
ANALISA VARIASI RANGKAIAN ALAT PENDINGIN SEDERHANA MENGGUNAKAN ELEMEN PELTIER (TERMoeLEKTRIK) SEBAGAI MEDIA PENDINGIN DARAH

Andrey Anarea Sinaga, Eka Sari Wijianti, dan Saparin¹

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung
Desa Balunijuk, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka

¹⁾saparinpdca@gmail.com

ABSTRAK

Kotak pendingin sederhana menggunakan elemen peltier (termoelektrik) ini adalah alat pendingin yang dibuat dengan tujuan untuk mendinginkan darah dengan suhu terjaga 2-6°C yang telah dilengkapi dengan *thermocontrol*. Menggunakan arus 12V yang bersumber dari baterai atau listrik/PLN dengan adapter. Ukuran dimensi kotak pendingin ialah 33 cm x 25 cm x 30 cm. Pada penelitian ini digunakan 5 model rangkaian dan dilakukan sebanyak 18 kali pengujian dengan jumlah termoelektrik yang berbeda-beda. Pada Rangkaian A temperatur terendah 21,9°C menggunakan 4 buah termoelektrik mengkonsumsi daya 43,54 watt. Pada Rangkaian B temperatur terendah 19,8°C menggunakan 5 buah termoelektrik mengkonsumsi daya 51,77 watt. Pada Rangkaian C temperature terendah 20,9°C menggunakan 4 buah termoelektrik mengkonsumsi daya 47,2 watt. Pada Rangkaian D temperatur terendah 19,2°C menggunakan 5 buah termoelektrik mengkonsumsi daya 45,6 watt. Pada Rangkaian E temperature terendah dan konsumsi daya paling sedikit yaitu dengan 2 buah termoelektrik yang mengkonsumsi daya 26,7 watt dan mendapatkan temperatur terendah yaitu 13,6°C. Dengan termperatur terendah tersebut alat ini belum mampu untuk mencapai tujuan awal dari pembuatan kotak pendingin, kotak pendingin ini lebih cocok untuk menjadi tempat menyimpan obat-obatan.

Kata kunci : kotak pendingin, elemen peltier, termoelektrik.

PENDAHULUAN

Alat pendingin adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari dalam ruangan keluar ruangan atau alat pendingin adalah suatu rangkaian-rangkaian yang bekerja untuk menghasilkan temperature dingin. Mesin pendingin biasanya berupa kulkas, dispenser, *freezer* atau *Air Conditioner (AC)*. 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.

Darah yang siap ditransfusikan adalah darah yang telah disimpan di bank penyimpanan darah atau melakukan pendonoran secara langsung atau merupakan darah yang diambil langsung, kemudian langsung ditransfusikan kepada yang membutuhkan dengan waktu yang singkat. Darah yang sudah keluar dari bank penyimpanan darah hanya bertahan kurang dari 4 jam ketika dibawa menggunakan box berisi es

batu. Es batu digunakan untuk menjaga kestabilan suhu didalam box. Berdasarkan keterangan dari Palang Merah Indonesia (PMI) di Kota Pangkal Pinang.

