

## PENGUNAAN MODUL PELTIER SEBAGAI SISTEM PENDINGIN COOLBOX

Yubelin Ira Merdekawati<sup>1</sup>, Ishak Samuel Erari<sup>2</sup>, Abdul Muis Muslimin<sup>3</sup>

<sup>123</sup> Jurusan Fisika Fmipa Universitas Papua

### ABSTRAK

*Modul peltier merupakan piranti pendingin termoelektrik yang pada penelitian ini digunakan sebagai sistem pendinginan pada coolbox. Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk menganalisa kecepatan pendinginan, suhu terendah yang dicapai, daya listrik yang dibutuhkan dan performa modul peltier yang digunakan dengan memvariasikan jumlah modul peltier dan jumlah beban pendinginan. Pada penelitian ini dilakukan eksperimen dengan variasi jumlah modul peltier adalah satu, dua dan tiga serta variasi beban pendinginan adalah coolbox kosong, berisi satu liter air dan dua liter air. Hasil dari penelitian ini diketahui bahwa semakin banyak modul peltier yang dipakai, maka semakin cepat proses pendinginannya dan semakin rendah suhu yang dapat dicapai. Pada coolbox kosong dan berisi 1 liter air suhu terendah yang dapat dicapai adalah sama yaitu 21,5 °C untuk 1 modul, 19,5 °C untuk 2 modul dan 16,0 °C untuk 3 modul, sedangkan coolbox yang berisi 2 liter air suhu terendahnya adalah 21,0 °C untuk 1 modul, 19,0 °C untuk 2 modul dan 15,5 °C pada 3 modul. Pada penelitian ini, setiap penambahan 1 buah modul, suhu terendah akan turun sebanyak 2,75 °C. Semakin banyak jumlah modul peltier yang digunakan maka semakin besar pula kebutuhan daya listriknya, besar daya listrik untuk 1 modul adalah 25-33 watt, 2 modul adalah 48-52 watt dan untuk 3 modul adalah 56-65 watt. Pada penelitian ini, tiap penambahan 1 buah modul daya listrik yang dibutuhkan akan bertambah sebesar 17,15 watt. Melalui penelitian ini diketahui bahwa performa modul peltier sangat ditentukan oleh sistem pembuangan kalor yang digunakan, dimana semakin baik sistem pembuangan kalor yang digunakan maka semakin baik performa modul peltier yang dicapai. Pada penelitian ini performa paling baik adalah modul 1 peltier kemudian modul 3 peltier dan terakhir modul 2 peltier*

Kata Kunci: Pendingin Termoelektrik, Modul Peltier, Kalor, Coolbox

---

### PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan alam dan teknologi telah melahirkan piranti pendinginan yang sudah tidak asing yakni kulkas. Pada umumnya kulkas

menggunakan Freon sebagai pendingin dalam siklus kerjanya (Young dan Freedman, 2002). Menurut PERTAMINA (2013), Freon sangat tidak ramah lingkungan karena

dapat mengakibatkan pemanasan global dan sulit diuraikan oleh atmosfer. Selain itu aktivitas manusia yang memiliki mobilitas tinggi membutuhkan piranti pendinginan yang mudah dibawa kemana-mana, misalnya ketika di luar rumah dan di dalam perjalanan. *Coolbox* atau kotak pendingin adalah piranti yang digunakan pada keadaan tersebut.

Saat ini telah berkembang suatu piranti pendingin yang dikenal sebagai pendingin termoelektrik. Pendingin termoelektrik adalah alat pendingin yang menggunakan efek Peltier dalam sistemnya sebagai pompa kalor. Efek Peltier timbul apabila dua buah logam yang berbeda disambungkan dan dialirkan arus listrik DC. Jadi salah satu sisi akan bertindak sebagai pengisap kalor dan sisi lainnya akan menjadi pembuang kalor. Agar bekerja dengan baik, kedua ujung logam tersebut harus dijaga pada temperatur yang berbeda. Maka saat sisi dingin bekerja menarik kalor, sisi lainnya harus dengan cepat membuang kalor ke lingkungan. Diperlukan piranti yang dapat membuang kalor ke lingkungan dapat dicapai, dan memperoleh hubungan penggunaan daya listrik pada variasi

dengan cepat. Didapat menggunakan kipas dan sirip-sirip logam sebagai heat-sink pada modul Peltier yang digunakan. Peltier berukuran kecil, ringan, tidak berisik serta tidak ada bagian yang bergerak.

