

Received: Desember 2020

Accepted: Januari 2021

Published: April 2021

Rancang Bangun *Cooler Box* Berbasis Termoelektrik Dengan Variasi *Heatsink*

Amrullah^{1*}¹Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl.Perintis Kemerdekaan Km 10 Makassar

*E-mail: amrullah.mansyur@yahoo.com

Abstract

Thermoelectric cooling is a solid state technology that can be an alternative for cooling technology to replace vapor compression systems. One of the components of a thermoelectric cooler is a heat sink whose installation is most often used for reliability and thermal regulation of a circuit. The purpose of this research is to assemble a cooling machine in the form of a thermoelectric cooler box with low electrical power, to analyze the thermoelectric performance of the cooler box so that it can be determined the best heat sink selection used in the cooler box. The research was conducted by designing and assembling a plastic cooler box measuring 150 mm x 150 mm x 210 mm, a TEC-12706 thermoelectric module, a 12V 20 A power supply and a varied aluminum heat sink. Experiments on the thermoelectric cooler box were carried out for 120 minutes and it can be concluded that the best results are using a heat sink measuring 100mm x 120mm x 35mm, electric power consumption 19.6 W, temperature difference 29.7°C, heat absorbed on the cold side 20.1 W, heat released on hot side is 39.7 W, cold room temperature is 18.75°C and COP is 0.57.

Keywords: cooler box, thermoelectric, COP

Abstrak

Pendingin termoelektrik merupakan *solid state technology* yang bisa menjadi alternatif teknologi pendingin pengganti sistem *vapor compression*. Salah satu komponen dari pendingin termoelektrik adalah *heatsink* yang pemasangannya paling sering digunakan untuk keandalan dan pengaturan termal suatu rangkaian. Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah dihasilkan mesin pendingin berupa *cooler box* termoelektrik dengan daya listrik yang rendah, menganalisa kinerja termoelektrik pada *cooler box* sehingga dapat ditentukan pemilihan *heatsink* terbaik yang digunakan pada *cooler box*. Penelitian dilakukan dengan melakukan perancangan dan perakitan *cooler box* berbahan plastik berukuran 150 mm x 150 mm x 210 mm, modul termoelektrik TEC-12706, sumber listrik *power supply* 12V, 20 A dan *heatsink* aluminium yang divariasikan. Pengujian pada *cooler box* termoelektrik dilakukan selama 120 menit dan dapat disimpulkan bahwa hasil terbaik dengan menggunakan *heatsink* berukuran 100mm x 120mm x 35mm, konsumsi daya listrik 19.6 W, beda temperatur sebesar 29.7°C, kalor yang diserap pada sisi dingin 20.1 W, kalor yang dilepas pada sisi panas sebesar 39.7 W, temperatur ruang pendingin 18.75°C dan COP sebesar 0.57.

Kata kunci : cooler box, termoelektrik, COP

1. Pendahuluan

Kebutuhan terhadap pendinginan sudah menjadi bagian dari kebutuhan pokok manusia sehingga mesin pendingin menjadi solusi alternatif untuk mendinginkan makanan dan minuman. Meskipun mesin pendingin makanan dan minuman (kulkas) sudah tersedia dalam bentuk portabel, tetapi tetap masih menyulitkan untuk dibawa ke mana-mana karena terdiri dari komponen yang besar dan berat [1]. Oleh sebab itu, perlu ditemukan mesin pendingin yang murah, daya kecil dan ramah lingkungan. Mesin semacam ini, dapat dipenuhi dengan mesin pendingin termoelektrik [2].

Pendingin termoelektrik merupakan *solid state technology* yang bisa menjadi alternatif teknologi pendingin pengganti sistem *vapor compression*. Dibandingkan dengan teknologi kompresi uap, teknologi pendingin termoelektrik relatif lebih ramah lingkungan, tahan lama, perawatan mudah dan bisa digunakan dalam skala besar dan kecil [2].

Manfaat lain dari termoelektrik sebagai mesin pendingin adalah dapat mengurangi polusi udara dan *Ozone Depleting Substances* (ODSs) karena tidak lagi menggunakan *Hydrochlorofluorocarbons* (HCFCs) dan *Chlorofluorocarbons* (CFC).