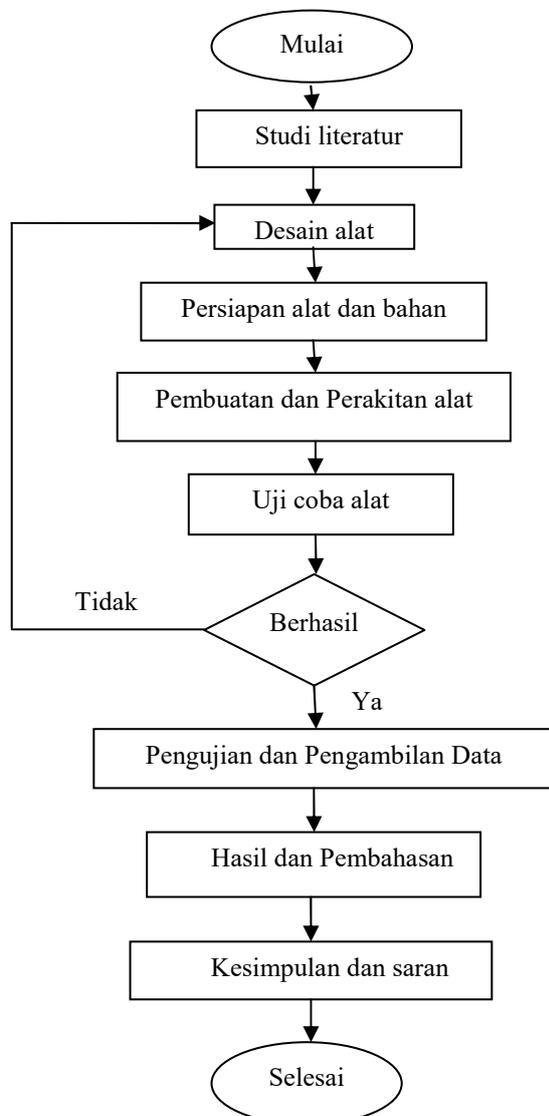
Bangka Belitung merupakan wilayah provinsi yang terdiri dari dua pulau besar dan banyak pulau-pulau kecil yang berpenghuni. Mengingat kebutuhan darah bisa dari mana saja khususnya wilayah Bangka yang memiliki 5 kabupaten dengan jarak tempuh kurang lebih 1-2 jam antar kabupaten dan juga mengantisipasi keterhambatan pada saat diperjalanan. Oleh karena itu alat pendingin darah sederhana sistem termoelektrik dirancang dengan suhu terjaga 2-6°C sesuai dengan standar yang telah diputuskan 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, berfungsi dan bisa menempuh perjalanan yang lebih panjang. Guna menunjang kegiatan pengobatan di dunia kesehatan.

Alat pendingin darah sederhana sistem termoelektrik menggunakan daya 12V yang bersumber dari baterai. Baterai sendiri digunakan agar alat pendingin mudah untuk di bawa berpergian dan mudah untuk dibawa hingga ke pelosok bahkan ke pulau-pulau yang ada di wilayah Bangka Belitung.

Untuk mencapai suhu yang telah ditetapkan oleh Pemerintah tersebut, maka dilakukan penelitian dengan membuat kotak pendingin darah sederhana menggunakan elemen peltier (termoelektrik) yang cukup untuk menampung 2 sampai 3 kantong darah.

Dasar penulisan ide didapat dari penelitian yang telah dilakukan dari V. Vekky (2015) tentang alat pendingin vaksin dan obat-obatan dan juga media sosial (youtube). Beberapa orang telah melakukan penelitian untuk membuat kotak pendingin, dengan dimensi kotak kira-kira 12 cm x 5 cm, temperatur yang dihasilkan mencapai -4°C . Oleh karena itu melalui penelitian ini akan dibuat beberapa rangkaian pendingin guna mencapai temperatur yang telah ditetapkan.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Dalam penelitian ini diperlukan alat yang bahan, adapun alat dan bahannya sebagai berikut :

A. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan alat pendingin darah sederhana sistem termoelektrik ini adalah sebagai berikut :

1. Termoelektrik 6 buah dengan arus listrik 5 A, sebagai elemen pendingin.
2. Kipas 12 volt, 0,20 A.
3. Sirip/headsink
4. Thermostat 5 A.
5. Baterai
6. Kotak sterofoam
7. Kabel ties
8. Saklar

9. Isolasi
10. Lem tembak
11. Thermal pasta

B. Alat

1. Pisau Cutter
2. Mesin gerinda tangan
3. Meteran
4. Solder listrik
5. Stopwatch
6. Gergaji besi
7. Multitester
8. Lem Tembak

Variabel Penelitian

A. Variabel Bebas

1. Jumlah termoelektrik yang digunakan berjumlah 6.
2. Menggunakan 5 macam heatsink dengan ukuran dan jumlah sirip yang berbeda.
 - 1) 5 cm x 5 cm jumlah sirip 4 buah
 - 2) 10 cm x 9,5 cm jumlah sirip 8 buah
 - 3) 19,5 cm x 9,5 cm jumlah sirip 8 buah.
 - 4) 10 cm x 12 cm jumlah sirip 21 buah.
 - 5) 4 cm x 4 cm dengan jumlah sirip 9.
3. Ukuran kotak pendingin 33 cm x 25 cm x 30 cm, dengan ukuran kabin pendingin 16 cm x 25 cm x 20,8 cm.