Menurut Mainil *et al.* (2015), semakin banyak modul Peltier yang digunakan, maka akan berbanding lurus dengan penurunan suhunya sehingga laju pendinginan akan meningkat dan suhu yang dicapai akan semakin rendah. Berbanding lurus dengan jumlah Peltier, semakin banyak modul Peltier yang digunakan, maka akan terjadi peningkatan pemakaian energi listrik. Hal ini menyebabkan adanya tingkat performa yang berbeda dari variasi jumlah Peltier yang dipasang pada *coolbox*. Perlu diteliti hubungan antara pemakaian energi listrik dan kecepatan pendinginan *coolbox*, selain itu juga laju pendinginan saat *coolbox* kosong dan terisi akan berbeda.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji hubungan antara jumlah modul peltier terhadap laju pendinginan dan suhu minimum yang

jumlah modul peltier serta memperoleh performa penggunaan energi listrik

## METODE PENELITIAN

### 3.4 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dengan perlakuan adalah jumlah modul Peltier 0 (kontrol), 1, 2, dan 3 buah modul.

#### b. Tahap Pengambilan Data

Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. **Pra pengambilan data:** memasang dan mempersiapkan alat ukur yaitu *Stopwatch*, termometer dan multimeter pada pendingin *coolbox*.

terhadap pembuangan kalor.

#### 2. Pengambilan data:

Mengukur suhu awal dalam pendingin *coolbox* sebelum menyalakan *power supply*. Setelah itu penurunan temperatur dalam pendingin *coolbox* dan penggunaan daya listrik diukur tiap 5 menit. Pengukuran ini dilakukan hingga suhu di dalam pendingin *coolbox* tidak berubah (konstan). Data yang sama juga dikumpulkan dengan memvariasi jumlah modul yang di pasang pada pendingin *coolbox*. Dengan cara yang sama, pengukuran dilakukan terhadap satu liter air yang dimasukkan ke dalam pendingin *coolbox*.



Gambar 3.1. Ilustrasi Pengambilan Data

Untuk mempermudah pengamatan, data-data tersebut ditulis dalam tabel pengamatan seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Contoh Tabel Data Penurunan Suhu terhadap Penggunaan Energi Listrik

Jumlah Peltier:						
Beban pendinginan <i>Coolbox</i> :						
Waktu Pengamatan	Temperatur <i>Coolbox</i> (°C)	Temperatur Heatsink (°C)	Arus (A)		Tegangan (V)	
			Peltier	Kipas	Peltier	Kipas
0						
5						
10						
dst.						

**c. Tahap Pengolahan Data**

Data-data yang sudah dikumpulkan, kemudian diolah menjadi informasi yang diperlukan. Tahap pengolahan data secara berturut-turut dapat dijabarkan sebagai berikut:

**1. Menghitung laju pendinginan**

Laju pendinginan adalah kelajuan penurunan suhu per satuan waktu yang dapat diperoleh dengan membuat grafik temperatur terhadap waktu dapat di tulis sebagai berikut:

$$v = \frac{T_0 - T_t}{t} \dots (3.1)$$

**2. Menghitung kalor yang ditarik oleh modul Peltier**

Kalor yang ditarik oleh modul Peltier adalah berbentuk udara dan air, sehingga massa yang digunakan adalah massa udara yakni 1.29 kg/m<sup>3</sup> dan air 1000 kg/m<sup>3</sup> (Giancoli, 2001). Dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q = mc\Delta T \dots (3.2)$$

**3. Menghitung penggunaan energi listrik**

$$W = P \cdot t \dots (3.3)$$

**4. Menentukan performa**

Untuk menghitung penggunaan energi listrik digunakan persamaan:

Performa modul Peltier dihitung menggunakan persamaan:

$$COP = \frac{|Q_c|}{|W|} \dots (3.4)$$

dengan kerja  $W$  adalah listrik, sehingga:

$$COP = \frac{|Q_c|}{P.t} \dots (3.5)$$

#### e. Analisis Data

Analisis data merupakan langkah terakhir dari semua proses penelitian yaitu dengan menjelaskan hasil penelitian yang diperoleh. Hasil yang diperoleh dikelompokkan berdasarkan variasi jumlah Peltier dan variasi beban pendinginan. Melalui analisis data akan didapatkan kinerja modul Peltier yang digunakan sebagai sistem pendingin *coolbox*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data yang sudah dikumpulkan (terlampir) kemudian diolah menjadi informasi meliputi: penurunan suhu per satuan waktu, suhu rendah yang dapat di

### 4.1 Kecepatan Pendinginan dan Suhu Rendah yang Dicapai

capai, kecepatan pendinginan, jumlah kalor yang ditarik oleh modul, penggunaan energi listrik dan performa yang dicapai. Penyajian data yang diperoleh dibuat dalam format tabel (terlampir), diagram dan grafik. Berdasarkan perlakuan pada penelitian ini, maka tabel data penurunan suhu yang diperoleh adalah sembilan buah yaitu tabel satu peltier, tabel dua peltier dan tabel tiga peltier yang ketiganya divariasikan beban pendinginannya dengan beban pendinginan satu liter air, beban pendinginan dua liter air dan tanpa beban pendinginan.

