

Perancangan Sistem Pendinginan *Peltier* Kapasitas 7 x 350 ml Darah

Tri Bambang Lesmana¹, Awaludin Martin²

¹Mahasiswa Teknik Mesin, ²Dosen Teknik Mesin, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru 28293, Indonesia.
¹tribambang.135@gmail.com, ²awaludinmartin01@gmail.com

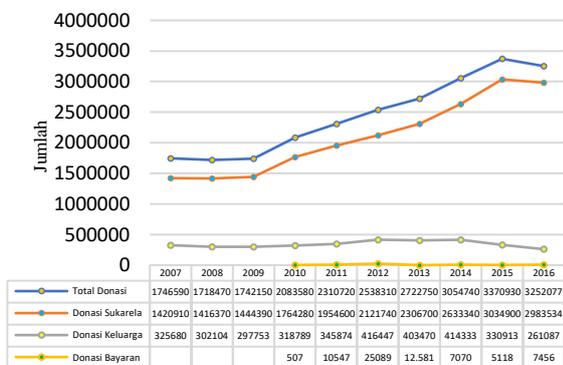
Abstract

Based on WHO Standards, Indonesia has not fulfilled the minimum blood supply for its 258 million populations. So, when needing certain types of blood that are available outside an area must go through the process of blood distribution. During this time, the distribution only uses ice packs in maintaining blood temperature. The use of ice packs in the distribution process is very risky because ice packs quickly adjust to the ambient temperature. Then, the temperature in the blood is feared more than the rule. Therefore, the design of blood carrier box with cooling components from the peltier element are intended to overcome the problem of blood distribution by being able to maintain blood in the temperature range of 2-10°C. The electrical power maximum of cooler design for 7x350 ml blood bags was obtained at 283.2 Watt.

Keywords : *Peltier Element, Blood Carrier Box*

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan ketetapan yang dikeluarkan *World Health Organization* (WHO), persediaan darah di suatu wilayah harus melebihi 2% dari jumlah total penduduk. Jumlah kebutuhan persediaan darah Indonesia sesuai dengan ketentuan WHO tersebut adalah untuk 5.174.100 Penduduk. Namun, persediaan darah yang ada hanya untuk 4.201.578 penduduk [1].



Gambar 1. Jumlah Donasi Darah di Indonesia 2007-2016 [1]

Pada tahun 2016, sebagian darah berasal dari 281 Unit Transfusi Darah (UTD) walaupun memberikan laporan peningkatan jumlah pendonor setiap tahun mulai dari tahun 2007 sampai 2016 tetapi belum memenuhi kebutuhan persediaan darah di Indonesia [1]. Selain permasalahan produksi darah tersebut, hal lain yang sangat perlu untuk dicermati adalah bagaimana cara pendistribusian darah ke suatu wilayah. Hal tersebut dikarenakan belum tentu kebutuhan penduduk akan jenis darah tertentu tersedia di Bank Darah Rumah Sakit (BDRS) atau di UTD sekitaran wilayah tempat tinggalnya. Sehingga dibutuhkan media yang

memadai dalam distribusi tersebut untuk menjaga kondisi darah agar tetap dapat digunakan.

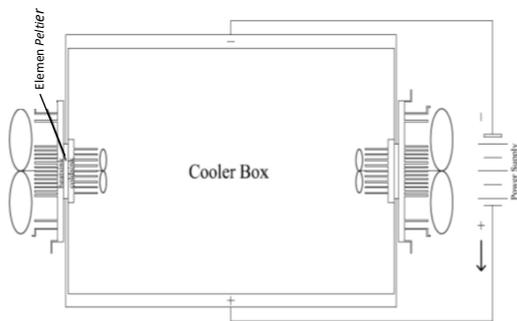
Pendistribusian darah harus meninjau kondisi dimana darah dikatakan mati atau dengan kata lain tidak bisa digunakan lagi. Agar hal tersebut tidak terjadi, setelah darah didapat dari pendonor harus disimpan berada didalam ruangan dengan temperatur 2°C sampai 10°C selama proses pendistribusian [2]. Dari permasalahan dan data-data tersebut, muncul sebuah ide untuk merancang sistem pendinginan pada wadah distribusi agar dapat menjaga temperatur darah selama pendistribusian.