Untuk memastikan efek pendinginan terus bekerja (portabel, ramah lingkungan, watt rendah, terjangkau), perlu diperhatikan pertimbangan desain diantaranya beban panas, bahan isolasi, berat komponen, konsumsi listrik dan dimensi kotak pendingin [3].

Salah satu komponen dari pendingin termoelektrik adalah *heatsink*. Penggunaan *heatsink* sebagai alat pengendali panas pasif untuk menyerap panas yang dipancarkan atau dihasilkan oleh komponen elektronik kemudian dipindahkan ke media fluida di sekitarnya, bisa berupa udara maupun cairan. Umumnya *heatsink* juga dilengkapi dengan kipas untuk membantu proses pendinginan[4].

Heatsink yang baik seharusnya memiliki nilai hambatan termal yang rendah. Hal ini dikarenakan kemampuan *heatsink* untuk

mengalirkan kalor yang tidak diinginkan dan mencegah terjadinya *overheat* akan menentukan juga nilai dari *Coefficient of Performance* (COP) dari sistem pendingin termoelektrik.

Pemasangan *heatsink* paling sering digunakan untuk keandalan dan pengaturan termal suatu rangkaian. Dalam penelitian Ali Yahyae, variasi bentuk dari *heatsink* bertujuan meningkatkan perpindahan panas suatu kinerja[5]. Pemasangan *heatsink* untuk memperoleh kinerja terbaik ditempatkan pada bagian dinding *cooler box* [6].

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian dengan memvariasikan *heatsink* yang digunakan pada *cooler box* berbasis termoelektrik. Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah dihasilkan mesin pendingin berupa *cooler box* termoelektrik dengan daya listrik yang rendah, menganalisa kinerja termoelektrik pada *cooler box*: beda temperatur, kalor yang diserap, kalor yang dilepas dan COP sehingga dapat ditentukan pemilihan *heatsink* terbaik yang digunakan pada *cooler box*.

Kinerja Modul Termoelektrik

Figure of merit

Figure of merit (Z) merupakan nilai standar untuk menentukan efisiensi material dari termoelektrik. Jika nilai Z meningkat berarti kemampuan material termoelektrik juga meningkat. Nilai *figure of merit* bervariasi tergantung kebutuhan material termoelektrik terhadap temperatur. Untuk meningkatkan *figure of merit*, diperlukan koefisien Seebeck yang tinggi, konduktivitas listrik yang meningkat, dan penurunan konduktivitas termal [7].

$$Z = \frac{\alpha_m^2}{\rho \cdot K_m}$$

α_m merupakan koefisien Seebeck elemen [V/K], ρ merupakan tahanan elektrik elemen [Ωcm], K_m adalah konduktivitas termal elemen [W/cmK].

Daya listrik yang diberikan pada modul termoelektrik

$$P = I^2 \cdot R$$

P adalah daya listrik yang diberikan pada modul termoelektrik [W], I merupakan arus listrik yang diberikan pada termoelektrik [A], R merupakan tahanan elektrik [Ω].

Kalor yang diserap pada sisi dingin modul termoelektrik

$$\dot{q}_c = 2N \left[\alpha_m \cdot I \cdot T_c - K_m \cdot \Delta T \cdot G - \left(\frac{I^2 \rho}{2G} \right) \right]$$

N = 127 ; jumlah sambungan elemen pada termoelektrik tipe TEC1-12706, ΔT adalah beda temperatur sisi panas dan sisi dingin termoelektrik [K], G adalah faktor geometri elemen = 0.121 cm (AZTEC software; version 3.1) [8].

Kalor yang dilepas pada sisi panas modul termoelektrik

$$\dot{q}_h = 2N \left[\alpha_m \cdot I \cdot T_c - K_m \cdot \Delta T \cdot G + \left(\frac{I^2 \rho}{2G} \right) \right]$$

Coefficient of Performance (COP)

