

## ANALISIS SISTEM PENDINGINAN THERMOELECTRIC DENGAN TAMBAHAN ICEPACK UNTUK COOLBOX DELIVERY DARAH

Icha Fatwasauri\*, Bunga Ayu Ramadhania, Ach Irfan Nuril fahmi, Lathoiful Arzaq

Politeknik Negeri Indramayu

\*Email: ichafatwasauri@polindra.ac.id

---

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received date:

15 May 2024

Received in revised form date:

3 June 2024

Accepted date

4 June 2024

Available online date

20 June 2024

---

### Abstract

*Transfused blood is stored in blood storage banks. Blood that comes out of a blood storage bank only lasts less than 4 hours when carried using a box filled with ice cubes. So, a tool is needed that can cool and maintain a higher system temperature and does not require a large area. Making a thermoelectric-based cooling box for storing human blood using forced convection by a dc fan, heatsink and icepack. The aim of this research is to create a cooling system in a coolbox for storing whole blood with thermoelectric (TEC)1-12706 which can maintain the blood temperature at the standard storage temperature, namely 2 – 6 °C and transportation 2 – 10 °C. The test method carried out is the cooling test method using thermoelectric without icepack with testing using thermoelectric with icepack, within a time frame of 60 minutes. The load used is 1 bag of 250 ml blood. From the test results using thermoelectric without icepack, the lowest temperature achieved was 29 °C, while in testing using thermoelectric with icepack, the lowest temperature achieved was 8°C, while testing using thermoelectric without icepack obtained the lowest temperature achieved at 29.1 °C. and testing using an icepack without a thermoelectric resulted in the lowest temperature reaching 8.6 °C. The COP result is 0.30 and the efficiency result is 30%.*

**Keywords:** *Thermoelectric (TEC)1-12706, coolbox, temperature, refrigeration equipment, blood*

---

### Kata kunci:

Thermoelectric (TEC) 1-12706

Coolbox

Suhu

Peralatan Pendingin

Darah

---

### Abstrak

Darah yang ditransfusikan disimpan di bank penyimpanan darah. Darah yang keluar dari bank penyimpanan darah hanya bertahan kurang dari 4 jam ketika dibawa menggunakan *box* berisi es batu. Sehingga diperlukan alat yang dapat mendinginkan serta menjaga suhu sistem yang lebih dan tidak membutuhkan tempat yang luas. Pembuatan kotak pendingin berbasis termoelektrik untuk penyimpanan darah manusia menggunakan konveksi paksa oleh kipas dc, heatsink dan icepack. Tujuan dari penelitian ini untuk membuat sistem pendingin pada *coolbox* untuk penyimpanan darah lengkap *whole blood* dengan *thermoelectric* (TEC)1-12706 yang dapat menjaga suhu darah tetap pada temperatur standar penyimpanan yaitu 2 – 6 °C dan transportasi 2 – 10 °C. Metode pengujian yang dilakukan yaitu metode pengujian pendingin menggunakan *thermoelectric* tanpa *icepack* dengan pengujian menggunakan *thermoelectric* dengan *icepack*, dalam kurung waktu 60 menit. Beban yang digunakan yaitu 1 kantong darah 250 ml. Dari hasil pengujian menggunakan *thermoelectric* tanpa *icepack* didapatkan hasil capaian suhu terendah sebesar 29 °C sedangkan pada pengujian menggunakan *thermoelectric* dengan *icepack* didapatkan hasil capaian suhu terendah sebesar 8 °C, pengujian menggunakan *thermoelectric* tanpa *icepack* didapatkan hasil capaian suhu terendah sebesar 29,1 °C, dan pengujian menggunakan *icepack* tanpa *thermoelectric* didapatkan hasil capaian suhu terendah sebesar 8,6 °C. Hasil COP 0,30 dan untuk hasil efisiensi 30%.

