

## Blood Carrier Box Menggunakan Elemen Peltier Sebagai Alternatif Alat Pendistribusi Darah

Awaludin Martin<sup>1\*</sup>, Fadilla Augusli Irwanda<sup>2</sup>, Dinni Agustina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2</sup>Program Studi Sarjana Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

\*Corresponding author: [awaludinmartin01@gmail.com](mailto:awaludinmartin01@gmail.com)

**Abstract.** The process of blood distribution before transfusion requires a cooling unit that is able to maintain the temperature, so that blood can be maintained and not damaged before transfusion. To maintain chemical composition and structural of blood, blood must be stored at a temperature of 2°-6°C and specifically for trombocite can be stored at a temperature of 20°-24°C so that trombocite can be stored for 5 days. To answer this problem, in this study a box will be used as a container in the process of distributing blood with a size of 28 cm x 18 cm x 20 cm. Peltier elements are chosen to be used as coolants in the blood carrier box because they are small so that can be operated in a limited space and operate at 12 volt. The peltier element type that used in this research is TEC1 12706 with the ability of cold side of the peltier element based on the calculation is 18.65 Watt. The lowest blood carrier box temperature obtained is 14.4°C and the highest temperature is 18.5°C. So that this initial research can be concluded that this blood carrier box can be used to distribute of trombocite.

**Abstrak.** Proses distribusi darah sebelum ditransfusikan memerlukan suatu unit pendingin yang mampu menjaga suhu agar darah dapat terjaga dan tidak rusak sebelum ditransfusikan. Untuk menjaga komposisi kimia dan struktural darah yaitu dengan menyimpannya pada temperatur 2°-6°C dan khusus untuk trombosit dapat disimpan pada temperatur 20°-24°C sehingga trombosit dapat disimpan selama 5 hari. Untuk menjawab masalah tersebut, dalam penelitian ini akan dirancang sebuah *box* yang digunakan sebagai wadah pada proses pendistribusian darah dengan ukuran 28 cm x 18 cm x 20 cm. Elemen peltier dipilih untuk digunakan sebagai pendingin pada *blood carrier box* karena bentuknya kecil sehingga bisa dioperasikan pada ruangan yang terbatas dan beroperasi pada tegangan 12 volt. Elemen peltier yang digunakan adalah tipe TEC1 12706 dengan kemampuan sisi dingin elemen peltier untuk menyerap kalor berdasarkan hasil perhitungan adalah 18,65 Watt. Temperatur *blood carrier box* terendah adalah 14,4°C dan temperatur tertinggi adalah 18,5°C. Sehingga penelitian tahap awal ini dapat disimpulkan bahwa *blood carrier box* ini dapat digunakan untuk mendistribusikan trombosit.

**Kata kunci:** Peltier Element, Blood carrier box, Coefficient of Performance.

---

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

### Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan lebih dari 17 ribu pulau dan lebih dari 260 juta penduduknya. Dengan keadaan tersebut proses pendistribusian peralatan medis khususnya darah dari pusat ke daerah atau dari daerah ke daerah terpencil akan menempuh jarak yang jauh dan akan memakan waktu yang lama. Hal ini menjadi permasalahan dasar sulitnya proses pendistribusian darah maupun komponen darah ke daerah – daerah di dalam negeri. Selain itu, berdasarkan standar *World Health Organization (WHO)* setiap negara negara atau daerah harus memiliki ketersediaan darah setidaknya 2% dari jumlah penduduknya. Dari data

tersebut, Indonesia setidaknya memiliki ketersediaan darah dan komponennya lebih kurang 5 juta kantong per tahunnya, sedangkan ketersediaan darah dan komponennya saat ini lebih kurang 2,5 juta kantong pertahunnya [1].

Provinsi Riau, presentase kebutuhan dan ketersediaan darah dan komponen darah sangat jauh dari standar dengan presentase kekurangan mencapai 65%. Hal ini tentu akan menjadi permasalahan lain jika darah atau komponen darah yang dibutuhkan tidak tersedia pada Palang Merah Indonesia (PMI) Provinsi Riau. Sehingga darah atau komponen darah yang dibutuhkan akan didatangkan dari daerah yang memiliki ketersediaan darah atau komponen darah tersebut.

