

Studi Inovasi Cool Box Motor dengan Pompa Kalor Elemen Peltier

Imansyah I.H*., Hardi Abdiyantoro**, M. Kaisar Imaduddin

*Laboratorium Perpindahan Kalor Departemen Teknik Mesin FTUI, Kampus Baru UI Depok 16424

e-mail: imansyah@eng.ui.ac.id

**PT Panasonic Manufacturing Indonesia

Jl. Raya Bogor km 29, Gandaria, Jakarta timur 13710, Indonesia

ABSTRAK

Cool box atau kotak pendingin adalah sebuah alat yang biasa digunakan untuk menyimpan bahan-bahan yang memerlukan kondisi dingin seperti makanan, minuman, vaksin, darah, dan lain sebagainya. Untuk cool box yang statis dan tidak memerlukan ruang yang relatif luas, penggunaan sistem pendingin konvensional (dengan menggunakan refrigeran sebagai fluida pendinginnya) dapat dengan mudah diaplikasikan. Berbeda dengan portable cool box yang mempunyai keterbatasan dalam ruang, berat, dan dayanya. Penggunaan sistem pendinginan konvensional kurang efektif untuk diaplikasikan. Untuk itu perlu dicari sistem pendinginan lain yang dapat menjawab masalah tersebut di atas. Ada suatu komponen termoelektrik yang dikenal dengan elemen peltier yang dapat berfungsi sebagai pompa kalor. Elemen peltier yang mempunyai kemampuan untuk menyerap dan membuang panas di dua sisinya membuat alat ini dapat digunakan untuk pendinginan suatu sistem. Prinsip kerja dari peltier adalah memanfaatkan efek peltier. Perbedaan temperatur pada elemen peltier sebanding dengan arus searah yang dialirkan dan setiap sambungan akan terjadi pelepasan kalor dan penyerapan kalor. Komponen ini pada awalnya banyak digunakan untuk pendingin prosesor komputer yang kemudian berkembang aplikasinya untuk kotak pendingin, seperti dispenser, vaccine carrier, dan masih banyak aplikasi lainnya. Pada penelitian ini akan dikembangkan pemanfaatan elemen peltier sebagai media pendingin cool box yang ditempatkan pada sepeda motor. Cool box ini diharapkan dapat dimanfaatkan untuk delivery makanan, minuman, vaksin, darah, dan lain-lain yang memerlukan pendinginan. Sebelum membuat desain cool box, agar lebih optimal maka diawal penelitian ini dilakukan simulasi penempatan elemen peltier pada cool box. Dari hasil simulasi didapat bahwa penempatan elemen peltier di posisi samping memberikan temperatur yang lebih rendah dibandingkan pada posisi di belakang cool box. Cool box didisain dengan dimensi 20 x 16 x 16 cm (panjang x lebar x tinggi). Dari hasil pengujian cool box diperoleh bahwa posisi elemen peltier samping lebih baik dibanding posisi di belakang. Suhu yang dapat dicapai pada ruang pendingin rata-rata sebesar 15 °C.

Kata Kunci : Box Carrier, Termoelektrik, Elemen Peltier, Pompa Kalor

Pendahuluan

Cool box atau kotak pendingin adalah sebuah alat yang biasa digunakan untuk menyimpan bahan-bahan yang memerlukan kondisi dingin seperti makanan, minuman, vaksin, darah, dan lain sebagainya. Untuk cool box yang statis dan tidak memerlukan ruang yang relatif luas, penggunaan sistem pendingin konvensional dapat dengan mudah diaplikasikan. Berbeda dengan portable cool box yang mempunyai keterbatasan dalam ruang, berat, dan dayanya, penggunaan sistem pendinginan konvensional kurang efektif untuk diaplikasikan. Untuk itu perlu dicari sistem pendinginan lain yang dapat menjawab masalah tersebut di atas.