Suhu awal tiap pengambilan data adalah 29 °C. Data penurunan suhu kemudian dikumpulkan hingga suhu tidak berubah. Untuk *coolbox* yang kosong, total waktu pengambilan data per variasi jumlah Peltier adalah 100 menit atau 1 jam 40 menit; untuk *coolbox* dengan beban pendinginan adalah 1 liter air 325 menit atau 6 jam 25 menit; dan *coolbox* dengan beban pendinginan 2 liter air adalah 660 menit atau 11 jam.

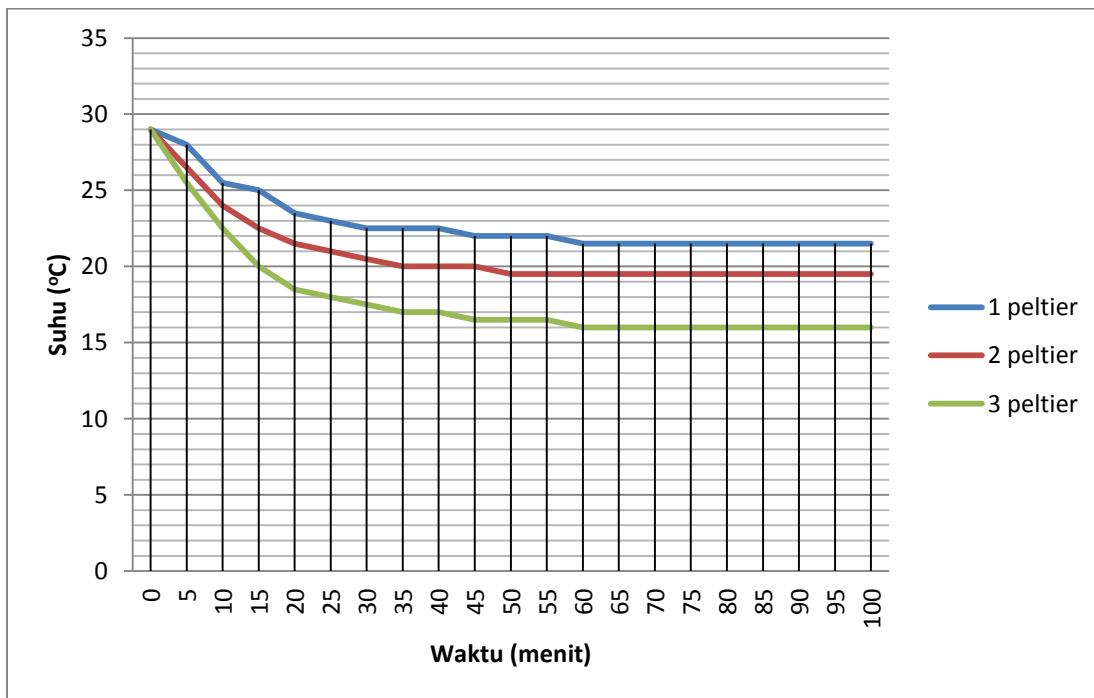
Data kecepatan pendinginan disajikan dalam bentuk grafik dan dapat

dilihat pada Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.3.

**a. Coolbox Kosong**

Coolbox kosong berisi 0,01624 m<sup>3</sup> udara dan pelat aluminium bermassa 0,4932 kg. Pada coolbox kosong, penurunan suhu tiap satuan waktu yang dicapai tiap Peltier dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Pada Gambar 4.1, dapat dilihat penurunan suhu dari yang besar sampai kecil dimulai dengan Peltier yang berjumlah tiga, kemudian yang berjumlah dua, dan terakhir adalah Peltier berjumlah satu. Suhu terus turun sampai pada suatu titik tertentu dan tidak turun lagi yang disebut sebagai suhu konstan atau suhu terendah



Gambar 4.1 Grafik Penurunan Suhu per Satuan Waktu pada Coolbox Kosong

yang dicapai. Suhu awal dalam coolbox adalah 29 °C kemudian turun perlahan hingga konstan pada 21,5 °C untuk satu

