

UNJUK KERJA BLOOD CARRIER BOX DENGAN THERMOELECTRIC COOLER PADA VARIASI INPUT TEGANGAN

Ridho Fharozi¹, Awaludin Martin²

Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

¹ridho.fharozi@gmail.com, ²awaludinmartin01@gmail.com

Abstract

The process of distributing blood from proper storage before transfusion requires a cooling unit that is able to maintain the temperature so that the blood can be maintained and not damaged before being transfused. To maintain the chemical and structural composition of blood, it is done by storing it at a temperature of 2-6 °C and the distribution is carried at a temperature of 2-10 °C with a maximum transit time of 24 hours specifically for whole blood. To answer this problem, this research will test the ability of a box that is used as a container for the blood distribution process using a thermoelectric cooling system. Thermoelectric was chosen for use as a cooler in the blood carrier box because of its small shape so that it can be operated in a limited space and operates at a DC voltage of 12 volts. Thermoelectric uses a Peltier element with type TEC1 12706 with the coefficient of performance (COP) value based on the highest calculation result of 0.173. In the test, the input voltage variations were 9 volts and 12 volts where the blood carrier box was able to maintain the blood temperature at 4-5 °C. So that this initial research can conclude that this blood carrier box can be used to distribute whole blood.

Keywords: Blood Carrier Box, Thermoelectric Cooler, Coefficient of Performance

1. Pendahuluan

Persediaan darah merupakan salah satu hal penting dalam kehidupan masyarakat. Oleh karena itu *World Health Organization* (WHO) mengeluarkan standar persediaan darah disuatu daerah minimal adalah 2% dari jumlah total penduduknya [1]. Jumlah kebutuhan persediaan darah Indonesia berdasarkan ketentuan WHO tersebut adalah untuk 5.174.100 kantong. Namun, persediaan darah yang ada hanya untuk 4.201.578 kantong. Data tersebut memperlihatkan bahwa Indonesia masih kekurangan persediaan darah untuk 972.522 penduduk atau lebih kurang 18,8% [1].

Selain permasalahan diatas, hal lain yang perlu untuk dicermati adalah cara pendistribusian darah dari suatu tempat ke tempat yang lain. Hal ini dikarenakan belum tentu kebutuhan penduduk akan jenis darah tertentu tersedia di Bank Darah Rumah Sakit (BDRS) sekitaran wilayah tempat tinggal penduduk dan pendistribusian darah harus memperhatikan SOP yang ada agar kondisi darah tetap dalam keadaan baik serta dapat digunakan. Untuk menjaga hal tersebut, setelah darah didapat dari pendonor harus disimpan didalam wadah dengan temperatur 2-10 °C selama proses pendistribusian [2].

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 berbahan dasar plastik dan memanfaatkan es atau *ice pack* sebagai media

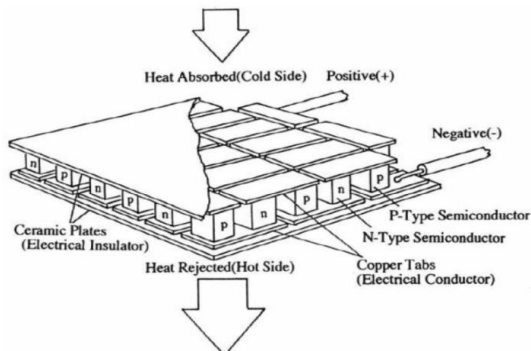
pendinginan dalam proses pendistribusian peralatan medis dalam kota.

Pada tahun 2018 Syafrul Hadi [3] melakukan penelitian mengenai nilai konduktivitas material beberapa komposit. Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa komposit berbahan dasar tandan kosong kelapa sawit dan resin epoksi memiliki nilai konduktivitas termal terkecil yaitu 0,13 W/m.K, apabila dikonversikan menjadi hambatan termal adalah 7,69 m.K/W [3]. Nilai konduktivitas dari tandan kosong kelapa sawit dan resin epoksi ini tergolong kecil apabila dibandingkan dengan bahan dasar *box* untuk distribusi yang biasa digunakan saat ini yaitu plastik dengan nilai konduktivitas termal 0,4 W/m.K, apabila dikonversi menjadi hambatan termal adalah 2,5 m.K/W jadi material ini dapat menggantikan material plastik jika dilihat dari nilai hambatan termalnya [4].