Oleh karena itu sesuai Standar Operasional Prosedur (SOP) dari penyimpanan darah yang ditetapkan melalui Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (PERMENKES) Nomor 91 Tahun 2015 [2] tentang standar pelayanan transfusi darah serta standar penyimpanan darah, dimana darah harus disimpan pada temperatur 2°-6°C dan dapat bertahan selama 30 hari dari proses pendonoran dan untuk trombosit disimpan pada temperatur 20°-24°C dan dapat disimpan selama 5 hari.

Berdasarkan fakta tersebut, maka muncul sebuah gagasan untuk membuat sebuah *box* yang berguna sebagai wadah untuk proses pendistribusian peralatan medis khususnya darah. Sedangkan untuk saat ini *box* yang digunakan memanfaatkan es atau *ice pack* sebagai media pendinginan dalam proses pendistribusian peralatan medis dalam kota.

Termoelektrik merupakan komponen yang dapat menggantikan fungsi dari refrigeran dan juga memiliki kelebihan seperti kriteria yang dibutuhkan diatas. Dalam termoelektrik terdapat suatu elemen yang dinamakan elemen peltier. Peltier ini umumnya digunakan dalam aplikasi ukuran kecil serta memiliki karakteristik yang dapat mendinginkan tanpa merusak lingkungan dengan memanfaatkan efek peltier [3].

Termoelektrik dibangun oleh dua buah semikonduktor yang berbeda, satu tipe N dan yang lainnya tipe P (mereka harus berbeda karena mereka harus memiliki kerapatan elektron yang berbeda dalam rangka untuk bekerja). Kedua semikonduktor diposisikan secara parallel dan ujungnya digabungkan dengan lempeng yang biasanya lempeng tembaga atau aluminium. Elemen termoelektrik merupakan semikonduktor tipe N dan tipe P yang dihubungkan dalam suatu rangkaian listrik tertutup yang terdapat beban. Dari perbedaan suhu yang ada pada tiap junction pada tiap semikonduktor tersebut akan menyebabkan elektron berpindah dari sisi panas menuju sisi dingin [3].

Terkait dengan penelitian tentang pengaplikasian sistem termoelektrik pada *box* yang digunakan sebagai wadah proses pendistribusian peralatan medis khususnya darah, Chatterjee dkk 2003 [4] melakukan sebuah penelitian tentang *box* penyimpanan dan pendistribusian vaksin. Penelitian ini dilakukan pada 2 *box*, dimana salah satu *box* memiliki 2 bagian dengan kapasitas *box* pertama 2,5 L dan kapasitas *box* kedua yaitu 1L dan 1,5L dengan memanfaatkan 2 elemen peltier. Dari penelitian ini diperoleh temperatur pada *box* pertama dengan

beban 2,5 yaitu 2°C dan *box* 2 temperatur yang diperoleh -9°C pada beban 1L dan 2°C pada beban 1,5L pada temperatur lingkungan 45°C [4].

Pada tahun 2012, Sary dan Mubarak melakukan penelitian tentang perpindahan panas pada lemari penyimpanan darah *portable* dengan memanfaatkan efek peltier. Penelitian ini menggunakan *box* dengan ukuran 30x30x30 cm dengan isolasi yang digunakan yaitu *styrofoam* dengan memanfaatkan 2 elemen peltier tipe TEC1 12706. Dari hasil penelitian didapat hasil 5,4°C dalam keadaan tanpa beban dan 6,2°C dengan menggunakan beban [5].

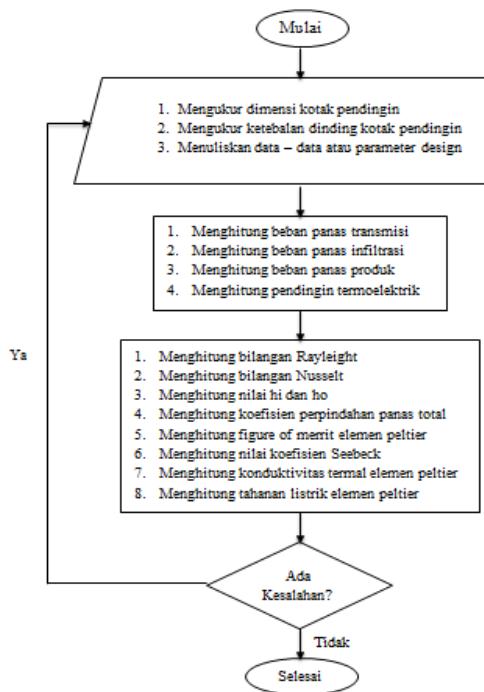
Penelitian ini bertujuan membuat *blood carrier box* menggunakan 2 elemen peltier dengan tipe TEC1 12706 dimana ukuran *box* yang digunakan adalah 28 x 18 x 20 dengan isolasi *polyurethane foam*. Elemen peltier ditempatkan pada bagian sisi kiri dan sisi kanan dari *box* dan menggunakan *heatsink* dan *coldsink* yang berguna untuk membantu penyerapan dan pelesan kalor.

## Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan metode analitik. Dalam penelitian ini *box* digunakan sebagai acuan dalam perancangan *blood carrier box* dimulai dengan pengukuran dimensi dari kotak pendingin, menghitung beban pendinginan serta menghitung pendinginan termoelektrik. Berdasarkan hasil perhitungan dapat ditentukan jumlah elemen peltier yang akan digunakan. Adapun diagram alir perancangan *blood carrier box* dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 1.

Sistem pendingin *blood carrier box* terdiri dari beberapa komponen utama diantaranya adalah elemen peltier sebagai alat untuk mengkonversi aliran listrik menjadi perubahan temperatur, *coldsink* dan *heatsink* sebagai media penyerapan dan pelepasan kalor pada proses pendinginan dan *fan* sebagai media untuk mempercepat proses penyerapan dan pelepasan kalor.

Sistem pendingin termoelektrik yang dirancang akan menghitung beberapa besaran diantaranya beban panas transmisi, beban panas infiltrasi, beban panas produk dan pendingin termoelektrik.



Gambar 1 Diagram Alir Perancangan

### a. Beban Panas Transmisi

Blood carrier box dikondisikan agar temperatur dalam box mengalami penurunan temperatur sesuai perancangan dengan menggunakan sistem pendingin termoelektrik dimana temperatur penyimpanan ditetapkan 277 K dan temperatur lingkungan desain 306 K. Untuk mendapatkan besar beban panas transmisi maka terlebih dahulu menghitung nilai dari bilangan Rayleigh [6].

$$Ra = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu^2} Pr \quad (1)$$

Setelah menentukan nilai bilangan Rayleigh, selanjutnya menentukan nilai dari bilangan Nusselt [6] dengan menggunakan persamaan (2);  
Pada plat vertikal:

$$Nu = \left[ 0,875 + \frac{0,347 Ra^{1/6}}{\left[ 1 + \left( \frac{0,492}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right]^2 \quad (2)$$

Pada plat horizontal:

$$Nu = 0,54 Ra^{1/4} \quad (3)$$

Setelah nilai dari bilangan Nusselt didapatkan, maka kita akan menghitung nilai koefisien lapisan udara luar dan udara dalam [6].

$$h_o = \frac{k}{Lc} Nu \quad (4)$$

Selanjutnya menghitung nilai dari koefisien perpindahan panas total [6].

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{1}{h_i}} \quad (5)$$

Terakhir menghitung beban kalor pada setiap dinding [6].

$$q = K \cdot A \cdot (T_{out} - T_{in}) \quad (6)$$

Dimana:

K = koefisien perpindahan kalor total (W/m²K)

A = luas permukaan perpindahan panas(m²)

T<sub>out</sub> = suhu luar dinding(K)

T<sub>in</sub> = suhu dalam dinding(K)

### b. Beban Panas Infiltrasi

Beban panas infiltrasi dihitung berdasarkan volume dan jumlah pertukaran udara pada box [6].

$$q = c_p \cdot Z \cdot V \cdot (T_{out} - T_{in}) \quad (7)$$

Dimana:

C<sub>p</sub> = kalor spesifik (kJ/kg.K)

Z = jumlah dari pertukaran udara

V = volume kotak pendingin(m³)

T<sub>ou</sub> = suhu luar kotak pendingin(K)

T<sub>in</sub> = suhu dalam kotak pendingin(K)

### c. Beban Panas Produk

Beban panas produk adalah beban kalor yang harus dibuang atau dihilangkan untuk mencapai temperatur sesuai yang telah ditentukan [6].

$$q = \frac{G \cdot c_p \cdot (T_{out} - T_{in})}{\Delta T_s / 3600} \times LF \quad (8)$$