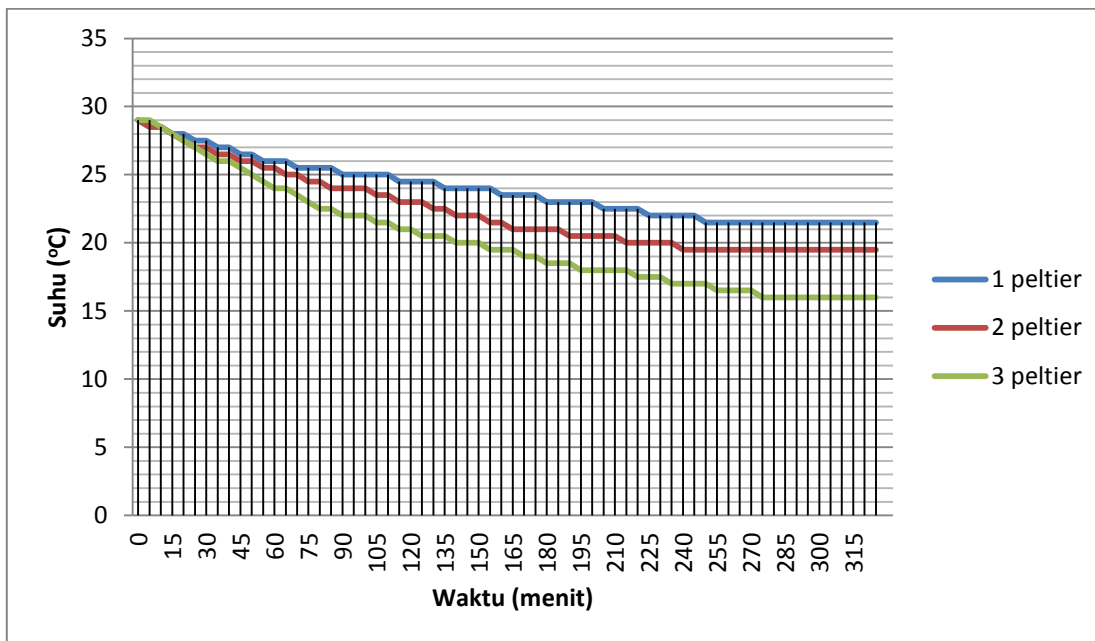
Peltier, 19,5 °C untuk dua Peltier dan 16,0 °C untuk tiga Peltier. Suhu konstan ini

adalah suhu terendah yang dapat dicapai oleh modul.

Kecepatan penurunan suhu rata-rata sampai mendapatkan suhu konstan adalah 0,0020833 °C/s untuk satu Peltier, 0,0035185 °C/s untuk dua Peltier dan 0,003611 °C/s untuk tiga Peltier. Dengan demikian, kecepatan pendinginan hingga mencapai suhu konstan yang paling besar hingga kecil berturut-turut adalah tiga Peltier, dua Peltier dan satu Peltier.

**b. Coolbox dengan Beban Pendinginan 1 Liter Air**

Dengan *coolbox* yang sama, ditambahkan beban pendinginan berupa 1 liter air dan wadah Alumunium 0,33738 kg. Penurunan suhu tiap satuan waktu yang dicapai tiap Peltier dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Penurunan Suhu per Satuan Waktu pada *Coolbox* Berisi Satu Liter Air

Pada Gambar 4.2 penurunan suhu dari yang besar sampai kecil dimulai dengan Peltier yang berjumlah tiga,

kemudian yang berjumlah dua dan terakhir adalah Peltier berjumlah satu. Suhu yang awalnya 29°C kemudian turun

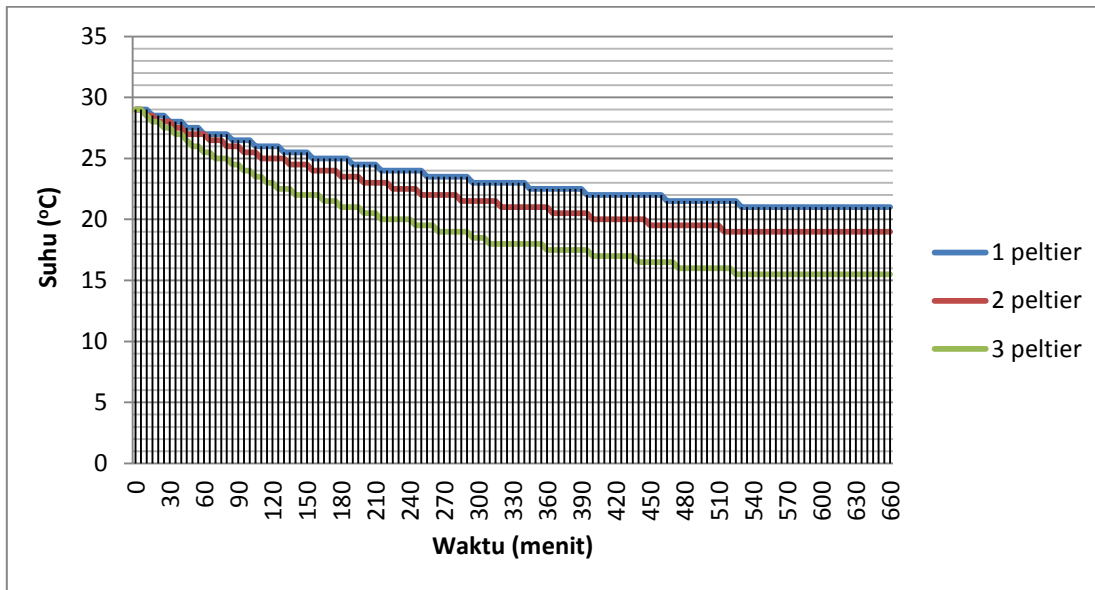
perlahan hingga konstan pada 21,5 °C untuk satu Peltier, 19,5 °C untuk dua Peltier dan 16,0 °C untuk tiga Peltier.