B. Variabel Terikat

1. Waktu pendinginan selama 4 jam.
2. Temperatur yang dicapai.

Pengujian dan Pengambilan Data

Proses pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil suhu dingin temperatur $2-6^{\circ}\text{C}$ yang dimanfaatkan untuk mendinginkan dan memperpanjang masa pakai darah. Berikut ini adalah prosedur dalam proses pengujian alat ini :

1. Mempersiapkan alat pendingin darah sederhana sistem termoelektrik yang sudah dirancang dan siap dilakukan pengujian.
2. Mempersiapkan bahan uji yang diperlukan dalam proses pengujian.
3. Mempersiapkan alat dan bahan pendukung pengujian.
4. Rakit rangkaian pendingin.
5. Hidupkan alat pendingin, kemudian tunggu apakah alat mampu mencapai temperatur $2-6^{\circ}\text{C}$.
6. Gunakan stopwatch untuk mengetahui waktu kerja dari alat pendingin.
7. Setelah mencapai waktu batas pengujian atau temperatur $2-6^{\circ}\text{C}$. Matikan alat tunggu sampai temperatur kabin sama dengan temperatur lingkungan.
8. Apabila temperatur kabin sudah normal maka dilakukan pengujian ke 2. Lakukan sama seperti proses pada nomor 1 sampai dengan 7 dengan rangkaian dan jumlah termoelektrik yang berbeda.
9. Didapatkan hasil dari pengujian alat pendingin.
10. Membuat laporan dari proses pengujian dari awal sampai akhir sesuai dengan proses pengujiannya.

Karakteristik Pengujian

- A. Rangkaian *single* adalah rangkaian yang hanya menggunakan satu sisi pendinginan.

B. Rangkaian *double* adalah rangkaian yang menggunakan 2 sisi pendinginan.

Perhitungan Alat Pendingin

Perhitungan daya dan masa pakai alat pendingin dapat menggunakan persamaan (1) berikut ini.

$$P = V.I \tag{1}$$

Keterangan :

P : daya (watt)

V : tegangan (volt)

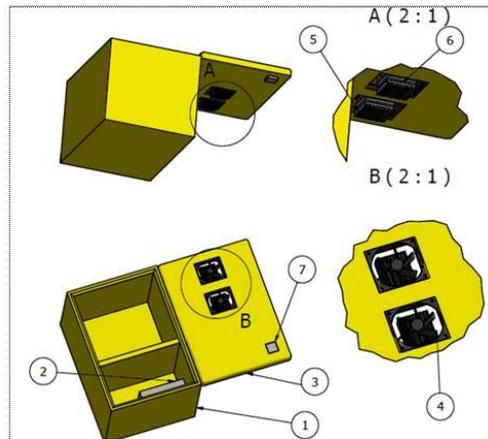
I : arus listrik (ampere)

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n} \tag{2}$$

I_i : arus listrik komponen ke-i
 n : jumlah komponen

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian alat pendingin sederhana yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Bagian-bagian alat pendingin

Pada gambar 2 merupakan alat pendingin yang dirancang, nama-nama komponen dan fungsinya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Bagian-bagian alat pendingin beserta fungsinya

| No | Nama Alat | Fungsi |
|----|---------------|-----------------------------------|
| 1 | Box | Tempat darah dan baterei |
| 2 | Baterei | Sumber daya |
| 3 | Tutup Box | Untuk menutup kotak |
| 4 | Kipas | Membuang panas pada heatsink |
| 5 | Heatsink | Menyerap panas pada termoelektrik |
| 6 | Termoelektrik | Elemen pendingin |
| 7 | Thermocontrol | Mengontrol suhu |

Termoelektrik yang digunakan dengan arus listrik 5 ampere. Thermocontrol dengan arus listrik 5 ampere, dengan kipas berdimensi 10 cm x 10 cm dengan arus listrik 0,20 ampere.