Dimana:

G = jumlah produk(kg)

C<sub>p</sub> = kalor spesifik(kJ/kg K)

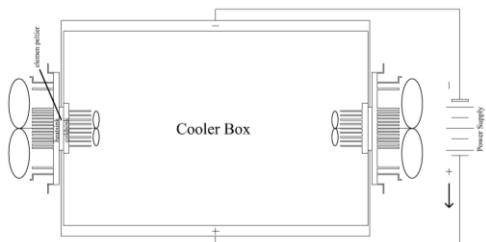
T<sub>out</sub> = temperatur luar(K)

T<sub>in</sub> = temperatur dalam(K)

Δt<sub>s</sub> = waktu pendinginan(h)

LF = faktor beban

Setelah semua beban panas didapatkan, total panas harus ditambahkan sebesar 10% dari total beban panas sebagai faktor keamanan untuk mengatasi panas yang tidak diketahui dan tidak terduga serta pertimbangan selama sistem bekerja. Adapun skema pendinginan termoelektrik dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2** Skema Pendinginan Termoelektrik

#### d. Pendinginan Termoelektrik

Dengan menggunakan data manufaktur dari TEC1 12706 dapat menentukan karakteristik dari elemen peltier. Menurut Zhaoxia (2008), ada empat karakteristik utama elemen peltier yaitu, *Figure of Merrit (Z)*, Koefisien Seebeck modul ( $S_m$ ), Tahanan Listrik modul ( $R_m$ ), dan nilai Konduktivitas Termal modul termoelektrik ( $K_m$ ).

#### a. *Figure of Merrit (z)* modul termoelektrik

$$z = \frac{2\Delta T_{max}}{(T_h - \Delta T_{max})^2} \quad (9)$$

#### b. Koefisien Seebeck modul termoelektrik ( $S_m$ )

$$S_m = \frac{V_{max}}{T_h} \quad (10)$$

#### c. Konduktivitas Termal elemen Peltier ( $K_m$ )

$$K_m = \frac{(T_h - \Delta T_{max})V_{max}I_{max}}{2T_h\Delta T_{max}} \quad (11)$$

#### d. Tahanan Listrik modul elemen peltier ( $R_m$ )

$$R_m = \frac{(T_h - \Delta T_{max})V_{max}}{T_h I_{max}} \quad (12)$$

#### e. Jumlah Kalor yang Diserap

Menurut Kumar [7] dan Zhaoxia [8], untuk mendapatkan nilai kalor yang diserap ( $Q_c$ ) modul elemen peltier dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Q_c = S_m T_c I - \frac{I^2 R_m}{2} - K_m \Delta T \quad (13)$$

#### f. Daya Operasi

Daya yang dioperasikan adalah 12V 6A maka  $P$  dapat dicari dengan persamaan:

$$P = I \cdot V \quad (14)$$

#### g. Jumlah Kalor yang Dilepas

$$Q_h = S_m T_c I + \frac{I^2 R_m}{2} - K_m \Delta T \quad (15)$$

#### h. Tahanan Termal *Heatsink*

$$R_{hs} = \frac{(T_h - T_a)}{Q_h} \quad (16)$$

#### i. *Coefficient of Performance (COP)*

$$COP = \frac{Q_c}{P} \quad (17)$$

#### j. Jumlah Elemen Peltier

Menurut Kumar [6], untuk menentukan jumlah elemen peltier digunakan persamaan:

$$n = \frac{Q_{Total}}{Q_c} \quad (18)$$

### Hasil dan Pembahasan

*Blood carrier box* dikondisikan agar temperatur dalam box mengalami penurunan temperatur sesuai perancangan dengan menggunakan sistem pendingin termoelektrik, *heatsink* dan *fan*. Hasil dari perancangan *blood carrier box* dengan menggunakan sistem termoelektrik dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1** Rekapitulasi Hasil Perancangan