Kecepatan penurunan suhu rata-rata sampai mendapatkan suhu konstan untuk satu Peltier adalah 0,0005 °C/s, 0,0006597 °C/s untuk dua Peltier dan 0,0007879 °C/s untuk tiga Peltier. Dengan demikian, kecepatan pendinginan hingga mencapai suhu konstan yang paling besar hingga kecil berturut-turut

adalah tiga Peltier, dua Peltier dan satu Peltier.

**c. Coolbox dengan Beban Pendinginan 2 Liter Air**

Dengan *coolbox* yang sama, ditambahkan beban pendinginan berupa 2 liter air dan wadah Alumunium 0,33738 kg. Penurunan suhu tiap satuan waktu yang dicapai tiap Peltier dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 4.3 Grafik Penurunan Suhu per Satuan Waktu pada *Coolbox* Berisi Dua Liter Air

Pada Gambar 4.3, urutan penurunan suhu dari yang besar sampai kecil sama dengan Gambar 4.1 dan 4.2 yaitu dimulai

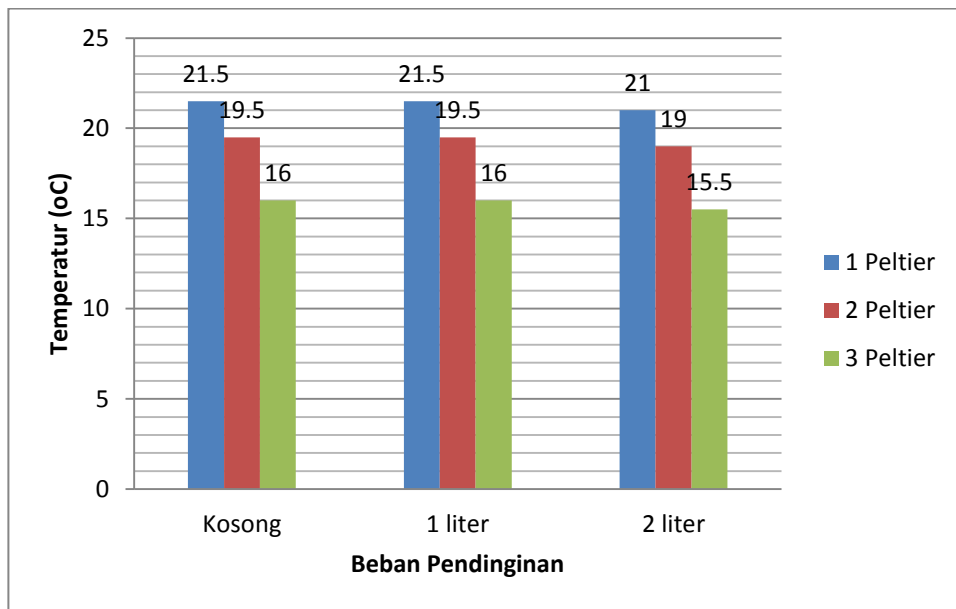
dengan Peltier yang berjumlah tiga pada kemudian yang berjumlah dua dan terakhir adalah Peltier berjumlah satu.

Suhu air mula-mula adalah 29 °C dan kemudian turun hingga mencapai suhu konstan yaitu 21,0 °C untuk satu Peltier, 19,0°C untuk dua Peltier dan 15,5 °C untuk tiga Peltier.

Kecepatan penurunan suhu rata-rata sampai mendapatkan suhu konstan untuk satu Peltier adalah 0,0002932 °C/s, 0,0002976 °C/s untuk dua Peltier dan 0,0004128 °C/s untuk tiga Peltier. Dengan demikian, kecepatan pendinginan

hingga mencapai suhu konstan yang paling besar hingga kecil berturut-turut adalah tiga Peltier, dua Peltier dan satu Peltier.

Penggunaan Peltier sebagai pendingin *coolbox* membuat suhu dalam *coolbox* turun perlahan-lahan kemudian melambat, hingga pada suatu titik dan suhunya tidak turun lagi, suhu inilah suhu terendah yang dapat dicapai oleh modul. Suhu terendah



Gambar 4.4 Diagram Suhu Terendah yang Dicapai tiap Rangkaian

yang dapat dicapai dapat dilihat pada Gambar 4.4. Suhu dalam *coolbox* akan konstan dan tidak turun lagi setelah flux

kalor yang keluar dari dalam *coolbox* sebanding dengan flux kalor masuk.

Dalam gambar ini juga, dapat dilihat adanya kecenderungan dimana

suhu terendah yang dapat dicapai oleh tiga modul akan selalu lebih rendah, diikuti oleh dua Peltier dan yang terakhir adalah satu Peltier. Semakin banyak modul yang digunakan, maka semakin banyak pula kalor yang dapat ditarik keluar dari *coolbox*, sehingga semakin rendah suhu dalam *coolbox*. Hal ini sesuai dengan Mainil *et al.* (2015), semakin banyak modul Peltier yang digunakan, maka akan berbanding lurus dengan penurunan suhunya.