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 [5]. Peltier ini umumnya digunakan dalam aplikasi ukuran kecil serta memiliki karakteristik yang dapat mendinginkan tanpa merusak lingkungan dengan memanfaatkan efek peltier [5].

Transformasi perbedaan suhu menjadi arus listrik dan sebaliknya disebut sebagai efek termoelektrik. Prinsip *thermoelectricity* ditemukan pada tahun 1823 oleh ilmuwan Jerman, Thomas Seebeck, ia menemukan bahwa arus listrik terus mengalir jika rangkaian dekat dari dua konduktor berbeda terbentuk dan sambungannya disimpan pada

persimpangan yang panas dan dingin [6]. Efek Peltier ditemukan oleh pembuat jam tangan Prancis, Jean Charles Athanase Peltier, Peltier menggunakan arus sebagai antarmuka antara logam konduktor yang berbeda dalam hasil sirkuit, penyerapan panas pada satu sambungan dan pelepasan panas pada sambungan lainnya; persis membalikkan fenomena efek Seebeck. Ketika arus (I) mengalir dari tipe N ke P dan elektron (e^-) berpindah dari bahan semikonduktor tipe P ke N; elektron melompat dari tingkat energi yang rendah (tipe P) ke tingkat energi yang lebih tinggi (tipe N) menyerap panas dari sekitarnya dan sebaliknya [6].



Gambar 1 Kontruksi Thermoelektrik [6]

Aliran elektron dari semikonduktor tipe P akan menyerap kalor di bagian yang didinginkan lalu elektron mengalir menuju semikonduktor tipe N melalui konduktor penghubung yang permukaannya mengalami penurunan temperatur (T_c) [7]. Kalor yang diserap akan berpindah melalui semikonduktor bersamaan dengan pergerakan elektron ke sisi panas modul (T_h) [7]. Pada kondisi ideal, jumlah kalor yang diserap pada sisi dingin dan dilepas pada sisi panas bergantung pada koefisien peltier dan arus listrik yang digunakan [7].

Terkait tentang penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai temperatur yang dapat dicapai oleh box dengan thermoelectric adalah sebagai berikut Delly, J pada 2017 [8] melakukan pengujian kotak pendingin thermoelectric cooler TEC1-12706 dengan pembebanan 150 gr buah jeruk. Hasil pengujian diperoleh besarnya kalor yang diserap sebesar 0,1524 watt dan setelah diberi daya sebesar 9 watt selama 9 menit temperatur kotak pendingin menjadi 22 °C dari temperatur awal 31 °C.

Irwanda, Fadilla A pada 2019 [7] merancang dan membuat blood cool box menggunakan thermoelectric cooler tipe TEC1-12706 yang dapat menyerap kalor sebesar 72 watt. Dari hasil pengujian didapat temperature terendah tanpa beban adalah 14,4 °C dan temperatur terendah dengan beban maksimal adalah 18,46 °C.

Sinaga, Andrey A pada 2019 [9] melakukan analisa kotak pendingin dengan thermoelectric cooler dengan variasi rangkaian dan variasi jumlah thermoelectric cooler yang digunakan. Pada variasi 2 buah termoelektrik menjadi yang terbaik dengan

konsumsi daya 26,7 watt dan mendapatkan temperatur terendah yaitu 13,6 °C.

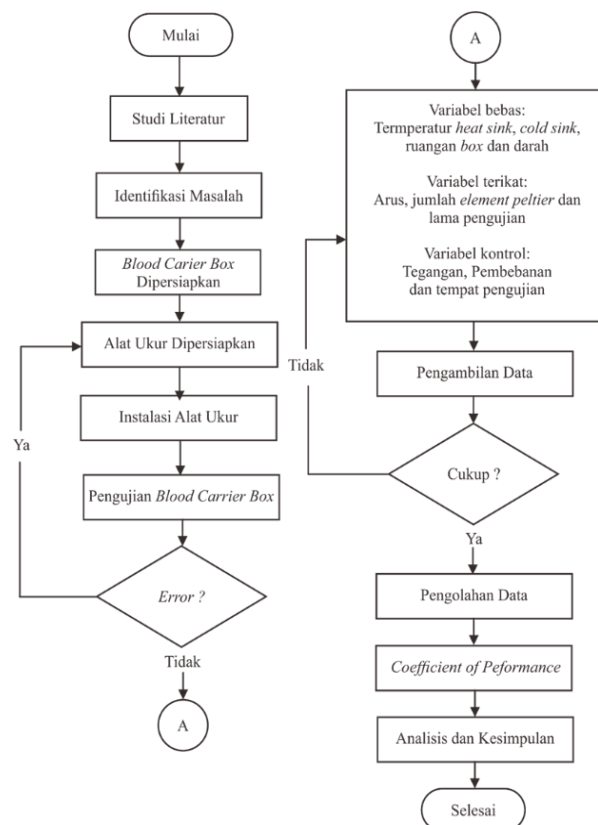
Widianto, Tri N pada 2019 [10] melakukan pengujian terhadap susunan dan jumlah thermoelectric cooler TEC1-12706 pada alat transportasi ikan segar. Didapat temperatur terendah pada 4 buah Thermoelectric Cooler tunggal yaitu 8,5 °C dengan penggunaan daya sebesar 166 watt.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan blood carrier box dalam mempertahankan temperatur darah pada variasi input tegangan 9 volt dan 12 volt serta menentukan coefficient of performance (COP) dan konsumsi daya yang digunakan.