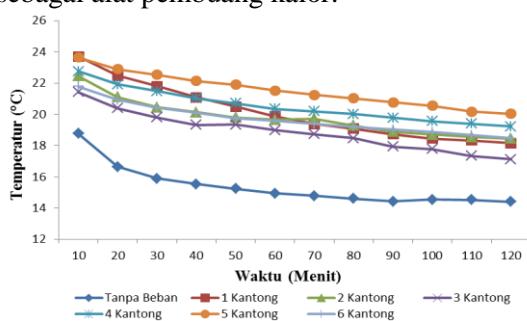
Parameter	Nilai
Beban Pendinginan	31,682 watt
<i>Figure of Merrit(z)</i> modul	0,002088 K-1
Koefisien Seebeck modul ( $S_m$ )	0,044 V/K
Konduktivitas Termal modul ( $K_m$ )	0,608 W/K
Tahanan Listrik Modul ( $R_m$ )	1,979 Ohm
Kalor yang Diserap	18,658 Watt
Daya Operasi	72 Watt
Kalor yang Dilepas	89,902 Watt
Tahanan Termal <i>Heatsink</i>	0,055 Ohm
<i>Coefficient of Performance (COP)</i>	0,259
Jumlah Elemen Peltier	2 Elemen Peltier

Untuk mengetahui kinerja *blood carrier box*, maka dilakukan pengujian dalam skala laboratorium pada keadaan tanpa beban dan dengan beban maksimal. Beban yang diberikan yaitu darah sapi dengan kapasitas 350 ml pada

setiap kantongnya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur termokopel dan data akuisisi OMEGA TC-08.

### 1. Temperatur Ruang Pendingin

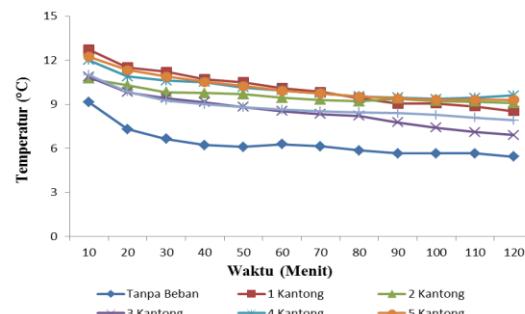
Pada gambar 3 dapat dilihat penurunan temperatur ruang pendingin pada keadaan tanpa beban sampai dengan beban 6 kantong. Pada keadaan tanpa beban, temperatur yang didapat pada ruang pendingin mencapai  $14,4^{\circ}\text{C}$  dan pada beban 6 kantong yaitu  $18,5^{\circ}\text{C}$ . Pada pengujian dengan beban 3 kantong dan 6 terjadi penurunan dari pengujian sebelumnya. Hal ini terjadi karena temperatur lingkungan yang tinggi dan tidak stabil pada saat pengujian dan berakibat kepada kinerja dari *heatsink* dan *fan* yang tidak maksimal sebagai alat pembuang kalor.



Gambar 3 Perbandingan Temperatur Ruang Pendingin dengan Variasi Beban Pendingin

### 2. Temperatur Coldsink

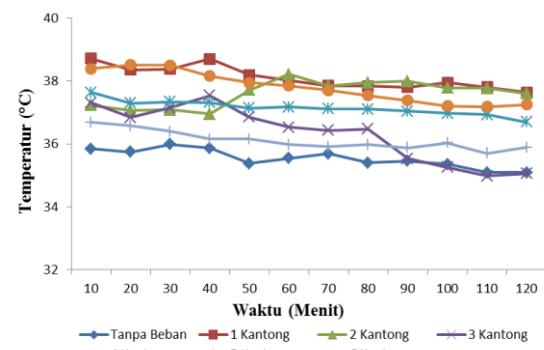
Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa temperatur *cold sink* pada kondisi tanpa beban mencapai temperatur  $5,44^{\circ}\text{C}$  dalam waktu 120 menit. Kemudian setelah dimasukkan beban 1 kantong sampai dengan 6 kantong, temperatur yang mampu dicapai oleh *cold sink* elemen peltier mengalami kenaikan. Namun pada pengujian dengan beban 3 kantong dan 6 kantong terjadi penurunan temperatur dari pengujian sebelumnya dimana seharusnya temperatur yang didapat akan mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya jumlah beban yang diberikan. Hal ini dipengaruhi oleh temperatur lingkungan pada pengujian tersebut lebih rendah dari pengujian sebelumnya yaitu  $28^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 4 Perbandingan Temperatur Coldsink dengan Variasi Beban Pendingin