Rangkaian A (*double*)

Rangkaian A *double*, yang berarti ada dua sisi pendingin pada rangkaian ini. Menggunakan heatsink dengan ukuran 5 cm x 5 cm dengan jumlah sirip 4 buah pada sisi panas dan 5 cm x 5 cm dengan jumlah sirip 4 buah pada sisi dingin. Dilakukan 3 kali percobaan dengan jumlah termoelektrik yang berbeda. Perhitungan konsumsi daya listrik menggunakan persamaan (1) dan (2). Adapun hasil perhitungannya untuk masing-masing rangkaian dapat dilihat pada Tabel 2 sampai tabel 6 berikut ini.

Tabel 2. Rangkaian A (*double*)

| Sampel | Jumlah Termoelektrik | Konsumsi Daya (watt) | Temperature (4 jam) | Mampu Kerja |
|--------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------|
| A | 2 | 36,96 | 22,0°C | 5 jam, 50 menit |
| | 4 | 43,54 | 21,9°C | 4 jam, 54 menit |
| | 6 | 47,2 | 22,2°C | 4 jam, 30 menit |

Rangkaian B (*single*)

Pada rangkaian B (*single*) dilakukan 5 kali percobaan dengan jumlah termoelektrik yang berbeda menggunakan heatsink dengan ukuran 10 cm x 9,5 cm dengan jumlah sirip 8 buah pada sisi panas dan 5 cm x 5 cm dengan jumlah sirip 4 buah pada sisi dingin.

Tabel 3. Rangkaian B (single)

| Sampel | Jumlah Termoelektrik | Konsumsi Daya (watt) | Temperature (4 jam) | Mampu Kerja |
|--------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------|
| B | 1 | 40,8 | 20,4°C | 5 jam, 17 menit |
| | 2 | 45,6 | 20,2°C | 4 jam, 42 menit |
| | 3 | 48,48 | 19,9°C | 4 jam, 27 menit |
| | 4 | 50,4 | 19,9°C | 4 jam, 16 menit |
| | 5 | 51,77 | 19,8°C | 4 jam, 10 menit |

Rangkaian C (double)

Rangkaian C *double*, yang berarti ada dua sisi pendingin pada rangkaian ini. Menggunakan heatsink dengan ukuran 19,5 cm x 9,5 cm dengan jumlah sirip 8 buah pada sisi panas dan 5 cm x 5 cm dengan jumlah sirip 4 buah pada sisi dingin. Dilakukan 3 kali percobaan dengan jumlah termoelektrik yang berbeda.

Tabel 4. Rangkaian C (double)

| Sampel | Jumlah Termoelektrik | Konsumsi Daya (watt) | Temperature (4 jam) | Mampu Kerja |
|--------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------|
| C | 2 | 36,96 | 21,2°C | 5 jam, 50 menit |
| | 4 | 43,54 | 21,0°C | 4 jam, 54 menit |
| | 6 | 47,2 | 20,9°C | 4 jam, 30 menit |

Rangkaian D (single)

Pada rangkaian D (*single*) dilakukan 5 kali percobaan dengan jumlah termoelektrik yang berbeda menggunakan heatsink dengan ukuran 19,5 cm x 9,5 cm dengan jumlah sirip 8 buah pada sisi panas dan 5 cm x 5 cm dengan jumlah sirip 4 buah pada sisi dingin.