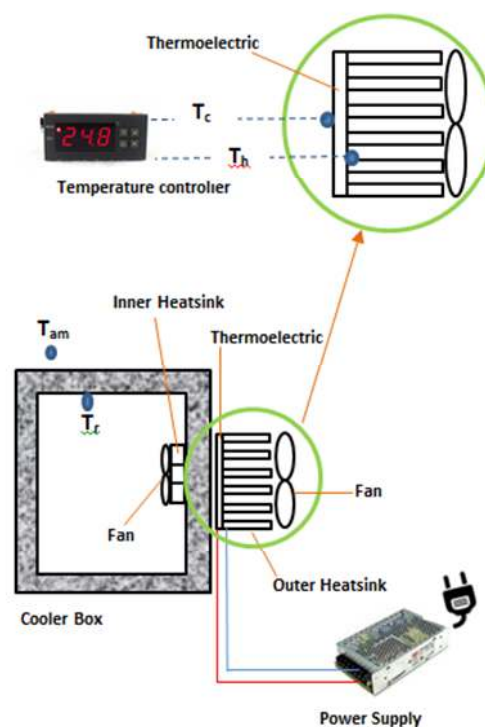
COP merupakan ukuran efisiensi dari suatu termoelektrik pendingin yang dapat diketahui dari perbandingan besarnya kalor yang diserap pada sisi dingin terhadap besarnya daya listrik yang masuk. Besarnya COP lebih kecil jika dibandingkan dengan COP mesin pendingin kompresi uap [9].

$$COP = \frac{\dot{q}_c}{P_{in}}$$

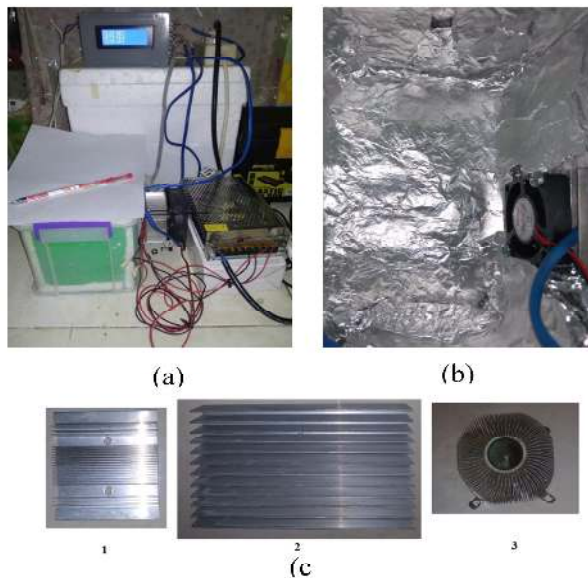
2. Metoda Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah metoda eksperimental dengan terlebih dahulu melakukan perancangan dan perakitan *cooler box* berbahan plastik berukuran 150 mm x 150 mm x 210 mm dengan *styrofoam* sebagai insulator pada sisi

bagian dalam setebal 15 mm dan dilapisi aluminium foil. Modul termoelektrik yang digunakan adalah TEC-12706 dengan sumber listrik DC menggunakan *power supply* 12V, 20 A. *Heatsink* aluminium bersirip yang divariasikan berukuran 200 mm x 120 mm x 35 mm (*heatsink* 1); 100 mm x 120 mm x 35mm (*heatsink* 2); $\varnothing 90$ mm x 30 mm (*heatsink* 3). *Heatsink* yang diuji dipasang pada bagian samping *cooler box* [6], menggunakan fan dengan daya 12V, 0.18 A. Dengan melakukan pengambilan data pada empat titik : temperatur sisi dingin, temperatur sisi panas, temperatur ruang pendingin dan temperatur ambien selama 120 menit maka dapat dihitung kinerja termoelektrik pada *cooler box*.



Gambar 1. Rancangan penelitian



Gambar 2.(a)Rangkaian Alat Pengujian; (b)Ruang pendingin (c)Heat sink yang digunakan