### 3. Temperatur Heatsink

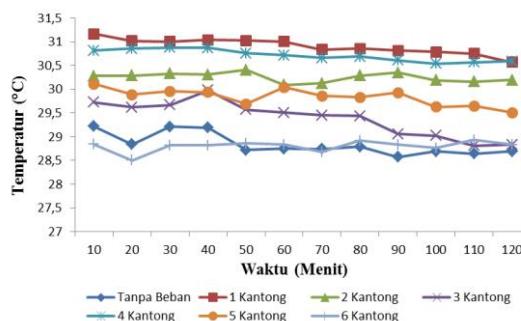
Pada gambar 5 menunjukkan perubahan temperatur dari *heatsink* ketika pengujian tanpa beban dan dengan beban 1 kantong sampai dengan beban 6 kantong. Temperatur yang didapat tidak stabil dan mengalami fluktuasi yang berkisar pada  $34^{\circ}\text{C}$  sampai  $39^{\circ}\text{C}$ . Dilihat bahwa beban tidak mempengaruhi temperatur *heatsink*, baik pengujian tanpa beban maupun pengujian dengan beban maksimal. *Heatsink* dipengaruhi oleh temperatur lingkungan dimana temperatur *heatsink* berbanding lurus dengan temperatur lingkungan. Semakin tinggi temperatur lingkungan maka temperatur yang didapat pada *heatsink* akan meningkat tetapi apabila temperatur lingkungan mengalami penurunan maka temperatur pada *heatsink* juga mengalami penurunan.



Gambar 5 Perbandingan Temperatur pada Heatsink dengan Variasi Beban Pendingin

### 4. Temperatur Lingkungan

Berdasarkan data teroris, bahwa beban pendinginan mempengaruhi temperatur yang didapat pada *cold sink* dan ruang pendingin.

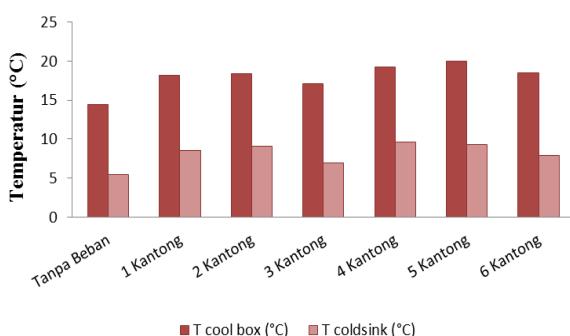


Gambar 6 Perbandingan Temperatur Lingkungan dengan Variasi Beban Pendingin

Semakin besar beban pendingin yang diberikan maka semakin besar beban panas yang dihasilkan serta semakin besar juga daya yang dibutuhkan untuk melakukan proses pendinginan.

Sedangkan berdasarkan hasil pengujian menyatakan kebalikan dari teori yang dijelaskan, dimana ketika pengujian tanpa beban sampai pengujian dengan beban sebanyak 2 kantong menunjukkan kenaikan temperatur. Namun, ketika beban sebanyak 3 kantong, temperatur mengalami penurunan dari pengujian sebelumnya. Selanjutnya kembali mengalami kenaikan temperatur saat pengujian dengan beban sebanyak 4 dan 5 kantong, kemudian temperatur yang didapat kembali mengalami penurunan pada saat pengujian dengan 6 kantong.

Berdasarkan hasil yang dijelaskan diatas, hasil pengujian tersebut juga berpengaruh terhadap temperatur yang di dapat pada *coldsink* dan ruang pendingin. Ketidaksesuaian antara teoritis dan hasil pengujian ini disebabkan pada saat pengujian tanpa beban, 3 kantong dan 6 kantong beban, temperatur lingkungan berkisar pada 28°C, sedangkan pada saat pengujian dengan beban 1,2,4 dan 5 kantong temperatur lingkungan lebih dari 30°C.



Gambar 7 Perbandingan Temperatur Ruang Pendingin dan *Coldsink* pada setiap Pengujian

Menurut Sary [8], penurunan temperatur pada *coldsink* dan ruang pendinginan memiliki alur penurunan suhu yang sama, itu terlihat pada

perbedaan temperatur yang didapat pada *coldsink* dan ruang pendingin yang tidak mencapai 1°C.