Waktu yang dibutuhkan oleh modul untuk mendinginkan tiap beban berbeda-beda. Pada Tabel 4.1, *coolbox* kosong membutuhkan waktu yang lebih cepat

dibandingkan yang berisi satu liter air terlebih yang berisi dua liter air. Hal ini dikarenakan *coolbox* yang menggunakan beban pendingin memiliki lebih banyak kalor yang harus ditarik dari ruang pendingin dibandingkan *coolbox* kosong. Semakin banyak beban yang harus didinginkan berbanding lurus dengan waktu pendinginannya. Modul dengan 2 Peltier membutuhkan waktu tercepat pada semua variasi isi *coolbox*, sedangkan 1 Peltier membutuhkan waktu paling lama pada *coolbox* kosong dan *coolbox* 2 liter dan pada *coolbox* 1 liter waktu paling lama adalah 3 Peltier

Tabel 4.1 Waktu Modul untuk Mencapai Suhu Konstan

Jumlah Peltier	Waktu dibutuhkan sampai suhu konstan (menit)		
	Kosong	1 liter	2 liter
1	60	250	530
2	45	240	515
3	55	275	525

Kendati demikian berbeda dengan kecepatannya, kecepatan pendinginan dapat dilihat pada tabel 4.2.

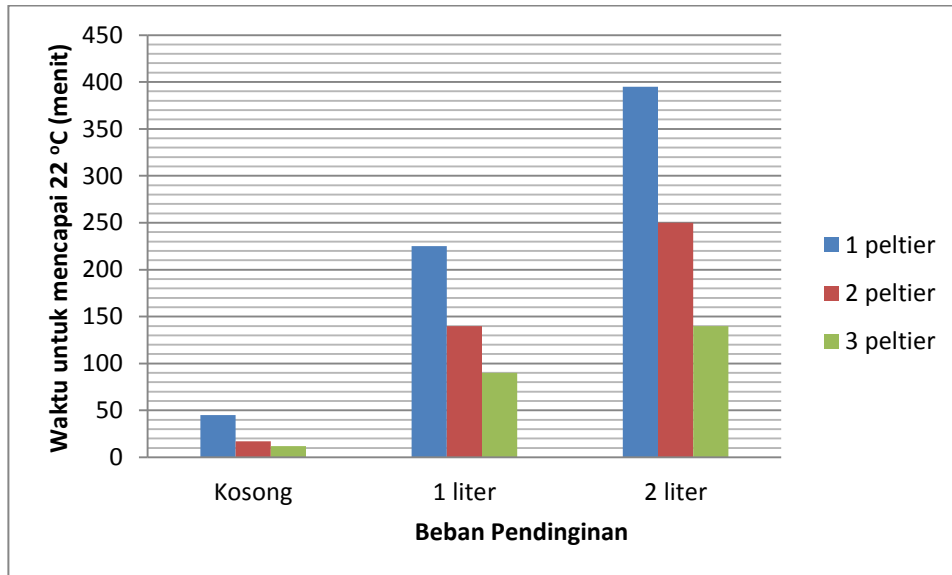
Pada Tabel 4.2, kecepatan pendinginan hingga mencapai suhu konstan dari yang paling besar hingga

kecil berturut-turut adalah tiga Peltier, dua Peltier dan satu Peltier. Dengan demikian dapat diketahui bahwa semakin banyak modul Peltier yang digunakan maka kecepatan penurunan suhu akan

semakin besar. Untuk mempermudah pemahaman ini, perhatikan Gambar 4.5.

Tabel 4.2 Kecepatan Penurunan Suhu Rata-Rata sampai Mendapatkan Suhu Konstan

Kecepatan penurunan suhu rata-rata sampai mendapatkan suhu konstan (°C/s)			
Jumlah Peltier	Kosong	1 liter	2 liter
1	0,00208	0,0005	0,00029
2	0,00352	0,00066	0,0003
3	0,00361	0,00079	0,00041



Gambar 4.5 Diagram Waktu yang Dibutuhkan untuk Mencapai Suhu 22 °C

Pada gambar 4.5, ditampilkan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suatu suhu yaitu 22 °C. Hal ini bertujuan untuk membandingkan kecepatan untuk mencapai suhu tertentu. Dengan penurunan suhu sebesar 7 °C, pada *coolbox* kosong satu Peltier

membutuhkan waktu 45 menit, dua Peltier membutuhkan waktu 17 menit dan 3 Peltier membutuhkan waktu 12 menit. Pada *coolbox* dengan beban pendinginan 1 liter air, satu Peltier membutuhkan waktu 225 menit, 140 menit untuk dua Peltier dan 95 menit untuk tiga Peltier.