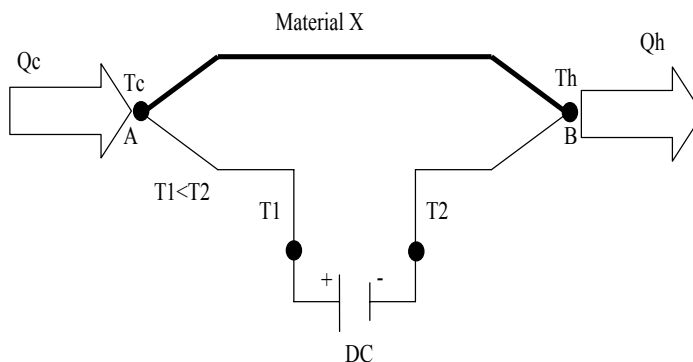
Terdapat suatu komponen termoelektrik yang dikenal dengan elemen peltier yang dapat berfungsi sebagai pompa kalor. Pemanfaatan elemen Peltier telah dilakukan untuk aplikasi pendingin dan pemanas air minum oleh Raldi Koestoer dan Faraday (2004). Elemen Peltier juga digunakan sebagai komponen dalam pengembangan produk penyimpanan vaksin atau *vaccine carrier* yang dilakukan di Laboratorium Perpindahan Kalor DTM FTUI [1,2,3]. Elemen Peltier disusun ganda yaitu secara seri berdasarkan kelistrikan dan paralel berdasarkan termal. Penelitian mengenai pemanfaatan elemen Peltier bertingkat dua pada aplikasi kotak vaksin oleh Nandy Putra dkk (2005). Pengembangan kotak vaksin dengan *waterblock* sebagai *heat exchanger* oleh Axel Hidayat dan Nandy Putra (2006). Pengembangan kotak vaksin dengan *heat pipe* sebagai *heat exchanger* oleh Didi dan Nandy Putra. Serta pemanfaatan elemen Peltier sebagai media pendingin pada kotak penyimpanan darah atau *blood carrier* dengan insulasi ruang vakum oleh Nandy Putra, Hiban, dan Parlin. Aplikasi elemen Peltier

untuk pendinginan power IC pada mini compo juga dilakukan oleh Imansyah I.H. (2007). Distribusi temperatur *cool box* dengan simulasi dilakukan oleh Imansyah I.H. (2007).

Dengan fakta bahwa sekarang ini sepeda motor adalah alat transportasi yang lebih fleksibel dan efektif. Maka pada penelitian ini akan coba dilakukan studi inovasi pemanfaatan elemen peltier sebagai pompa kalor untuk *cool box* motor dengan pertimbangan bahwa alat ini perlu dibuat dan mempunyai nilai manfaat yang besar untuk masyarakat, salah satunya adalah sarana transportasi darah untuk transfusi.

Dasar Teori Elemen peltier

Jika dua material yang berbeda (A dan B) diberikan perbedaan tegangan, maka akan menghasilkan perbedaan temperatur diantara kedua sisinya. Perbedaan temperatur yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan besar arus listrik yang mengalir pada elemen peltier, sehingga akan ada bagian yang akan menyerap kalor dan ada bagian yang akan melepaskan kalor. Fenomena itu adalah efek peltier.



Gambar 1. Efek Peltier

Dari jumlah aliran arus yang diberikan ke rangkaian, maka dapat diketahui jumlah kalor yang diserap maupun yang dilepaskan pada kedua sambungan yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$Q_c = Q_h = \pi_{XY} x I_{XY} \dots\dots\dots (1)$$

- Dimana :
- π_{XY} = Koefisien Peltier antara dua material
 - I_{XY} = Arus listrik yang mengalir [Ampere]
 - Q_c, Q_h = Tingkat pendinginan atau pemanasan [Watt]

Elemen Peltier merupakan modul termoelektrik yang memanfaatkan efek Peltier sebagai prinsip kerjanya di mana jika terdapat arus listrik searah dialirkan pada suatu rangkaian tertutup yang terdiri dari sambungan dua material logam beda jenis, maka energi termal diserap pada sambungan logam yang satu (*cold side*) dan melepasnya pada sambungan yang lain (*hot side*). Selain itu jika arus listrik dibalik, maka material yang semula panas akan menjadi dingin dan sebaliknya material yang semula dingin akan terasa panas. Di dalam pemilihan dan perhitungan modul termoelektrik terdapat tiga parameter penting yang perlu diperhatikan, yaitu temperatur sisi panas Peltier (T_h), temperatur sisi dingin Peltier (T_c), dan beban kalor yang dipindahkan (Q).