## 1. PENDAHULUAN

Pada dunia kesehatan alat pendingin digunakan untuk mendinginkan vaksin, obat-obatan, dan darah. Pendinginan pada dunia kesehatan bisa sebagai media penyimpanan yang bertujuan untuk mengawetkan suatu vaksin, obat-obatan, darah atau alat dan bahan kimia yang membutuhkan tempat penyimpanan yang bertemperatur rendah. Pada dunia kesehatan darah disimpan menggunakan kulkas darah (*blood bank refrigerator*) dengan suhu terjaga 2 – 6 °C yang telah ditentukan oleh Pemerintah Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2011 tentang pelayanan darah dan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1119/MENKES/SK/VIII/2003 dengan tujuan menjaga darah atau komponen darah agar tetap hidup. Penyimpanan darah lengkap (*whole blood / wb*) untuk transfusi, transportasi pada suhu 2 °C dan 10 °C untuk maksimal 24 jam menurut Peraturan Kementerian Kesehatan Nomor 91 Tahun 2015 [1].

Pendinginan juga memainkan peran krusial dalam penyimpanan obat-obatan. Banyak obat memerlukan suhu tertentu untuk menjaga stabilitas kimianya dan mencegah degradasi [2]. Penyimpanan pada suhu rendah membantu memperpanjang umur simpan obat dan memastikan bahwa mereka tetap aman dan efektif untuk digunakan. Selain itu, pendinginan diperlukan untuk menyimpan bahan kimia medis yang sensitif terhadap suhu, menjaga kinerjanya dan mencegah reaksi yang tidak diinginkan [3].

*Termoelectric* merupakan komponen yang dapat menggantikan fungsi dari refrigerant dan juga memiliki kelebihan seperti kriteria yang dibutuhkan di atas. Peltier ini umumnya digunakan dalam aplikasi kecil serta memiliki karakteristik yang dapat mendinginkan tanpa merusak lingkungan dengan memanfaatkan elemen peltier [4]. Peltier ini umumnya digunakan dalam aplikasi kecil serta peltier memiliki karakteristik yang dapat mendinginkan tanpa merusak lingkungan dengan memanfaatkan elemen peltier [5].

Penelitian berfokus pada pembuatan purwarupa desain kotak pendingin pintar berbasis *termoelectric* untuk penyimpanan darah manusia. Sistem ini bertujuan untuk mengendalikan suhu dan konsumsi daya pada kotak pendingin. Kotak pendingin ini memiliki fitur monitoring temperatur dan standar penyimpanan suhu darah serta konsumsi daya kecil yang tidak dimiliki pada kotak pendingin konvensional. Cara kerja sistem ini yaitu kotak pendingin telah terpasang sensor suhu kemudian data dari suhu dibaca dan diolah sehingga dapat menentukan waktu aktifnya *ESC Thermoelectric* (TEC) sebagai pengganti *ice gel* dan kecepatan kipas untuk mensirkulasikan dingin yang merupakan output dari sistem. *Electronic Speed Control* (ESC) mengatur arus pada TEC yang nantinya dapat mengatur dingin tidaknya TEC. Relay mengatur nyala dan matinya kipas yang akan mensirkulasikan dingin dari TEC ke lingkungan dalam kotak pendingin [6]. Elemen diantara *heatsink* dan *coldsink* bekerja saat dicatu oleh tegangan dc 12 V. Sensor suhu berfungsi untuk membaca suhu dari kabinet pendingin. LCD (*Liquid Crystal Display*) akan menunjukkan berapa suhu yang telah diatur [7].

Keterbaruan riset ini terletak pada pembuatan alat pendingin sederhana darah/coolbox menggunakan box berukuran 37 cm x 25 cm x 34,5 cm dengan sistem pendingin Peltier/termoelectric. Keuntungan dari sistem ini adalah dimensinya yang kecil sehingga praktis dan mudah dibawa. Selain itu, alat ini aman karena tidak menggunakan bahan kimia seperti refrigerant dan mudah dikendalikan dengan tegangan serta arus yang dapat diatur. Sistem ini menawarkan solusi efisien dan ramah lingkungan untuk penyimpanan darah, menjadikannya alternatif yang menarik bagi sistem pendingin konvensional yang ada saat ini.