Pendinginan yang digunakan saat ini adalah *ice pack* atau es batu yang diletakkan pada ruangan pendistribusian darah yang terlihat pada gambar 2. Hal tersebut berarti pendinginan yang ada membutuhkan *space* pada ruangan pendinginan. Selain itu, pendinginan *ice pack* atau es batu tidak melakukan pendinginan secara terus-menerus dibandingkan elemen *peltier* yang mampu selalu mendinginkan selama diberi daya listrik. Sehingga, tujuan dari perancangan ini adalah mengetahui kebutuhan *peltier* dan daya dalam menjaga temperatur 2,45 liter darah ketika didistribusikan menggunakan *blood carrier box*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Perancangan sistem pendinginan elemen *peltier* meliputi komponen dan daya yang diperlukan untuk menjaga temperatur darah pada temperatur 2-10°C. Komponen pendinginan terdiri dari *peltier*, *cold sink*, *heat sink*, dan *fan* [3]. Setelah dilakukan peninjauan literatur terkait, didapatkan bahan media pendistribusian secara umum adalah plastik dengan nilai konduktivitas *thermal* berkisar 0,17 W/mK dan tebal dinding 1,5 cm. Dengan kapasitas darah 2,45 liter dan meninjau ukuran dari kantong darah 350 ml

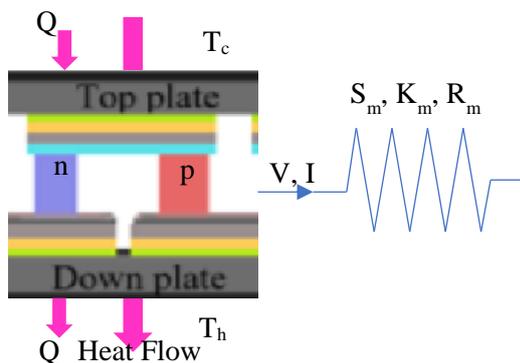
liter yang digunakan, maka dimensi yang diperlukan untuk media pendistribusian adalah 24,4 cm x 29 cm x 14,2 cm. Dengan dimensi tersebut, sistem pendingin yang akan dipasang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Pendinginan Darah dengan Peltier[3]

a. Peltier

Elemen *peltier* merupakan bagian dari *thermoelectric cooling* (TEC) yang bermula dari *thermoelectric*. *Thermoelectric* adalah produksi listrik dari perbedaan suhu tertentu atau sebaliknya. *Thermoelectric* ini juga disebut *solid state* yang mampu menghasilkan daya [4]. Selain itu, *thermoelectric* dikenal sebagai perangkat ramah lingkungan yang muncul dengan perawatan dan keandalan yang rendah.



Gambar 3. Parameter Peltier Element

Peltier menggunakan konsep yang sangat sederhana. Bekerja dengan memanfaatkan perbedaan temperatur untuk menciptakan energi selama kriteria dari alat tersebut terpenuhi seperti parameter yang terlihat pada gambar 3. Adapun kemampuan dari *peltier element* dalam penggunaannya dapat diperhitungkan dengan persamaan *thermoelectric under real condition* berikut [5].

1). Figure of Merit (*z*)

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

2). Seebeck Coefficient (*S_m*)

$$S_m = \frac{V_{\max}}{T_{h0}} \quad (2)$$

3). Konduktansi Panas (*K_m*)

$$K_m = \frac{(T_h - \Delta T_{\max}) V_{\max} I_{\max}}{2 T_{h0} \Delta T_{\max}} \quad (3)$$

4). Resistansi Listrik (*R_m*)

$$R_m = \frac{(T_h - \Delta T_{\max}) V_{\max}}{T_{h0} I_{\max}} \quad (4)$$

5). Daya Electric (*We*)

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

6). Daya Pendinginan diserap (*Q_c*)

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

7). Jumlah Kebutuhan Peltier Element (*n*)

$$n = \frac{Q_{load}}{Q_c} \quad (7)$$

Parameter elemen *peltier* tersebut berupa *figure of merit* (*z*) yang digunakan untuk menentukan kinerja perangkat termoelektrik, koefisien *seebeck* (*S_m*) yang merupakan nilai kemampuan efek *seebeck* pada TEC, konduktansi listrik (*K_m*) yang merupakan ukuran kemampuan TEC dalam menyalurkan panas atau listrik (voltase), resistansi listrik (*R_m*) yang merupakan kemampuan menghambat listrik/panas, serta daya listrik yang dibutuhkan untuk proses pendinginan disimbolkan dengan *We*. Selanjutnya, menghitung nilai daya diserap pada proses pendinginan untuk menghitung kebutuhan dari jumlah elemen *peltier* yang digunakan.

b. Sink and Fan

Sink dan *fan* merupakan kombinasi sebagai sistem pendingin yang dipasang untuk mentransfer energi panas dari suatu komponen [6]. *Sink* dan *fan* mendinginkan suatu komponen dengan melibatkan media pendingin yang paling banyak digunakan untuk perpindahan panas ini adalah udara. Udara digunakan karena kesederhanaan komponen sistem pendingin dan ketersediaan media. *Sink* dan *fan* pada sistem pendingin berfungsi mempercepat sirkulasi pembuangan panas. Sehingga panas masuk dari lingkungan tidak terlalu menjadi beban komponen pendingin.