Tabel 5. Rangkaian D (single)

| Sampel | Jumlah Termoelektrik | Konsumsi Daya (watt) | Temperature (4 jam) | Mampu Kerja |
|--------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------|
| D | 1 | 31,2 | 21,3°C | 6 jam, 55 menit |
| | 2 | 36,96 | 20,8°C | 5 jam, 50 menit |
| | 3 | 40,8 | 20,2°C | 5 jam, 12 menit |
| | 4 | 43,54 | 19,7°C | 4 jam, 54 menit |
| | 5 | 45,6 | 19,2°C | 4 jam, 42 menit |

Rangkaian E (single)

Pada rangkaian E (*single*) dilakukan 2 kali percobaan dengan 2 rangkaian menggunakan headsink ukuran 10 cm x 12 cm dengan jumlah sirip 21 buah pada sisi panas dan 4 cm x 4 cm dengan jumlah sirip 9 buah pada sisi dingin.

Tabel 6. Rangkaian E (single)

| Sampel | Jumlah Termoelektrik | Konsumsi Daya (watt) | Temperature (4 jam) | Mampu Kerja |
|--------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------|
| E | 1 | 30,87 | 15,4°C | 7 jam |
| | 2 | 26,7 | 13,6°C | 8 jam, 4 menit |

Analisa Hasil Pengujian

Dari pengujian yang telah dilakukan menggunakan 5 macam rangkaian didapatkan 18 data. Didapatkan dari pengujian Rangkaian A (*double*) yang dilakukan sebanyak 3 kali, Rangkaian B (*single*) yang dilakukan sebanyak 5 kali, Rangkaian C (*double*) yang dilakukan sebanyak 3 kali, Rangkaian D (*single*) yang dilakukan sebanyak 5 kali dan Rangkaian E (*single*) dilakukan sebanyak 2 kali. Didapatkan temperature terendah dan konsumsi daya paling sedikit yaitu dengan menggunakan 2 buah termoelektrik yang mengkonsumsi daya sebesar 26,7 watt dan mendapatkan temperature terendah yaitu 13,6°C.

Analisa hasil pengujian dilakukan karena tidak tercapainya temperature 2-6°C sesuai dengan standar penyimpanan darah yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Republik Indonesia dan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Analisa dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. Bagian kotak

Kotak yang dipakai adalah kotak berbahan gabus yang telah dibentuk dengan ukuran 31 cm x 25 cm x 30 cm. Gabus memiliki nilai konduktor(K) sebesar 0,039. Pemilihan bahan gabus sebagai kotak pendingin dikarenakan harganya yang terjangkau dibandingkan dengan Silicon Aroegel yang memiliki nilai konduktor(K) sebesar 0,003. Berdasarkan nilai konduktor(K) dan hasil pengujian dapat dinyatakan bahwa kurangnya kedapan pada bahan sangat mempengaruhi pencapaian suhu pada alat pendingin darah sederhana dengan system termoelektrik ini.

2. Bagian rangkaian

Pada pengujian ini dilakukan dengan 5 model rangkaian yang jumlah termoelektrik terbanyak adalah 6 buah yang disusun secara bertumpuk, setiap pengujian dilakukan dengan jumlah termoelektrik yang berbeda-beda. Didapatkan 18 data hasil pengujian dari 5 model rangkaian tersebut. Namun alat ini belum mampu mencapai temperatur 2-6°C. Temperatur terendah adalah 13,6°C pada model Rangkaian E

(single) dengan 2 rangkaian pendingin, hasil tersebut belum mencapai standar yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Republik Indonesia dan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tentang pelayanan darah. Lebih cocok digunakan untuk pendingin vaksin dan obat-obatan.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa hal ini disebabkan oleh :

- 1) Penyerapan dan pembuangan panas yang kurang maksimal pada rangkaian pendingin. Kurang maksimalnya pembuangan panas pada rangkaian pendingin ini menyebabkan perambatan panas ke sisi dingin pada termoelektrik dan menyebabkan pendinginan yang kurang maksimal. Pada bagian penyerapan panas, jumlah sirip hatsink sangat berpengaruh terhadap penyerapan dan pencapaian suhu. Hal tersebut dapat dilihat dari perbedaan pencapaian suhu antara Rangkaian A,B,C,D dengan Rangkaian E.
- 2) Perbedaan performa pendinginan pada tiap-tiap elemen peltier. Hal tersebut dapat dilihat dari perbedaan pencapaian suhu antara Rangkaian A,B,C,D dengan Rangkaian E.