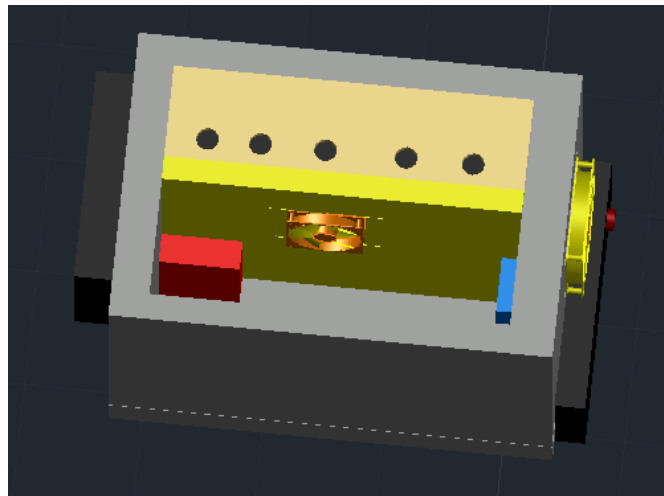
## 2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental (*Experimental Research*). Penelitian eksperimental adalah jenis penelitian yang digunakan untuk melihat hubungan sebab akibat. Penelitian eksperimental merupakan kegiatan penelitian yang bertujuan untuk menilai pengaruh suatu perlakuan atau tindakan dibandingkan dengan tindakan lain. Penelitian eksperimental menggunakan sesuatu percobaan yang dirancang secara khusus guna membangkitkan data yang diperlukan untuk menjawab pertanyaan penelitian. Penelitian eksperimental dilakukan secara sistematis, logis, dan teliti di dalam melakukan kontrol terhadap kondisi. Pada penelitian ini dilakukan penghubungan komponen alat-alat yang berbeda karakteristik. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sesuatu dengan memvariasikan beberapa kondisi dan mengamati efek yang terjadi.

Penelitian ini ditunjang dengan studi literatur (*literatur research*), yaitu dengan membaca dan mempelajari literatur tentang monitoring *coolbox* darah serta berbagai komponen yang dibutuhkan dalam monitoring untuk memperoleh informasi yang relevan dengan topik. Penelitian ini merupakan pengembangan alat pendingin sederhana darah yang saat ini digunakan menggunakan sistem konvensional tanpa beban, dengan kami membuat alat pendingin darah sederhana menggunakan sistem

kontrol *thermoelectric* yang berguna untuk mengatur suhu darah agar stabil dan aman sesuai ditetapkan pada Peraturan Kementerian Kesehatan.

Dalam tahap perancangan sistem, peneliti telah membuat sebuah sistem beserta rangkaian elektronika, rancang bangun dan pendukung lainnya yang sudah direalisasikan. Hal ini digunakan agar perancangan sistem yang akan dirancang dapat berjalan dengan semestinya. Berikut merupakan gambar dari perancangan sistem yang telah dibuat:



**Gambar 1.** Desain *coolbox*

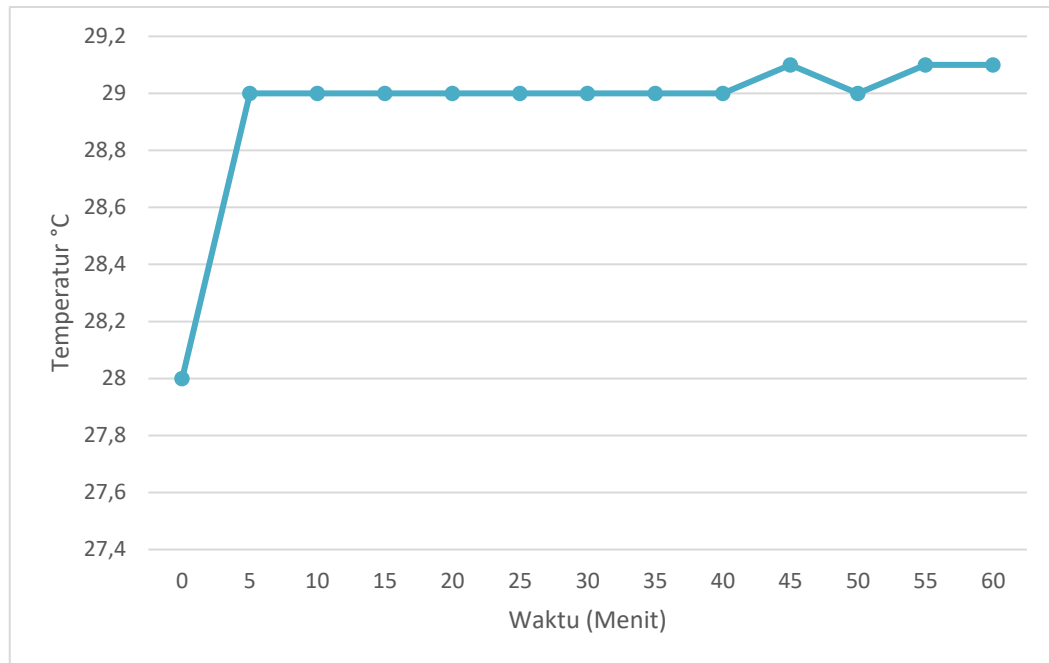
Cara kerja alat ini yaitu dengan meletakkan sebuah perangkat *peltier* serta *ice pack* pada *box* yang berisi darah, kemudian suhu dingin dari *peltier* dan *ice pack* akan menyalurkan suhu dinginnya dibantu dengan *fan* ke sistem kontrol melalui sensor dan akan ditampilkan suhu yang berada pada dalam *box* di layar *lcd* sebagai penghubung informasi yang akan ditampilkan dan memberi informasi kepada user. Kebutuhan sensor yang digunakan dalam perancangan tugas akhir ini menggunakan sensor DHT 11 yang dapat memberikan informasi suhu serta kelembapan, untuk menghidupkan sistem kontrol ini menggunakan media *arduino* yang dibantu dengan daya aki / baterai berkapasitas 12V.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **3.1. Implementasi Sistem dan Pembahasan**