c. Aluminium Foil

Aluminium foil merupakan bahan yang terbuat dari campuran *alloy*. Biasanya, besarnya kandungan *alloy* pada *aluminium foil* sesuai dengan penggunaannya. Dalam kehidupan sehari-hari, *aluminium foil* sering kita jumpai seperti pada bagian dalam kemasan snack, selang pendingin ac, stiker sepeda motor, dan berbagai macam lainnya. Salah satu fungsi *aluminium foil* adalah untuk menghambat kalor masuk sebuah sistem yang sudah dibalut atau ditutupi. Apabila dibandingkan dengan *styrofoam* dan *glaswool*,

aluminium foil memiliki kemampuan menghambat panas masuk ke sistem lebih baik [7]. Perbandingan yang dilakukan menggunakan bahan-bahan tersebut sebagai material insulasi pada ruangan atap. Dimana hasil terbaik dalam menghambat panas masuk ruangan dari perbandingan yang dilakukan adalah *aluminium foil* [7].

d. Parameter Perhitungan

Perhitungan beban pendinginan menggunakan nilai konduktivitas *thermal* dari bahan dinding yang akan digunakan dan dimulai dengan nilai koefisien lapisan udara luar sebagai parameter yang digunakan. Dimana, nilai koefisien lapisan udara luar ditentukan nilai bilangan tak berdimensi sesuai dengan posisi dari dinding yang direncanakan dan dapat dilihat pada persamaan 8 [8].

$$h = \frac{k_f}{L_c} Nu \tag{8}$$

Bilangan tak berdimensi yang dimaksud adalah bilangan Nusselt. Bilangan Nusselt dibedakan sesuai dengan posisi dimensi yang bersentuhan dengan udara. Bilangan Nusselt memiliki karakteristik yang dapat diperoleh dengan perhitungan berikut [8].

Posisi Vertikal

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

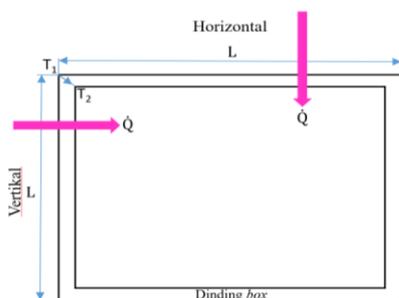
Posisi Horizontal dengan Sisi Atas Panas

$$Nu = 0,15 Ra^{\frac{1}{3}} \tag{10}$$

Posisi Horizontal dengan Sisi Bawah Panas

$$Nu = 0,27 Ra^{\frac{1}{4}} \tag{11}$$

e. Parameter Perhitungan Beban



Gambar 4. Skema Perpindahan Panas pada Box

Seperti yang terlihat pada gambar 3, Q adalah nilai kalor yang menjadi beban transmisi setiap sistem. Dimana, nilai Q dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 13.

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \tag{12}$$

Pada media pendistribusian terdapat 6 dinding, sehingga beban transmisi harus merupakan jumlah dari nilai Q dari 6 dinding tersebut. Perbedaan pada beberapa dinding dipengaruhi nilai U yang sesuai dengan posisi dari dinding tersebut. U merupakan koefisien perpindahan panas menyeluruh atau koefisien perpindahan panas pada suatu dinding yang terdiri beberapa lapis material berbeda dengan kondisi tertentu yang dapat diperoleh dengan persamaan 13 dan persamaan 14 yang menyatakan beban transmisi pada dinding tersebut [9].

$$U = \frac{1}{R_{total}} \tag{13}$$

$$Q_{transmis} = 2 \cdot Q_{p,t} + 2 \cdot Q_{l,t} + Q_{p,l(top)} + Q_{p,l(bot)} \tag{14}$$

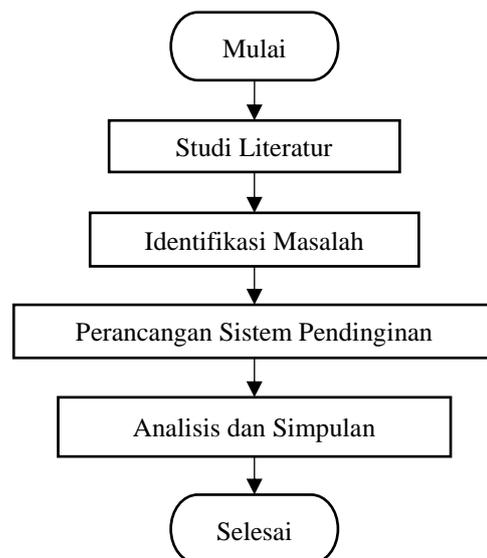
Selain itu, beban pendinginan produk ($Q_{product}$) merupakan satu-satunya beban internal. Produk adalah darah jenis *whole blood*. Berikut perhitungan untuk mencari nilai beban dari produk [9].