Permukaan sisi panas Peltier atau *hot side* merupakan bagian di mana kalor dilepas ke lingkungan saat arus listrik mengalir sehingga perlu dipasang suatu komponen penukar kalor seperti *heatsink* dan *fan* agar memiliki kinerja yang efektif. Pada aplikasi untuk proses pendinginan, temperatur pada sisi panas ini perlu dijaga konstan pada temperatur tertentu karena dapat mempengaruhi temperatur sisi dingin yang diinginkan dan apabila kalor pada sisi panas ini tidak segera diserap oleh alat penukar kalor atau dilepas ke lingkungan maka temperatur pada sisi panas ini akan terus meningkat yang pada akhirnya dapat menyebabkan kerusakan pada sambungan elemen.

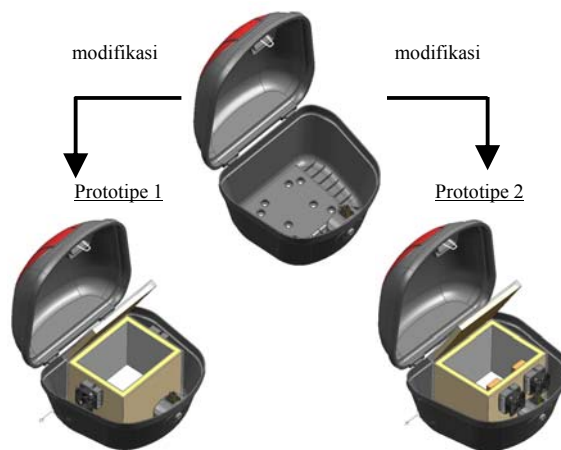
Permukaan sisi dingin Peltier atau *cold side* merupakan bagian di mana kalor diserap ke dalam sistem. Dalam perancangan peralatan, temperatur pada sisi dingin perlu ditentukan terlebih dahulu sebagai acuan perhitungan. Untuk menentukan suhu *hot side* digunakan parameter beda temperatur (ΔT) yang ditulis dalam persamaan :

$$\Delta T = T_h - T_c \quad (2)$$

Beda temperatur menjadi parameter penting untuk mengetahui kualitas atau kemampuan elemen Peltier khususnya untuk proses pendinginan. Dengan mengetahui ΔT maksimum yang dimiliki oleh suatu elemen peltier, maka T_c yang ingin dicapai bisa dilakukan dengan mengendalikan atau menjaga temperatur sisi panas T_h . Secara umum pencapaian ΔT dari modul termoelektrik selalu mendekati konstan. Jika T_h semakin rendah, maka T_c semakin dingin.