Pada tahap ini peneliti, menguji alat yang sudah dibuat dan dirancang oleh sistem rancang bangun dan mengaplikasikan sistem kontrol, bahwa alat ini sudah berjalan dengan sesuai rencana, dilakukannya berkali-kali pengujian agar alat yang dibuat siap dan aman dipergunakan untuk khalayak masyarakat.

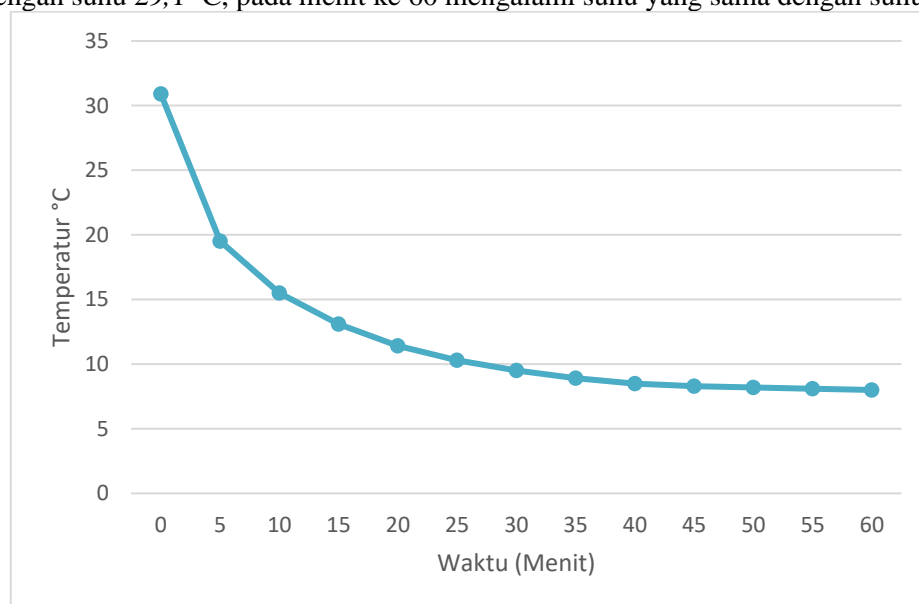
Berikut adalah data-data dan analisis hasil pengujian *coolbox* atau alat pendinginan darah sederhana. Alat ini dilengkapi *heatsink*, *coldsink*, *fan dc*, *peltier*, *icepack*, sensor, *relay*, *step down dc to dc*, *arduino*, *lcd*, kabel *jumper*, aki / baterai 12V dan darah yang digunakan berjenis darah lengkap / *whole blood*. Penyajian data yang diperoleh akan digambarkan dalam grafik berupa penurunan temperatur terhadap waktu pendinginan.