3. Hasil Penelitian

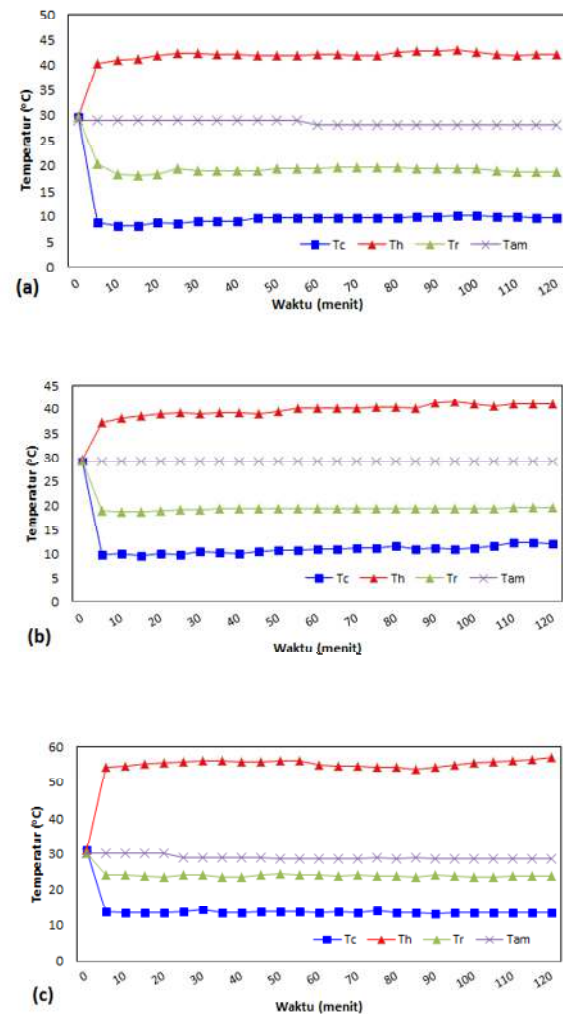
Dengan metode eksperimental berdasarkan rangkaian gambar 1 dan gambar 2, telah dilakukan penelitian terhadap *cooler box* berbasis termoelektrik dengan variasi *heatsink* dan hasilnya ditunjukkan pada tabel 1, tabel 2 dan grafik.

Tabel 1. Tabel hasil pengukuran *cooler box* termoelektrik

Waktu [menit]	T _c [°C]	T _h [°C]	ΔT [°C]	T _r [°C]	T _{am} [°C]	I [A]	V [V]
Heatsink 1							
120	9.5	42	32.5	18.75	28	2.91	12
Heatsink 2							
120	10	39.75	29.75	18.75	29	2.91	12
Heatsink 3							
120	13.25	57	43.75	23.75	28.5	2.91	12

Tabel 2. Tabel hasil perhitungan *cooler box* termoelektrik

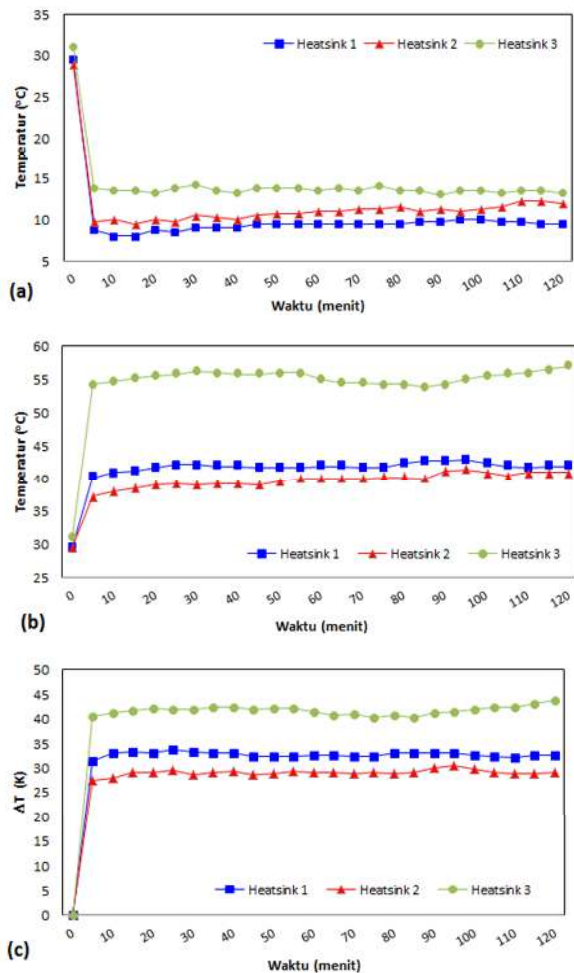
Waktu [menit]	α_{se} [V/K]	κ_{se} [W/cmK]	ρ [Ωcm]	Z [K ⁻¹]	R [Ω]	P [W]	q _h [W]	q _c [W]	COP
Heatsink 1									
120	0.000212	0.01651	0.00110	0.00247	2.51092	19.54807	17.966	37.5141	0.51449
Heatsink 2									
120	0.000212	0.01654	0.00109	0.00247	2.29855	19.46438	19.39454	38.8589	0.555399
Heatsink 3									
120	0.000215	0.01626	0.00115	0.00247	2.41558	20.45541	13.38428	33.8397	0.383284