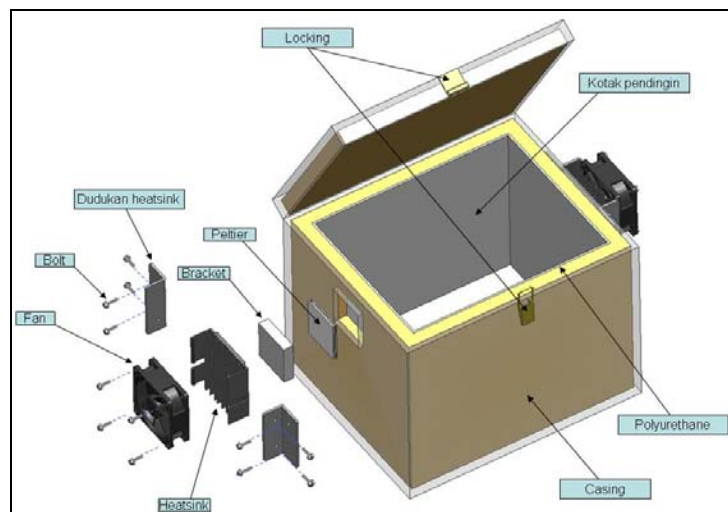
Desain Cool Box Motor

Desain *cool box* motor adalah dengan memberikan nilai tambah pada box bagasi sepeda motor dengan melakukan modifikasi penambahan *feature box* pendingin dengan menggunakan elemen peltier sebagai pompa kalor. Alasan digunakannya elemen peltier sebagai pompa kalor adalah ukurannya yang praktis, tidak terdapat *moving part*, tidak ada *noise*, tidak ada vibrasi, mempunyai daya tahan yang cukup lama, dan mempunyai kemampuan kontrol yang tepat. Pada Gambar 2. dapat dilihat desain *cool box* dengan 2 protipe, yang membedakan kedua prototype tersebut adalah penempatan elemen peltier, yaitu di samping dan belakang box.



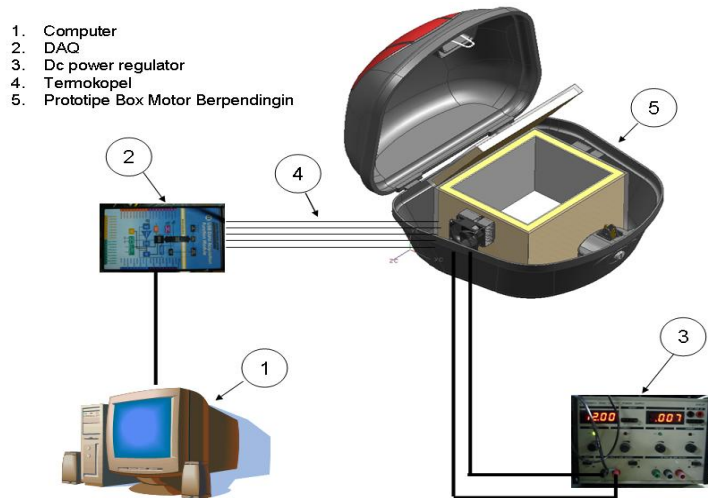
Gambar 2. Skema pembuatan prototipe

Adapun hasil rancang bangun kotak pendingin untuk desain Peltier samping dapat dilihat pada Gambar 3. Dimensi *box* panjang x lebar x tinggi adalah 160 mm x 200 mm x 160 mm.



Gambar 3. Konstruksi cool box desain Peltier samping
Pengujian Karakteristik dan Performa Cool Box Motor Berpendingin Elemen Peltier

Pengujian karakteristik dilakukan untuk mengetahui performa kerja dari *cool box* motor dengan menggunakan pompa kalor elemen peltier ganda. Dari data yang akan diperoleh nantinya dapat diketahui performa kerja dari *cool box* motor. Skema instalasi alat pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Instalasi Alat Pengujian Cool Box

Untuk pengujian kinerja alat, dilakukan beberapa variasi pengujian yang meliputi :

1. Variasi daya masuk elemen peltier terhadap temperatur ruang pendingin (T_R)
 - a. Tegangan 12 V dan arus 1,5 Ampere.
 - b. Tegangan 15 V dan arus 1,8 Ampere.
2. Variasi posisi elemen peltier terhadap temperatur ruang pendingin (T_R)
 - a. Posisi elemen peltier di sisi dalam bracket
 - b. Posisi elemen peltier di sisi luar bracket
3. Variasi ketebalan bracket terhadap temperatur ruang pendingin (T_R)
 - a. Bracket dengan ketebalan 10 mm
 - b. Bracket dengan ketebalan 20 mm
4. Variasi konfigurasi posisi unit heat pump terhadap temperatur ruang pendingin (T_R)
 - a. Pemasangan di belakang
 - b. Pemasangan di samping kiri dan kanan