**Gambar 2.** Grafik pengujian menggunakan *thermoelectric* tanpa *icepack*

Telah dijabarkan pada Gambar 2 pengujian *coolbox* dengan beban menggunakan *thermoelectric* tanpa *icepack*, telah dilakukan pengujian alat dengan waktu 60 menit. Pengujian dilakukan dengan waktu 60 menit, dan suhu berada di 29,1 °C.

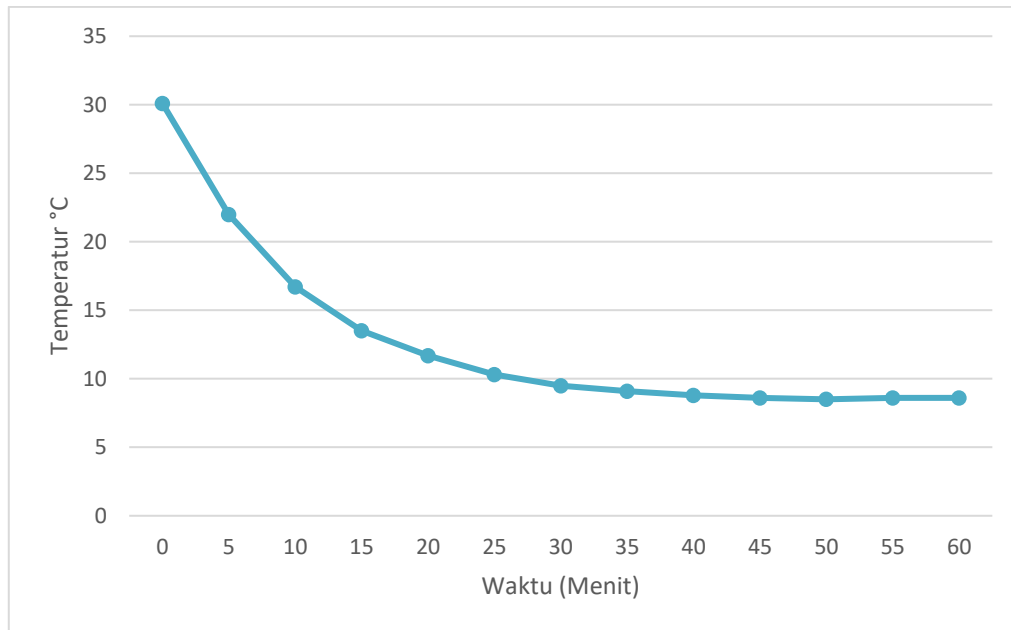
Pada suhu awal menginjak disuhu 28 °C, pada menit ke 5 mengalami kenaikan dengan suhu 29 °C, pada menit ke 10 mengalami suhu yang sama dengan suhu 29 °C, pada menit ke 15 mengalami suhu yang sama dengan suhu 29 °C, pada menit ke 20 mengalami suhu yang sama dengan suhu 29 °C, pada menit ke 25 mengalami suhu yang sama dengan suhu 29 °C, pada menit ke 30 mengalami suhu yang sama dengan suhu 29 °C, pada menit ke 35 mengalami suhu yang sama dengan suhu 29 °C, pada menit ke 40 mengalami suhu yang sama dengan suhu 29 °C, pada menit ke 45 mengalami kenaikan dengan suhu 29.1°C, pada menit ke 50 mengalami penurunan dengan suhu 29 °C, pada menit ke 55 mengalami kenaikan dengan suhu 29,1 °C, pada menit ke 60 mengalami suhu yang sama dengan suhu 29,1 °C.



**Gambar 3.** Grafik pengujian menggunakan *thermoelectric* dengan *icepack*

Gambar 3 menunjukkan pengujian *coolbox* dengan beban menggunakan *thermoelectric* dengan *icepack*. Pengujian dilakukan dengan waktu 60 menit, dan suhu berada di 8,0 °C. Pada suhu awal menginjak disuhu 30.9 °C, pada menit ke 5 mengalami penurunan dengan suhu 19,5 °C, pada menit ke

10 mengalami penurunan dengan suhu 15,5 °C, pada menit ke 15 mengalami penurunan dengan suhu 13,1 °C, pada menit ke 20 mengalami penurunan dengan suhu 11,4 °C, pada menit ke 25 mengalami penurunan dengan suhu 10,3 °C, pada menit ke 30 mengalami penurunan dengan suhu 9,5 °C, pada menit ke 35 mengalami penurunan dengan suhu 8,9 °C, pada menit ke 40 mengalami penurunan dengan suhu 8,5 °C, pada menit ke 45 mengalami penurunan dengan suhu 8,3 °C, pada menit ke 50 mengalami penurunan dengan suhu 8,2 °C, pada menit ke 55 mengalami penurunan dengan suhu 8,1 °C, pada menit ke 60 mengalami penurunan dengan suhu 8,0 °C.