Sedangkan berdasarkan hasil pengujian yang di dapat menunjukkan perbedaan yang besar antara temperatur pada *coldsink* dengan temperatur ruang pendingin. Hal ini disebabkan karena sistem pelepasan kalor pada *heatsink* ke lingkungan dan pada *coldsink* ke ruang pendinginan tidak bekerja secara maksimal, serta *fan* yang seharusnya membantu proses pelepasan kalor juga tidak dapat memberikan hasil secara maksimal. Agar proses pelepasan kalor dapat di maksimalkan, seharusnya dilakukan pemilihan *coldsink*, *heatsink* dan *fan* yang tepat agar dapat hasil sesuai dengan perancangan.

##### 5. Coefficient of Performance (COP)

Pada tabel 2 dapat dilihat perbedaan temperatur sisi panas dan sisi dingin dari elemen peltier. Semakin rendah perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin, maka semakin tinggi jumlah kalor yang diserap dan dilepas oleh sistem. Sebaliknya jika perbedaan suhu semakin tinggi, maka semakin rendah kalor yang diserap dan dilepas oleh sistem.

Dapat disimpulkan bahwa nilai COP semakin meningkat dengan bertambahnya beban dan jumlah kalor yang diserap serta dilepas oleh elemen peltier. Namun nilai COP menurun pada pengujian dengan beban 5 kantong dan 6 kantong karena jumlah kalor yang diserap serta dilepas elemen peltier lebih sedikit dari pengujian sebelumnya.

Penlitian ini juga menghasilkan nilai COP tertinggi yaitu sebesar 0,146 pada beban 4 kantong darah.

Tabel 2 Coefficient of Performance

Jumlah Beban	$\Delta T$ (°C)	$Q_c$ (W)	$Q_h$ (W)	COP
Tanpa Beban	29,65	19,48	90,72	0,135
1 Kantong	29,11	19,81	91,05	0,137
2 Kantong	28,51	20,17	91,41	0,140
3 Kantong	28,16	20,38	91,63	0,141
4 Kantong	27,08	21,04	92,28	0,146
5 Kantong	27,94	20,52	91,76	0,143
6 Kantong	27,97	20,5	91,74	0,142

##### Kesimpulan

Adapun simpulan yang didapat dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Telah diaplikasikan elemen peltier sebagai media pendingin pada *blood carrier box*.
2. Semakin besar jumlah beban yang diberikan maka akan meningkatkan performa elemen peltier

untuk menyerap dan melepas kalor, dan akan mempengaruhi nilai COP yang akan semakin meningkat jika kalor yang diserap serta dilepas elemen peltier semakin besar.

3. *Blood carrier box* dapat digunakan sebagai alat distribusi darah darah khusus nya trombosit karena temperatur yang didapat pada pengujian yaitu 14,4°C- 18,5°C .

### **Daftar Pustaka**

- [1] Pusat Data dan Informasi (PUSDATIN) Kementerian Kesehatan, Situasi Donor Darah Di Indonesia 2013, Jakarta.
- [2] Menteri Kesehatan, 2015, Peraturan Menteri Kesehatan No. 91 Tahun 2015 Tentang Standar Pelayanan Transfusi Darah, Jakarta
- [3] Mani, Pooja Iyer.2016. *Design, Modeling and Simulation of A Thermoelectric Cooling System (TEC)*, Western Michigan University, USA.
- [4] Chatterjee, S dan Pandey, K.G. 2003, Thermoelectric Cold Chain Chests for Storing / Transporting Vaccines in Remote Regions, Applied Energy 76(2003)415-433
- [5] Sary, Ratna dan Mubarak, Amir Zaki. 2012, Kaji Eksperimental Perpindahan Panas pada Lemari Penyimpanan Darah Portable dengan Memanfaatkan Efek Peltier. Journal Teknik Mesin Unsyiah, Volume 1, Nomor 2
- [6] Cengel, Yunus A., 2002, A Practical Approach Heat Transfer. 2nd ed. McGraw-Hill. New York.
- [7] Akdemir, Serap, 2008, Designing of Cold Stores and Choosing System Elements, Journal of Applied Sciences 8 (5): 788-794. ISSN 1812-5654.
- [8] Kumar, Manoj, 2013, Development and Experimental Study of Solar Powered Thermoelectric Refrigerator System. International Journal of Engineering Research and Application (IJERA), ISSN: 2284, Volume 3, Issue 4, July-Agust 2013.
- [9] Zhaoxia, Luo. 2008. *A Simple Method to Estimate the Physical Characteristic of a Thermoelectric Cooler from Vendor Databaseets*.