Sedangkan pada *coolbox* dengan beban pendinginan 2 liter air, satu Peltier membutuhkan 395 menit, dua Peltier membutuhkan 250 menit dan 140 menit pada tiga Peltier. Kecepatan penurunan suhu pada *coolbox* kosong membutuhkan waktu yang lebih cepat dibandingkan *coolbox* lainnya.

*Coolbox* satu liter juga membutuhkan waktu yang lebih rendah dibandingkan *coolbox* dua liter. Hal ini membuktikan bahwa semakin sedikit kalor yang harus dikeluarkan, maka semakin cepat waktunya begitu pula sebaliknya. Pada tiap beban pendinginan, jumlah modul yang digunakan sangat

berpengaruh. Semakin banyak modulnya, maka semakin cepat proses pendinginannya.

Besarnya nilai daya listrik tiap Peltier, dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Pada Tabel 4.3, dapat dilihat nilai daya listrik tiap Peltier, jika dirata-ratakan maka nilai daya listrik untuk satu buah peltier adalah 28,82 watt, 49,83 watt untuk dua buah peltier dan 63,13 watt untuk tiga buah peltier.

Energi listrik pada penelitian ini berubah menjadi energi tarik kalor atau pendinginan, energi gerak pada kipas dan energi panas

Tabel 4.3 Daya Modul Rata-Rata

Jumlah Peltier	Daya Modul Rata-Rata (Watt)		
	Kosong	1 liter	2 liter
1	25,7	28,1	32,66
2	48,62	48,87	52
3	64,08	60,3	65

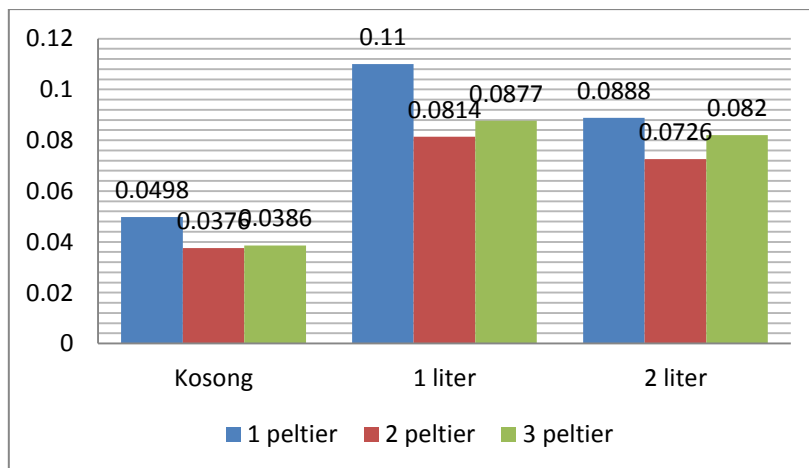
Dalam penelitian ini, juga dicari kemampuan pendinginan dari modul yang digunakan dengan membandingkan jumlah kalor yang ditarik dan energi listrik yang digunakan. Perbandingan inilah yang ditinjau menjadi kinerja atau performansi modul yang kemudian disebut sebagai COP.

Nilai *Coefficient of Performance* atau COP menunjukkan performansi atau prestasi dari modul termoelektrik yang digunakan. Semakin tinggi nilai COP, maka semakin baik performansi modul tersebut. Nilai COP bergantung pada daya listrik, lama pendinginan dan jumlah kalor yang ditarik. Selain COP, juga dikenal nilai *figure of merit* (ZE) yang menunjukkan nilai karakteristik dari bahan modul yang digunakan. Semakin

tinggi nilai ZE, maka performansi modul akan semakin baik. Namun demikian, pada penelitian ini tidak diketahui jenis bahan modul termoelektrik, sehingga pengkajian performansi modul hanya didasarkan pada besarnya nilai COP.

Besar COP tiap rangkaian dan tiap variasi isi *coolbox* berbeda-beda, dapat dilihat dalam grafik Gambar 4.6.

Pada Gambar 4.6, ada suatu kecenderungan yang dapat dilihat ditinjau dari tiap beban pendinginan pada *coolbox* kosong, nilai COP rata-rata jika diurutkan dari yang paling besar hingga kecil, urutannya adalah 1 Peltier, 3 Peltier dan 2 Peltier; pada *coolbox* berisi 1 liter air, urutannya sama yaitu 1 Peltier, 3 Peltier dan 2 Peltier, dan urutan yang sama juga pada *coolbox* berisi 2 liter air.