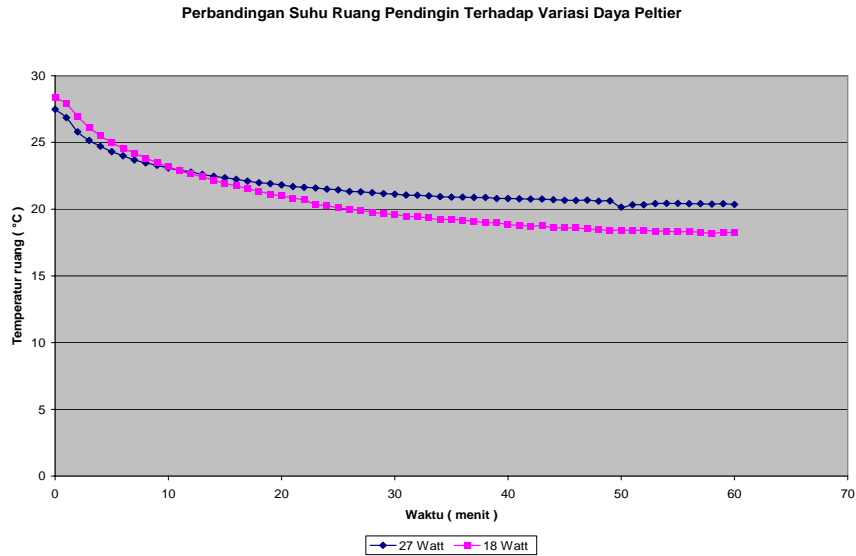
Dengan melakukan variasi pengujian di atas dapat diketahui performa kerja dari *cool box* motor terhadap perubahan daya input peltier, perubahan posisi elemen peltier, dan perubahan tebal dari bracket penghubung peltier dan *heatsink*. Sebagai catatan kecepatan udara dari fan adalah 0,4 ~ 0,5 m/s.

Hasil dan Diskusi

Variasi Daya Masuk Elemen Peltier (P_{in}) terhadap Temperatur Ruang Pendingin

Variasi daya ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi daya terhadap performa pendinginan. Dalam hal ini dipakai temperatur ruang T_R sebagai data target yang akan dicapai. Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa :

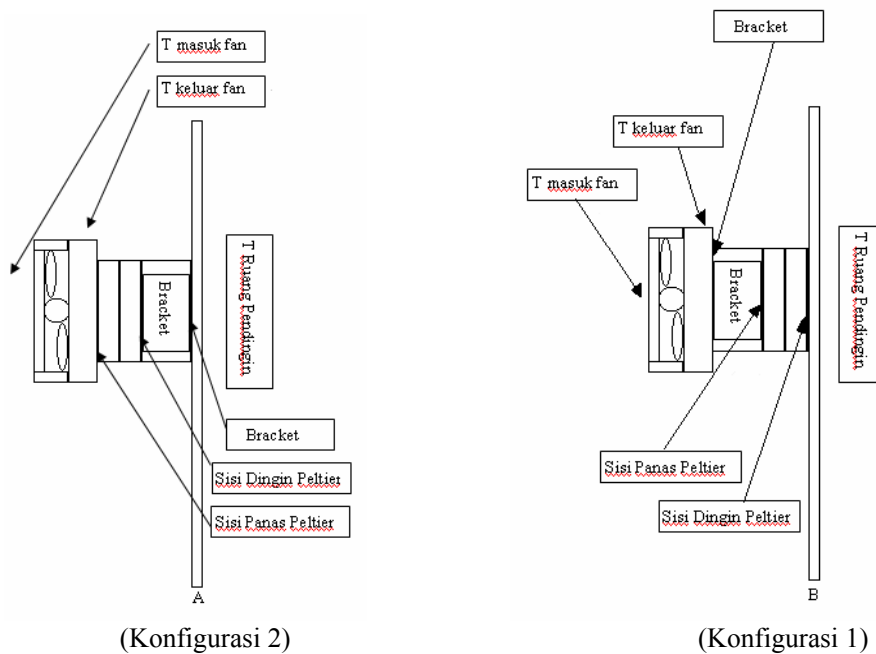
- Daya 18 Watt menghasilkan temperatur ruang yang lebih baik (lebih dingin) daripada daya 27 Watt.
- Tidak selalu daya yang lebih besar akan menghasilkan performa yang lebih baik dari daya yang lebih kecil. Ada parameter lain yang harus dipenuhi untuk menghasilkan performa pendinginan yang optimal, yaitu *heatsink*. *Heatsink* sebagai alat pembuang panas harus mampu mendinginkan sisi panas peltier agar target suhu ruang pendingin tercapai.



