wu, X.-D. Wang, and Y.-L. Lin, "Power output and efficiency of a thermoelectric generator under temperature control," *Energy Conversion and Management*, vol. 127, pp. 404-415, 2016/11/01/ 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.09.039>.
- [9] R. I. Mainil, A. Aziz, R. N. Gultom, and A. K. Mainil, "Pengaruh variasi arah putaran fan terhadap pendinginan pada pendingin minuman portable menggunakan termoelektrik kapasitas 4,7 liter," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 14, no. 2, 2015.
- [10] H. Ananta, Y. A. Padang, and M. Mirmanto, "Unjuk kerja kulkas termoelektrik dengan rangkaian seri dan paralel pada beban air 1500 ml," *Dinamika Teknik Mesin*, vol. 7, no. 2, 2017.