2. Metode

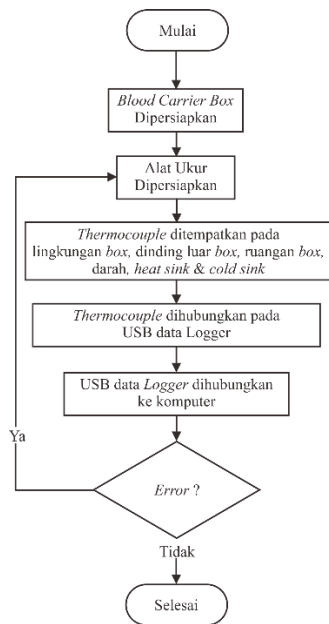
Penelitian ini menggunakan metode analitik. Dalam penelitian, temperatur awal darah dan variasi tegangan digunakan sebagai acuan dalam pengujian, menghitung nilai coefficient of performance (COP) pendinginan termoelektrik. Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan didapat temperatur akhir darah setelah diuji selama 2 jam dan nilai coefficient of performance (COP) nya.

Diagram alir keseluruhan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:



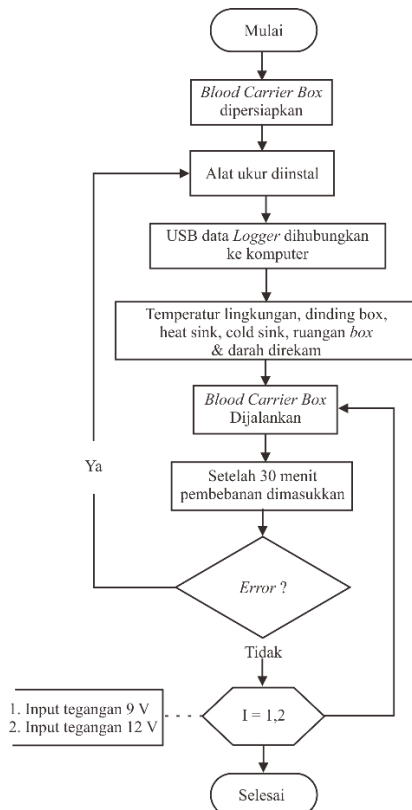
Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dari instalasi alat ukur adalah sebagai berikut:



Gambar 3 Diagram Alir Instalasi Alat Ukur

Diagram alir dari pengambilan data adalah sebagai berikut:



Gambar 4 Diagram Alir Pengambilan Data

2.1 Alat dan Bahan

Adapun alat ukur yang digunakan dalam pengujian *blood carrier box* terdiri dari dari *thermocouple* untuk mengukur temperatur pada lingkungan *box*, *heat sink*, *cold sink*, dan darah. *USB data logger* sebagai pengubah sinyal yang didapat dari *thermocouple* untuk diteruskan ke komputer dan watt meter yang digunakan untuk mengukur konsumsi daya, tegangan dan arus.