Gambar 5. Perbandingan Temperatur Ruang Pendingin terhadap Variasi Daya

Variasi Konfigurasi Elemen Peltier terhadap Temperatur Ruang Pendingin

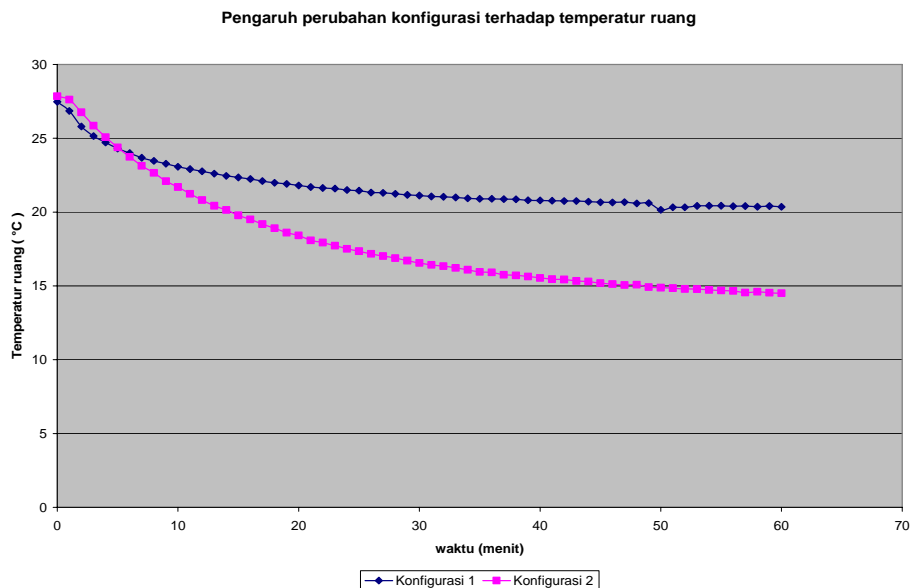
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konfigurasi pendingin peltier terhadap temperatur ruang pendingin. Ini penting untuk mengetahui konfigurasi mana yang lebih baik performanya sebagai *heat pump*. Konfigurasi elemen peltier dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Konfigurasi pendingin peltier

Dari grafik pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa :

- Bahwa konfigurasi 2 mempunyai performa yang lebih untuk menghasilkan temperatur ruang yang lebih rendah dibandingkan dengan konfigurasi 1. Hal ini dimungkinkan karena letaknya yang dekat dengan heatsink. Dengan letak yang dekat dengan heatsink maka pembuangan panasnya akan lebih baik daripada konfigurasi 1.