Gambar 3. Temperatur terhadap waktu: (a)Heatsink 1, (b)Heatsink 2, (c)Heatsink 3

Pada gambar 3, dapat diketahui grafik hubungan antara temperatur terhadap waktu selama 120 menit. Temperatur ambien (T_{am}) menunjukkan kondisi stabil antara 28.5°C hingga 31°C selama 120 menit. Temperatur sisi dingin (T_c) dan temperatur sisi panas (T_h) ditunjukkan pada grafik dengan adanya perubahan yang signifikan sejak menit ke 5 dan stabil hingga menit ke 120. Adanya perubahan temperatur sisi panas dan sisi dingin tersebut berefek pada penurunan temperatur ruang pendingin (T_r) seperti yang ditunjukkan pada tabel 1. Suhu panas dalam ruang pendingin diserap oleh *heatsink* bagian dalam kemudian diteruskan ke sisi dingin

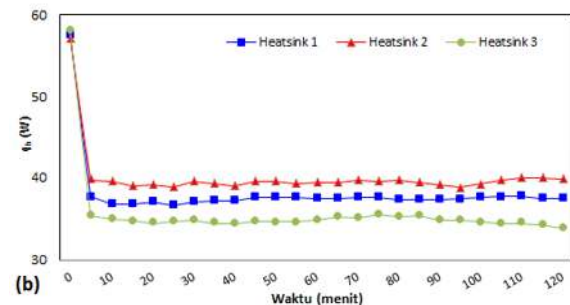
termoelektrik. Karena ruangan tertutup dan dinding ruang pendingin menggunakan material isolator panas seperti *styrofoam* maka makin lama suhu dalam ruangan makin turun [10].



Gambar 4. Perbandingan pengaruh *heatsink coolerbox* (a) T_c , (b) T_h , (c) ΔT

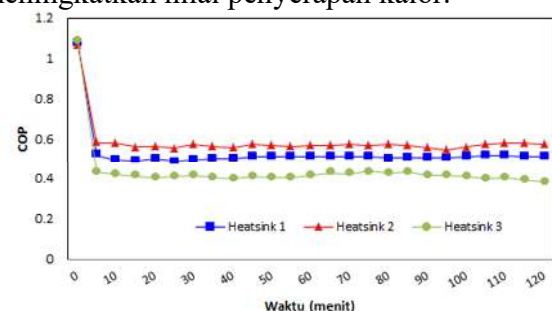
Pada gambar 4a ditunjukkan bahwa nilai T_c yang paling tinggi adalah pada *cooler box* yang menggunakan *heatsink 3*. Pada gambar 4b, temperatur sisi panas (T_h) untuk *cooler box* yang menggunakan *heatsink 3* juga menunjukkan nilai yang paling tinggi dari semua variasi. Beda temperatur antara T_h dan T_c pada gambar 4c menunjukkan bahwa ΔT pada *cooler box* dengan *heatsink 3* menunjukkan nilai yang paling tinggi jika dibandingkan dengan variasi yang lain. Nilai dari ΔT akan berpengaruh terhadap kalor yang

diserap dan dilepas oleh termoelektrik. Adanya perbedaan temperatur juga dipengaruhi karena adanya peningkatan temperatur pada permukaan heat sink yang berpengaruh terhadap nilai laju perpindahan kalor [11].



Gambar 5. Laju aliran kalor pada termoelektrik (a) q_c , (b) q_h

Pada gambar 5 dapat diketahui kalor yang diserap sisi dingin dan kalor yang dilepas sisi panas pada termoelektrik dengan heatsink yang berbeda dengan waktu pengujian selama 120 menit. Pada grafik 5a dapat diketahui q_c yang paling tinggi ditunjukkan pada *heatsink 2*. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *heatsink 2* pada *cooler box* dapat menyerap kalor paling tinggi sebesar 20.1 W. Nilai kalor tersebut dapat dicapai sejak pengujian 10 menit pertama dan stabil hingga akhir pengujian. Pada gambar 5b menunjukkan bahwa penggunaan *heatsink 2* pada *cooler box* dapat melepas kalor paling tinggi sebesar 37.5 W. Dari analisa menunjukkan bahwa semakin luas permukaan pada *heatsink* dapat meningkatkan nilai penyerapan kalor.