2.2 Parameter Perhitungan

Dengan menggunakan data manufaktur dari Tipe TEC1-12706 dapat menentukan karakteristik dari *thermoelectric*. Sesuai dengan penelitian *thermoelectric* yang dilakukan M. I. Puy [11] dari Universidad de Nevara, hal tersebut dapat diungkapkan dengan persamaan-persamaan berikut ini:

1). *Figure of Merit* (z)

$$z = \frac{2\Delta T_{\max}}{(T_h - \Delta T_{\max})^2} \quad (1)$$

Dengan:

$\Delta T_{\max}$ = Selisih temperatur panas dan dingin (K)

T_h = Temperatur sisi panas (K)

2). *Seebeck Coefficient* (S_m)

$$S_m = \frac{V_{\max}}{T_h} \quad (2)$$

Dengan:

$V_{\max}$ = Tegangan maksimal (volt)

3). *Konduktansi Panas* (K_m)

$$K_m = \frac{(T_h - \Delta T_{\max}) V_{\max} I_{\max}}{2 T_h \Delta T_{\max}} \quad (3)$$

Dengan:

$\Delta T_{\max}$ = Selisih temperatur panas dan dingin (K)

T_h = Temperatur sisi panas (K)

$V_{\max}$ = Tegangan maksimal (volt)

$I_{\max}$ = Arus maksimal (ampere)

4). *Resistansi Listrik* (R_m)

$$R_m = \frac{(T_h - \Delta T_{\max}) V_{\max}}{T_h I_{\max}} \quad (4)$$

Dengan:

$\Delta T_{\max}$ = Selisih temperatur panas dan dingin (K)

T_h = Temperatur sisi panas (K)

$V_{\max}$ = Tegangan maksimal (volt)

$I_{\max}$ = Arus maksimal (ampere)

5). Daya Electric (W_e)

$$W_e = I S_m (T_h - T_c) + R_m I^2 \quad (5)$$

Dengan:

I = Arus (ampere)
 S_m = Koefisien Seebeck
 R_m = Resistensi Listrik (Ohm)
 T_h = Temperatur sisi panas (K)
 T_c = Temperatur sisi dingin (K)

6). Kalor Yang Diserap (Q_c)

$$Q_c = S_m T_c I - \frac{I^2 R_m}{2} - K_m \Delta T \quad (6)$$

Dengan:

S_m = Koefisien Seebeck
 T_c = Temperatur sisi dingin (K)
 I = Arus (ampere)
 R_m = Resistensi Listrik (Ohm)
 K_m = Konduktansi Panas (WK^{-1})
 ΔT = Selisih temperatur panas dan dingin (K)

7). Coefficient of Performance (COP)

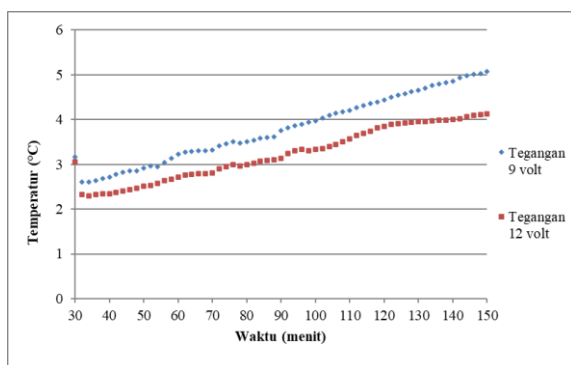
$$COP = \frac{Q_c}{W_e} \quad (7)$$

Dengan:

Q_c = Kalor yang diserap (watt)
 W_e = Daya elektrik (watt)

3. Hasil

Hasil dari pengujian *blood carrier box* dengan menggunakan sistem pendingin *thermoelektrik* dengan variasi input tegangan setelah diplot kedalam tabel untuk mempermudah analisa dapat dilihat pada gambar 5 berikut:



Gambar 5 Grafik Perbandingan Temperatur Darah Dengan Variasi Input Tegangan 9 volt dan 12 volt

4. Pembahasan

Kaji yang telah dilakukan menghasilkan berbagai variasi data temperatur pada *blood carrier box*. Untuk mengetahui kinerja dari *blood carrier box* di Laboratorium Konversi Energi, Universitas Riau. Pengujian dilakukan dengan cara memasang *thermocouple* untuk mengukur temperatur dinding *box*, lingkungan, ruangan *box*, darah, *heat sink* dan *cold sink*. *Thermocouple* tersebut dihubungkan ke *data logger* OMEGA TC-08 yang sudah terhubung ke PC. Hal tersebut untuk merekam perubahan temperatur yang terjadi pada objek ukur.