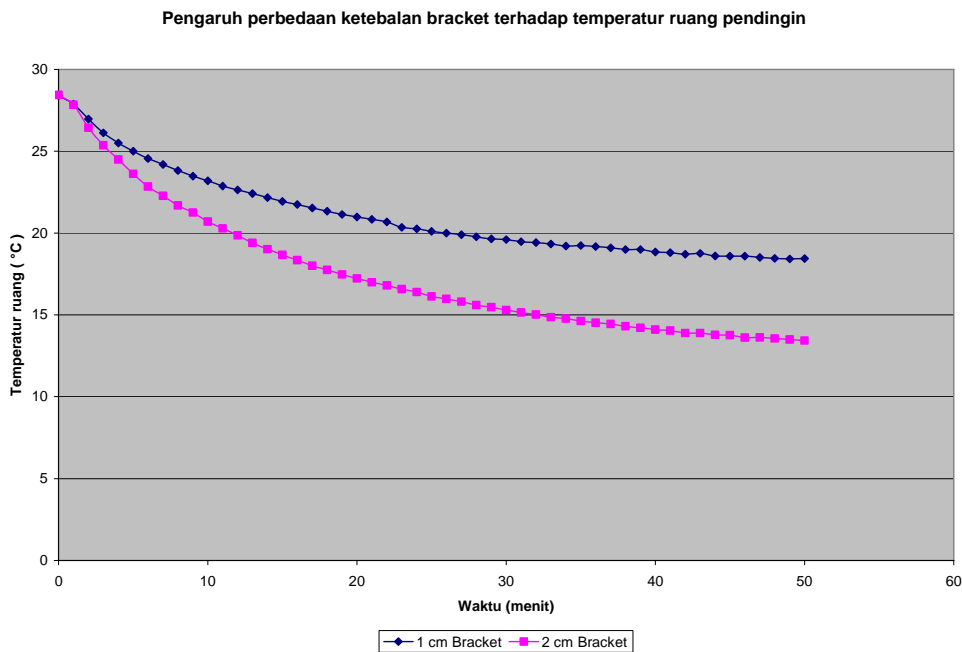


Gambar 7. Pengaruh Konfigurasi Elemen Peltier terhadap Temperatur Ruang Pendingin

Variasi Ketebalan Bracket terhadap Temperatur Ruang Pendingin

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan ketebalan dari bracket terhadap temperatur ruang pendingin. Dalam hal ini ketebalan dari dinding casing tidak diubah sehingga untuk ketebalan bracket 2 cm, posisinya berada 1 cm diluar dinding casing. Dari grafik pada Gambar 8 dapat diketahui beberapa hal, yaitu :

- Bracket tebal 2 cm menghasilkan performa pendinginan ruang yang lebih baik dibandingkan dengan tebal 1 cm. Hal ini dimungkinkan karena kondisi bracket yang menonjol keluar dapat beralih fungsi menjadi coldsink. Hal ini dibuktikann juga dengan dimana temperatur sisi panas bracket 2 cm lebih rendah dari temperatur sisi panas bracket 1 cm.

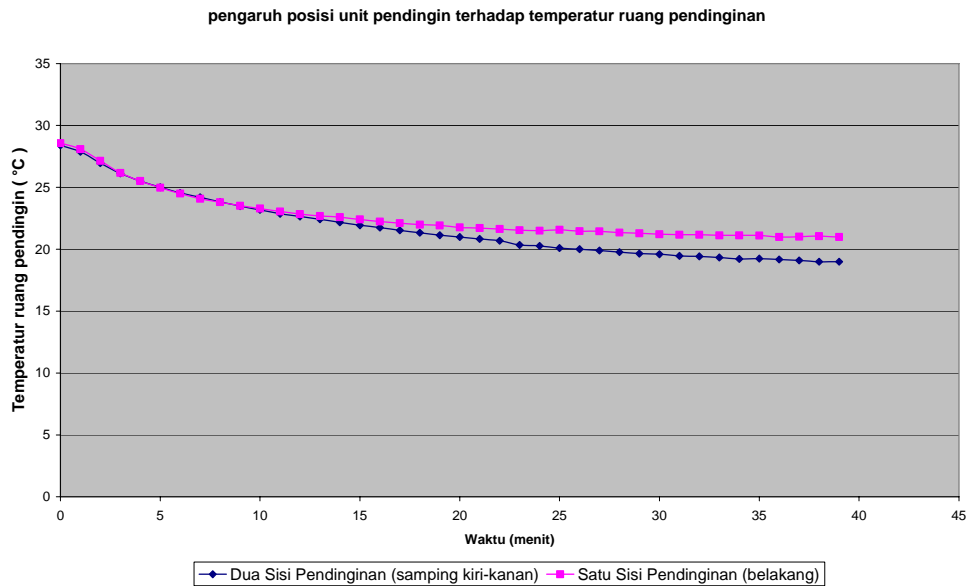


Gambar 8. Pengaruh Ketebalan Brakcet terhadap Temperatur Ruang Pendingin

Variasi Konfigurasi Posisi Heat Pump terhadap Temperatur Ruang Pendingin

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan posisi unit *heat pump* (posisi elemen peltier) terhadap temperatur ruang pendingin. Dari grafik pada Gambar 9. dapat dilihat bahwa :

- Pendinginan dua sisi (posisi elemen peltier berada di samping kiri dan kanan) mempunyai performa lebih baik untuk pendinginan ruang pendingin daripada pendinginan satu sisi (posisi elemen peltier berada di belakang). Hal ini kemungkinan karena pendinginan dua sisi lebih merata.