Gambar 6. Coefficient of Performance (COP) pada *heatsink* yang berbeda

COP (*Coefficient of Performance*) merupakan perbandingan antara nilai kalor yang

diserap oleh termoelektrik terhadap daya listrik yang digunakan. Pada gambar 6 dapat diketahui nilai COP tertinggi yaitu sebesar 0.57 dengan penggunaan *heatsink* 2 pada *cooler box*. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan luas permukaan *heatsink* berpengaruh terhadap peningkatan nilai COP.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dihasilkan mesin pendingin berupa *cooler box* berukuran 150 mm x 150 mm x 210 mm, menggunakan termoelektrik TEC-12706 dan *heatsink* yang divariasikan. Berdasarkan hasil analisa data yang diperoleh dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *heatsink* terbaik yang digunakan yaitu dengan ukuran 100mm x 120mm x 35mm, konsumsi daya listrik 19.6 W, beda temperatur sebesar 29.7°C, kalor yang diserap pada sisi dingin 20.1 W, kalor yang dilepas pada sisi panas sebesar 39.7 W, temperatur ruang pendingin 18.75°C dan COP sebesar 0.57.

5. Saran

Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut terkait analisis kinerja termoelektrik pada cooler box dengan variasi material dan ukuran *heatsink*.

6. Daftar Pustaka

- [1] H. Ananta, Padang AL, Mirmanto."Unjuk Kerja Kulkas Termoelektrik dengan Rangkaian Seri dan Paralel pada Beban Air 1500 ml", Jurnal Dinamika Teknik Mesin 7(2): 80-86, 2017.
- [2] Mirmanto, R. Sutanto, D.K.Putra. "Unjuk Kerja Kotak Pendingin Termoelektrik dengan Variasi Laju Aliran Massa Air Pendingin", Jurnal Teknik Mesin, JTM: Vol. 07, No. 1, 2018.
- [3] Azridjal Aziz, Rahmat Iman Mainil, Afdhal Kurniawan Mainil, Syafri, Muhammad Faizal Syukrillah. "Design of Portable Beverage Cooler Using One Stage Thermoelectric Cooler (TEC) Module", Aceh International Journal of Science and Technology 7(1) : 29-36, 2017.
- [4] Hermawan. "Pengertian *Heatsink* dan Fungsi *Heatsink* Beserta Cara Kerjanya pada Komputer/Laptop" (<https://www.nesabamedia.com>) [Diakses Agustus 2019].
- [5] Ali .Y, Amir.S Bahman, Frede.B. "A Modification of Offset Strip Fin *Heatsink* with High-Performance Cooling for IGBT Modules". MDPI Journal, Department of Energy Technology, Aalborg University, 2019.
- [6] M. Mirmanto, S. Syahrul, Yusi Wirdan. "Experimental Performances of A Thermoelectric Cooler Box with Thermoelectric Position Variations". Engineering Science and Technology, an International Journal 22 ,177–184, 2019.
- [7] T. C. Harman, P. J. Taylor, M. P. Walsh, B. E. LaForge."Quantum Dot Superlattice Thermoelectric Materials and Devices". SCIENCE Vol.297, 2002, Research Articles (www.sciencemag.org). [Diakses 20 September 2020].
- [8] Laird Technologies. *Thermoelectric Handbook*. (<http://www.lairdthermal.com>), [Diakses pada 28 Agustus 2020].
- [9] Yunus A. Çengel and M. A. Boles. "Thermodynamics: An Engineering Approach, 5th edition", McGraw-Hill, New York, 2006.
- [10] Hendra Ananta, Yesung Allo Padang, Mirmanto."Unjuk Kerja Kulkas Termoelektrik dengan Rangkaian Seri dan Paralel pada Beban Air 1500 ml".Jurnal Dinamika Teknik Mesin 7, 80-86 , 2017.
- [11] Rozan Widhi Jatnika, Pengaruh Beban Kalor Terhadap Thermal Resistance untuk Heat Sink Fan, e-Proceeding of Engineering : Vol.5, No.3, Page 5754, Desember 2018.