**Gambar 4.** Grafik pengujian menggunakan *icepack* tanpa *thermoelectric*

Gambar 4 menunjukkan pengujian *coolbox* dengan beban menggunakan *icepack* tanpa *thermoelectric*, Pengujian dilakukan dengan waktu 60 menit, dan suhu berada di 8,6 °C. Pada suhu awal menginjak disuhu 30,1 °C, pada menit ke 5 mengalami penurunan dengan suhu 22,0 °C, pada menit ke 10 mengalami penurunan dengan suhu 16,7 °C, pada menit ke 15 mengalami penurunan dengan suhu 13,5 °C, pada menit ke 20 mengalami penurunan dengan suhu 11,7 °C, pada menit ke 25 mengalami penurunan dengan suhu 10,3 °C, pada menit ke 30 mengalami penurunan dengan suhu 9,5 °C, pada menit ke 35 mengalami penurunan dengan suhu 9,1 °C, pada menit ke 40 mengalami penurunan dengan suhu 8,8 °C, pada menit ke 45 mengalami penurunan dengan suhu 8,6 °C, pada menit ke 50 mengalami penurunan dengan suhu 8,5 °C, pada menit ke 55 mengalami kenaikan dengan suhu 8,6 °C, pada menit ke 60 mengalami suhu yang sama dengan suhu 8,6 °C.

### 3.2. Analisis COP dan Efisiensi *Coolbox*

**Tabel 1.** Perhitungan *thermoelectric*

Keterangan	Nilai
Temperatur <i>heatsink</i>	36,2 °C = 309,35 K
Temperatur <i>coldsink</i>	3,8 °C = 276,95 K
Perbedaan temperature, $\Delta T$	32,4 K
Tegangan	12 V
Arus	6 A
Daya	72 Watt

*Koefisien Seebeck* untuk mengetahui nilai *koefisien seebeck* kita dapat menggunakan rumus berikut:

$$\alpha = \frac{V}{T_h}$$

$$\alpha = \frac{12}{309,35}$$

$$a = 0,038 \text{ V/K}$$

Hambatan Listrik

$$R = \frac{V}{I} \times \frac{(Th-\Delta T)}{Th}$$

$$R = \frac{12}{6} \times \frac{(309,35-32,4)}{309,35}$$

$$R = 2 \times 0,89$$

$$R = 1,78 \text{ ohm}$$

Konduktifitas Thermal Modul Elemen Peltier

$$Kt = \frac{V.I (Th-\Delta T)}{2Th.\Delta T}$$

$$Kt = \frac{12.6.(309.35-32,4)}{2(309,35).32,4}$$

$$Kt = \frac{22.240,8}{20.045,88}$$

$$Kt = 1,10 \text{ W/K}$$

Kalor yang diserap sisi dingin berikut adalah perhitungan kalor yang terserap pada terminal dingin modul termoelektrik:

$$Qc = \alpha.I. Tc - \Delta T.Kt - I. R/2$$

$$Qc = 0,038 . 6 . 276,95 - 32,4 . 1,10 - 6 . 1,78/ 2$$

$$Qc = 63,14 - 35,64 - 5,34$$

$$Qc = 22,16 \text{ Watt}$$

Perhitungan daya untuk mengetahui daya kita dapat menggunakan rumus:

$$W = I . V$$

$$= 6 . 12$$

$$= 72 \text{ Watt}$$

COP (*Coefficient Of Performance*) untuk mengetahui COP kita menggunakan rumus:

$$COP = QC / W$$

$$= 22,16 / 72$$

$$= 0,30$$

Efisiensi Untuk mengetahui efisiensi kita menggunakan rumus:

Efisiensi Sistem Refrigerasi :

$$Effisiensi = COP \times 100\%$$

$$= 0,30 \times 100\%$$

$$= 30 \%$$

**Tabel 2.** Spesifikasi *icepack*

Nama	<i>Icepack</i>
Bahan pembeku	Blue ice (hydrogel)
Ukuran	22cm x 15cm x 3cm
Freezing point	0 s/d -25°C
Waktu pembekuan	6-12 jam
Waktu penyimpanan pada produk	1-2 hari jika disimpan dibox dengan tepat
Berat	850 gr

### 3.3. Analisis Perbandingan *Coolbox*

Untuk dapat mengetahui tolak ukur dari produk *coolbox* pada penelitian ini maka dilakukan analisis perbandingan.