$$Q_{product} = \frac{m \cdot Cp \cdot \Delta T}{\Delta t} \tag{15}$$

Setelah beban produk dan beban transmisi didapat, Beban pendinginan atau *cooling load* dapat diperoleh seperti berikut [9].

$$Q_{load} = Q_{transmis} + Q_{product} \tag{16}$$

3. METODOLOGI



Gambar 5. Diagram Alir Pelaksanaan

Metode pelaksanaan perancangan sistem pendinginan dimulai dengan studi literatur terkait untuk menentukan parameter-parameter yang

diperlukan baik parameter awal maupun parameter yang akan dicari. Selanjutnya, mengidentifikasi masalah yang ada untuk mewujudkan tujuan perancangan atau merumuskan masalah yang ditemui dalam proses perancangan. Setelah parameter dan rumusan masalah diperoleh, maka dilakukan perancangan. Kemudian hasil yang diperoleh dirangkum dan dianalisis sehingga dapat ditarik beberapa simpulan.

4. PEMBAHASAN

Perancangan dilakukan sesuai dengan studi literatur dan identifikasi masalah. Dengan terlebih dahulu menghitung *cooling load* atau beban pendinginan yang terdiri dari beban pendinginan produk dan beban pendinginan transmisi. Perbedaan temperatur pada beban pendinginan produk adalah 33°C. Dimana perbedaan tersebut mengacu pada sistem yang direncanakan yakni menjaga temperatur darah. Adapun hasil perancangan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perancangan

No	Parameter	Nilai diperoleh
1	Kebutuhan elemen <i>peltier</i>	4 set
2	Kebutuhan daya elemen <i>peltier</i>	70,59 watt
3	Kebutuhan daya total	283,2 watt

Perancangan yang telah dilakukan menggunakan parameter komponen pendinginan sesuai dengan spesifikasi *peltier* yakni *voltase* 12 *volt* dan kuat arus 6 *ampere*. Namun, pada peralatan elektronik selalu terjadi *loses* energi listrik pada setiap kabel yang digunakan. Sehingga, nilai *voltase* 12 *volt* dan kuat arus 6 *ampere* tidak sepenuhnya diserap elemen *peltier*. Maka daya yang diperoleh merupakan daya maksimum yang dibutuhkan elemen *peltier*.

5. SIMPULAN

Perancangan sistem pendingin dengan kapasitas 7 x 350 ml darah dan dimensi media pendistribusian 24,4 cm x 29 cm x 14,2 cm, dengan masing-masing ketebalan dinding 1,5 cm membutuhkan 4 set elemen *peltier*. Selain itu, daya maksimum yang dibutuhkan untuk penggunaan elemen *peltier* pada media pendistribusian untuk menjaga temperatur darah dalam *range* 2-10°C adalah 282,3 watt.

Daftar Pustaka

- [1] Pusdatin. (2018). *Profil Kesehatan Indonesia*. Jakarta : Pusdatin.
- [2] Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2015). *Permenkes No. 91*. Jakarta: Menteri Kesehatan Republik Indonesia.

- [3] Irwanda, F. A. dan Martin, A. (2019). Perancangan dan Pembuatan Blood Cool Box menggunakan Thermoelectric Peltier pada Beban Pendinginan 1 Liter. *JOMFTEKNIK*, 2-3.
- [4] Mani, P. I. et al (2016). *Design, Modeling and Simulation of a Thermoelectric Cooling System (TEC)*. USA: Western Michigan University.
- [5] M. I. Puy, J. B. (2017). Thermoelectric Cooling Heating Under Real Conditions. *Elsevier*, 2-4.
- [6] Seetal, G. (2018). *Investigation of the Thermal Performance of Heatsinks for CPU Air Cooling*. Johannesburg: University Of The Witwatersrand.
- [7] Subroto, S., Nugraha, N. A., & Hartanto, A. (2018). Aplikasi Alat Penukar Kalor Pada Teknologi Thermal Roofing. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 19(1).
- [8] Cengel, Y. A. (2002). *Heat Transfer A Pratical Approach*. Newyork: Mc.Graw Hill.
- [9] Sari, S. K., & Pratami, N. W. (2018). Cooling load calculation of cold storage container for vegetables case study C Campus-UISI, Ngipik. *International Conference on Information and Communications Technology*, 820-826.