Pengujian dijalankan dengan persiapan 30 menit dan uji kerja 2 jam setelahnya. Persiapan 30 menit dibutuhkan untuk menyesuaikan ruangan sampai temperatur terendah semampunya. Selain itu, masuknya darah ke dalam *box* juga bagian dari persiapan. Darah yang dimasukkan ke dalam *box* memiliki temperatur lebih kurang 2 °C. Uji kerja selama 2 jam diambil sesuai dengan batasan masalah dari penelitian ini. Perekaman data pada pengujian tersebut dilakukan dengan interval 2 menit.

Pengujian dilakukan dengan melakukan variasi pada kondisi di dalam ruangan dengan variasi input tegangan 9 volt dan 12 volt. Dari hasil penelitian darah berada pada interval 2-10 °C yang mana temperatur tersebut sesuai dengan SOP pendistribusian darah dari PERMENKES 2015 [2].

Untuk menghitung nilai *Coefficient of Performance* (COP) dari *blood Carrier Box* dibutuhkan parameter yang didapatkan dari pengujian dan kemudian dimasukkan kedalam persamaan. Adapun nilai *Coefficient of Performance* (COP) yang didapatkan dari pengolahan data adalah sebagai berikut:

Tabel 1 *Coefficient of Performance Thermoelectric Cooler* Dengan Variasi Input Tegangan

N o	Variasi	ΔT max (°C)	Q_c (W)	W_e (W)	COP
1	Tegangan 9 volt	54,62	5,178	29,948	0,173
2	Tegangan 12 volt	59,28	6,479	39,996	0,162

5. Simpulan

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

1. Pengaruh kondisi variasi terhadap temperatur akhir darah membentuk sebuah pola dimana kondisi akhir darah pada pengujian dengan tegangan 12 volt mampu mempertahankan temperatur darah lebih rendah dari pada tegangan 9 volt.

2. Nilai *coefficient of performance* (COP) dengan variasi tegangan 9 volt yang diperoleh yaitu sebesar 0,173 dan variasi tegangan 12 volt yang diperoleh yaitu sebesar 0,162.

3. *Blood carrier box* yang telah diuji dapat digunakan sebagai media pendistribusian darah karena selama pengujian temperatur darah berada pada rentang 2-10 °C dalam waktu 2 jam pengujian. Oleh karena itu *blood carrier box* sudah memenuhi SOP pendistribusian darah.

Daftar Pustaka

- [1] PUSDATIN. (2018). Pelayanan Darah di Indonesia. Jakarta: PUSDATIN.
- [2] Menteri Kesehatan. (2015). *Peraturan Menteri Kesehatan No.91 Tahun 2015 Tentang Standar Pelayanan Tranfusi Darah*. Jakarta: Permenkes.
- [3] Hadi, S., & Perdana, M. (2018). Pengaruh Bahan Komposit Ramah Lingkungan Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Termal Komposit Alam. *JTM-ITP*, 8 (1), 33-38.
- [4] Din, A.T., Hafiz, N.M., & Rus, A.N.M. (2018). Exploration to Find Green Building Materials from Recycled Solid Wastes. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 47 (1), 35-44.
- [5] Mani, P. I. (2016). *Design, Modeling and Simulation of a Thermoelectric Cooling System (TEC)*. USA: Western Michigan University.
- [6] Patidar, S. (2018). Applications of Thermoelectric Energy: A Review. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 6 (5), 1992-1996.
- [7] Irwanda, F.A., & Martin, A. (2019). Perancangan Dan Pembuatan Blood Cool Box Menggunakan Thermoelectric Peltier Pada Beban Pendinginan 1 Liter. *Jom FTEKNIK*, 6 (2), 1-5.
- [8] Delly, J., Hasbi, M., & Alkhoiron, I.F. (2016) Studi Penggunaan Modul Thermoelektrik Sebagai Sistem Pendingin Portable: *ENTHALPY-Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 50-55.
- [9] Sinaga, A.A., Wijianti, E.S., & Saparin. (2019) Analisa Variasi Rangkaian Alat Pendingin Sederhana Menggunakan Elemen Peltier(Termoelektrik) Sebagai Media Pendingin Darah: *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Pada Masyarakat*, 166-170.
- [10] Widiyanto, T. N., & Mahendra, C. (2019). Performance of Arrangement and Number the Peltier Elements on Refrigerated Fish Container TEC. *JPB Kelautan dan Perikanan*, 75-84.
- [11] Puy, M.I., Busto, J.B., Gomez, C.M., Arbizu, M.P., & Fernandez, J.A.S. (2017). Thermoelectric Cooling Heating Under Real Conditions. *ELSEVIER*, 303-304.