**Tabel 3.** Perbandingan *coolbox*

Variabel	<i>Coolbox</i> menggunakan <i>thermoelectric</i> tanpa <i>icepack</i>	<i>Coolbox</i> menggunakan <i>thermoelectric</i> dengan <i>icepack</i>	<i>Coolbox</i> menggunakan <i>icepack</i> tanpa <i>thermoelectric</i>
Box	16 Liter	16 Liter	16 Liter
Temperatur awal	28 °C	30,9 °C	30,1 °C
Temperatur akhir	29,1 °C	8,0 °C	8,6 °C

<i>IcePack</i>	-	4	4
Waktu Pendinginan	1 jam	1 jam	1 jam
COP		0,30	
Effisiensi		30%	

## 4. PENUTUP

### 4.1. Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil dari pengambilan data disimpulkan bahwa:

- Box* yang sudah dibuat dan dirancang, sudah mencapai suhu yang sesuai dengan Peraturan Pemerintah Kesehatan untuk suhu penyimpanan transportasi darah 2 – 10 °C. Pada suhu 8,0 °C menggunakan *thermoelectric* dengan bantuan *icepack*. Dilakukan pengujian dalam waktu 1 jam, sesuai dengan kinerja kapasitas *batterai*.
- Hasil perhitungan COP 0,30 dan efisiensi 30%.
- Perbandingan *coolbox* pendingin darah menggunakan *thermoelectric* tanpa *icepack* mencapai suhu 29,1 °C, *coolbox* pendingin darah menggunakan *thermoelectric* dengan *icepack* mencapai suhu 8,0 °C dan *coolbox* pendingin darah menggunakan *icepack* tanpa *thermoelectric* 8,6.

### 4.2. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu:

- Ketelitian harus diperlukan dalam perhitungan beban pendinginan, agar bisa memperoleh kapasitas sesuai yang dibutuhkan.
- Harus mempelajari lebih dalam mengenai pemilihan komponen.
- Memperkenalkan lebih luas mengenai *coolbox* dengan menggunakan kontrol.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, *Standar Pelayanan Transfusi Darah*, vol. 120, no. 11. Jakarta, 2015, pp. 259.
- [2] A. N. Zaini And D. Gozali, "Pengaruh Suhu Terhadap Stabilitas Obat Sediaan Suspensi," *Farmaka*, vol. 14, no. 2, pp. 1–15, 2020.
- [3] H. G. Parish, J. R. Morton, And J. C. Brown, "A Systematic Review Of Epinephrine Stability And Sterility With Storage In A Syringe," *Allergy, Asthma Clin. Immunol.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–13, 2019.
- [4] Y. Patel, A. R. M. Siddique, M. R. Mohaghegh, S. Mahmud, And S. H. Tasnim, "Experimental Investigation Of The Cooling Effect Generated By A Heat Sink Integrated Thermoelectric-Based U-Shaped Air-Conditioning System," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 21, 2021.
- [5] F. A. Irwanda, A. Martin, L. K. Energi, J. T. Mesin, F. Teknik, And U. Riau, "Termoelectric Peltier Pada Beban Pendinginan 1 Liter," *Jom Fteknik*, vol. 6, no. 2, pp. 2–6, 2019.
- [6] N. I. Rakhman, A. S. Wibowo, F. T. Elektro, U. Telkom, And L. Fuzzy, "Rancang Sisten Kendali Suhu Kotak Pendingin Pintar Design Temperature Control System Smart Cooling Box," vol. 6, no. 3, pp. 10112–10119, 2019.
- [7] R. Umboh, J. O. Wuwung, E. K. Allo, And B. S. Narasiang, "Perancangan Alat Pendinginan Portable Menggunakan Elemen Peltier," *J. Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–6, 2012.