Gambar 9. Pengaruh Posisi Elemen Peltier terhadap Temperatur Ruang Pendingin

Kesimpulan

Dari hasil eksperimen *cool box* dan analisa data yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin besar daya yang diberikan maka ΔT yang terjadi cenderung semakin besar. Namun penggunaan daya yang lebih besar tidak menjamin kenaikan performa pada box pendingin, meskipun perubahan daya meningkatkan perbedaan temperatur di peltier tapi akan menaikkan temperatur sisi panas peltier dan sisi dingin peltier. Diperlukan sistem pendinginan sisi panas peltier yang optimal untuk dapat memberikan performa pendingin yang baik.
2. Pada konfigurasi 2 dimana posisi bracket diletakkan di sisi dingin elemen peltier yang berfungsi sebagai coldsink, temperatur ruang pendingin lebih rendah dibanding konfigurasi 1.
3. Untuk dapat performa yang baik, maka posisi unit heat pump (elemen peltier) harus dipertimbangkan untuk memperoleh pendinginan yang optimal. Dari hasil simulasi dan eksperimen didapatkan bahwa posisi elemen peltier di sisi samping cool box menghasilkan temperatur ruang yang lebih rendah.

Daftar pustaka

1. Imansyah I.H., Isaq Murmarianto, "Simulasi Distribusi Temperatur pada Carrier Box Sepeda Motor Berpendingin Elemen Peltier", Seminar TEKNOSIM, 6 September 2007, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
2. Imansyah I.H., Nandy P., Burhanuddin, "Studi Eksperimen Elemen Peltier untuk Pendingin Power IC pada Mini Compo", Jurnal Teknologi FTUI, Maret 2007).
3. Nandy Putra, Hidayat Axel, "Pengembangan Alat Uji Kualitas dan Karakteristik Elemen Peltier" (Depok: Departemen Teknik Mesin FT UI, 2006)
4. Nandy Putra, Haryo Tedjo, Raldi A. Koestoer, "Pemanfaatan elemen Peltier bertingkat dua pada aplikasi kotak vaksin", Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin IV, 21-22 November 2005, Universitas Udayana Bali, Indonesia
5. Nandy Putra, Pattas P. Siregar, Raldi A. Koestoer, "Pengembangan Vaccine Carrier dengan memanfaatkan efek Peltier", Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin III, 6-7 Desember 2004, ISBN 979-97158-0-6, Universitas Hasanudin Makasar, Indonesia
6. Nandy Putra, "Uji unjuk kerja kotak vaksin berbasis elemen Peltier Ganda", Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri, Universitas Gajah Mada Yogyakarta, Indonesia
7. RA Koestoer, M Faradhy, *Analisa kerja Pendinginan dan Pemanasan Delta Box Berbasis Elemen Peltier sebagai Pompa Kalor*, Jurnal Poros 2005
8. Republika Online, "PMI Kembangkan Delivery Service Darah", Selasa, 12 Juni 2007
9. Koestoer, Raldi A, " Pengukuran Teknik ", Depok : Laboratorium Perpindahan Kalor Departemen Mesin FTUI 2004
10. Goodfrey, Sara, " An Introduction to Thermoelectric Cooler ", Trenton : Melcor Corporation, 2000
11. " PMI Kembangkan Delivery Service Darah ", Republika Online, Selasa, 12 Juni 2007
12. Incopera, Frank P., Dewitt, David P., "Fundamental of Heat and Mass Transfer". New York, Fifth Edition: John Wiley and Sons, 2002
13. Goodfrey, Sara, " An Introduction to Thermoelectric Cooler ", Trenton : Melcor Corporation, 2000