Gambar 4.6 Diagram Nilai COP Rata-Rata pada Semua Rangkaian

## PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan data penelitian, diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin banyak modul yang dipakai, maka semakin cepat proses pendinginannya dan semakin rendah suhu yang dapat dicapai. Pada *coolbox* kosong dan berisi 1 liter air suhu terendah yang dapat dicapai adalah sama yaitu 21,5 °C untuk 1 modul, 19,5 °C untuk 2 modul dan 16,0 °C untuk 3 modul, sedangkan *coolbox* yang berisi 2 liter air suhu terendahnya adalah 21,0 °C untuk 1 modul, 19,0 °C untuk 2 modul dan 15,5 °C untuk 3 modul. Pada penelitian, setiap penambahan 1 buah modul, suhu terendah turun sebanyak 2,75 °C.
2. Semakin banyak jumlah modul yang digunakan maka semakin besar pula kebutuhan daya listriknya, besar daya listrik untuk 1 modul adalah 25-33 watt, 2 modul adalah 48-52 watt dan untuk 3 modul adalah 56-65 watt. Pada penelitian, setiap penambahan 1 buah modul daya

listrik yang dibutuhkan akan bertambah sebesar 17,15 watt.

3. Performa modul Peltier sangat ditentukan oleh sistem pembuangan kalor yang digunakan. Semakin baik sistem pembuangan kalor yang digunakan, maka semakin baik performa modul Peltier yang dicapai. Pada penelitian, performa paling baik adalah modul 1 Peltier kemudian modul 3 Peltier dan terakhir adalah modul 2 Peltier.

### 5.2 Saran

1. Performa sangat bergantung pada sistem pembuangan kalor yang digunakan, hal ini memberikan peluang penelitian tentang sistem pembuangan kalor pada modul Peltier, misalnya dengan melakukan *stacking* pada modul Peltier.
2. Panas yang dihasilkan pada sisi lain modul Peltier dapat digunakan sebagai pembangkit listrik mengingat fungsi lain modul Peltier sebagai generator listrik, sehingga kalor yang dihasilkan tidak sia-sia dibuang ke lingkungan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Anwar, C. 2010. Efek Beban Pendingin Terhadap Performa Sistem Mesin Pendingin. *Jurnal SMARTek* Vol 8. No 3. Hal 203-214.
- Delly, J., Hasbi M., Alkhoirun I.F.. 2016. Studi Penggunaan Modul Termoelektrik sebagai sistem pendingin Portable. *Jurnal Ilmiah mahasiswa teknik mesin* Vol. 1, No 1. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo. Kendari. Hal 50-55.
- Francis, O., Lekwuwa C.J., John I.H.. 2013. Performance Evaluation of a Thermoelectric Refrigerator. *IJEIT* Vol 2 Issue 7. Hal 18-24.
- Giancoli, D.C.. 2001. *Fisika Jilid 1*. Edisi Kelima. Erlangga: Jakarta.
- Mangsur. 2010. Pengembangan coolbox tipe cb-02 multi fungsi ramah lingkungan berbasis termoelektrik untuk kendaraan roda dua. *Skripsi*. Universitas Indonesia. (tidak diterbitkan).
- Mainil, R.I., Aziz A., Kurniawan A.M.. 2015. Penggunaan Modul Termoelektrik sebagai elemen pendingin Box Cooler. Paper Seminar nasional XIV kampus ITENAS. Pekanbaru. Hal. 44-49.
- Oktorina, D.H.. 2006. Kajian Karakteristik Modul Termoelektrik Untuk Sistem Penyimpanan Dingin. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. (tidak diterbitkan).
- PERTAMINA. 2013. Musicool. <http://www.pertamina.com/en/our-business/downstream/marketing-and-trading/product-and-service/business-solution/gas-products/musicool/> [12 Juni 2017].
- Santosa, N.B.. 2015. Mengenal Thermo-Elektrik Peltier. PPPPTK BOE Malang. [vedcmalang.com/pppstkboemg/index.php/menuutama/listrik-electro/1292-mengenal-thermo-electric-Peltier](http://vedcmalang.com/pppstkboemg/index.php/menuutama/listrik-electro/1292-mengenal-thermo-electric-Peltier) [20 Juni 2017].
- Soedjana, S., Nishino O.. 2005. *Pengukuran dan Alat-Alat Ukur Listrik*. Malta: Jakarta.
- Stoecker, W.F., Jones J.W.. 1982. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara edisi kedua*. Erlangga: Jakarta.
- Sugiyono. 2006. *Statistika Untuk Penelitian*. CV Alfabeta: Bandung.
- Tipler, P.A.. 1991. *Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 1*. Erlangga: Jakarta.
- Young, H.D., Freedman R.A.. 2002. *Fisika Universitas Jilid 1*. Edisi Kesepuluh. Erlangga: Jakarta.

Zainudin, E., Jufrizal. 2016. Pemilihan Kapasitas Panas dan Temperatur Udara Alat Penukar Kalor Shell Helical Coil Multi Tube Untuk Kebutuhan Pengering Gabah Tipe Rotari dengan Memanfaatkan Termal Gas Buang Mesin Diesel. *Jurnal MEKANIKA* Vol. 15 Nomor 2.

Zemansky, M.W., Dittman R.H.. 1986. *Kalor dan Termodinamika*. ITB: Bandung

Zhao, D., Tan, G.. 2014. A review of thermoelectric cooling: Materials, modeling and applications. *Applied Thermal Engineering* 66. Hal. 15-24.