Perbedaan ukuran dan jumlah sirip. Ukuran serta jumlah sirip sangat berpengaruh dalam pembuangan panas dan penyebaran dingin. Hal tersebut dapat dilihat dari perbedaan hasil pengujian Rangkaian A (double) dan Rangkaian C (double). Pada Rangkaian A (double) digunakan heatsink ukuran 5 cm x 5 cm pada bagian panas dan dingin menggunakan 6 buah termoelektrik, temperatur yang dicapai adalah 22,2°C. Sedangkan pada Rangkaian C (double) menggunakan headsink ukuran 19,5 cm x 9,5 cm pada bagian panas dan headsink ukuran 5 cm x 5 cm pada bagian dingin, menggunakan 6 termoelektrik. Temperature yang dicapai adalah 20,9°C. Hal ini juga diperkuat dengan rumus dasar dari perpindahan kalor konveksi yaitu $Q = h.A.(T_2-T_1)$. Q adalah laju perpindahan kalor (W), h adalah tetapan konveksi ($W/m^2°C$), A adalah luas penampang (m^2). Dimana luas penampang berbanding lurus dengan laju perpindahan kalor.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Kotak pendingin sederhana dengan bahan sterofoam, dibuat dengan dimensi kotak 33 cm x 25 cm x 30 cm dilengkapi dengan baterai 12V 18A, bersifat portable (mudah dibawa kemana saja).
2. Alat pendingin sederhana tidak mampu mencapai temperatur 2-6°C meskipun telah melewati waktu selama 4 jam.

3. Alat hanya mencapai temperatur 13,6°C menggunakan 2 buah rangkaian pendingin yang mengkonsumsi daya sebesar 26,7 watt dengan waktu pendinginan selama 4 jam.

Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian yang akan datang adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan atau membuat sendiri kotak yang lebih kedap udara dengan nilai konduktor yang lebih kecil untuk memaksimalkan kinerja alat pendingin
2. Merubah rangkaian pendingin dengan lebih memaksimalkan pembuangan panas pada elemen pendingin.
3. Menggunakan heatsink dengan jumlah sirip yang banyak.
4. Mengganti elemen pendingin.
5. Hati-hati dalam membeli elemen peltier.

REFERENSI

- Abdurrohman Alfikri, Hafid. 2016. *Efektifitas Modul Peltier TEC-12706 Sebagai Generator Dengan Memanfaatkan Energi Panas Dari Modul Peltier*. Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Alpindo. 2018. *Desain Elektrik Water Dengan Daya Listrik 1600 Watt*. Merawang. Universitas Bangka Belitung.
- Brooker, Chris. 2008. *Ensiklopedia Keperawatan*. Jakarta. EGC
- Cahaya dan V. Vekky. 2015. *Perancangan Dan Pembuatan Kotak Pendingin Berbasis Termoelektrik Untuk Aplikasi Penyimpanan Vaksin Dan Obat-Obatan*. Jakarta. Universitas Nasional.
- Daradjatun. 2008. *Pedoman Pelayanan Transfuse Darah*. Jakarta. UTD PMI Pusat
- H. Andreas. 2014. *Pendingin Air Peltier Dengan Rangkaian Kaskade Pararel*. Yogyakarta. Universitas Sanata Dharma.
- Ridwan, M. 2009. *Mengenal, Mencegah, Mengatasi Silent Killer Hipertensi*. Jakarta. Pustaka Widyamara.
- Simatupang Hendro. 2009. *Karakteristik Termoelektrik Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Pendingin Air*. Yogyakarta. Universitas Santa Dharma.
- Wirawan, Rio. 2012. *Analisa Penggunaan Heat Pipe Pada Termoelektrik Genertor*. Depok. Universitas Indonesia