

M8-006 Pengembangan Cool-Hot Box Pada Kendaraan Bermotor Roda Dua Berbasis Pompa Kalor Elemen Peltier

Imansyah I.H., Budi Susanto, Leo Sahat Paruntungan

Department of Mechanical Engineering

University of Indonesia

Kampus Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia

Phone: +62-21-7270032, FAX: +62-21-7270033, E-mail: imansyah@eng.ui.ac.id

ABSTRACT

Cool Hot Box is a device that usually for saving goods that required cold or hot conditions such as food, drink, vaccine, blood, etc. Carrier box is accessory of motorcycle used as a storage of property so it is useful in transportation field using motorcycle. For adding functional value of box carrier, it is needed to make a system refrigerant that can save the goods on cold condition and heating system to warm those goods too. Research before had been developed a box carrier motorcycle using thermoelectric module using heat-pipe as appear on cold side only. The objective of this research is to know the cooling and heating performance and characteristic of carrier box that using heat pipe and heat sink-fan on the other side of double peltier element. The result of the research are box carrier are implied with double peltier on heat pipe that can produce the cabin temperature 15 °C for cooling and over 60 °C for heating.

Keywords: thermoelectric, peltier element, cool-hot box

1. Pendahuluan

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

Terdapat suatu komponen termoelektrik yang dikenal dengan elemen peltier yang dapat berfungsi sebagai pompa kalor. Komponen ini banyak digunakan sebagai sumber daya untuk kotak pendingin maupun pemanas, misalnya dispenser, pendingin prosesor komputer, vaksin, pendingin IC, dan lain sebagainya. Elemen peltier mempunyai bentuk yang *compact* dan dapat diaplikasikan dengan daya yang relatif kecil. Pemanfaatan elemen Peltier telah dilakukan untuk aplikasi pendingin dan pemanas air minum *delta box* oleh Raldi Koestoer dan Faraday (2004). Elemen Peltier juga digunakan sebagai komponen dalam pengembangan produk penyimpanan vaksin (*vaccine carrier*) yang dilakukan 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 Nandy Putra dkk. Serta pemanfaatan elemen Peltier sebagai media pendingin pada kotak penyimpanan darah atau *blood carrier* dengan insulasi ruang vakum oleh Nandy Putra dkk. 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). Juga studi inovasi *cool box* pada kendaraan bermotor roda dua sudah dilakukan oleh Imansyah I.H. dkk (2007). Elemen Peltier disusun ganda yaitu secara seri berdasarkan kelistrikan dan paralel berdasarkan termal.

Dengan fakta bahwa sekarang ini kendaraan roda dua (sepeda motor) merupakan salah satu kendaraan yang mempunyai nilai lebih dalam peranan transportasi dibanding kendaraan yang lain. Kemampuannya yang bebas macet, ekonomis terlebih lagi dengan harga BBM yang mahal menjadi faktor penting masyarakat dalam menggunakan kendaraan bermotor. Adanya *cool-hot box* dalam kotak bagasi merupakan suatu peluang inovasi yang menjanjikan.

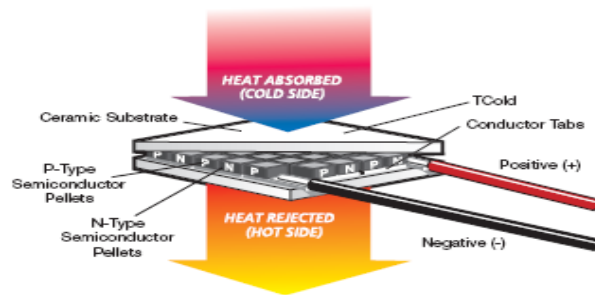
Untuk membuat sebuah *box carrier* sepeda motor yang mempunyai *feature* pendinginan dan pemanasan, diperlukan suatu unit pendingin/pemanasan yang mampu diaplikasikan di sebuah sepeda motor. Motor ini mempunyai beberapa keterbatasan pada ruang serta dayanya. Oleh karena itu dipilih pemakaian pompa kalor termoelektrik elemen peltier yang mempunyai kelebihan, antara lain ukuran yang *compact* dan dapat memakai daya aki 12 Volt yang bersumber dari sepeda motor.

2. Dasar Teori

Efek peltier pertama kali ditemukan oleh Jean Charles Athanase Peltier pada tahun 1834, yaitu dengan memberikan tegangan pada dua sambungan logam yang berbeda akan menghasilkan perbedaan temperatur. Hasil penemuan ini diikuti dengan perkembangan teknologi material semikonduktor yang menghasilkan alat yang dinamakan pendingin termoelektrik (*thermoelectric cooler*). Teknologi ini berkembang dengan pesat baik pada bidang aplikasi pendinginan maupun pemanasan setelah adanya perkembangan material semikonduktor

2.1 Prinsip Kerja Modul Termoelektrik

Prinsip kerja pendingin termoelektrik berdasarkan efek peltier, yaitu ketika arus DC dialirkan ke elemen peltier yang terdiri dari beberapa pasang semikonduktor tipe p (semikonduktor yang mempunyai tingkat energi yang lebih rendah) dan tipe n (semikonduktor dengan tingkat energi lebih tinggi) akan mengakibatkan salah satu sisi elemen peltier menjadi dingin (kalor diserap) dan sisi lainnya menjadi panas (kalor dilepas) dan jika arah arus dibalik maka sisi elemen peltier yang semula dingin akan berubah menjadi panas dan sebaliknya sisi elemen peltier yang semula panas akan berubah menjadi dingin.



Gambar 2.1. Prinsip Kerja Elemen Peltier

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

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

Dimana :

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

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 :

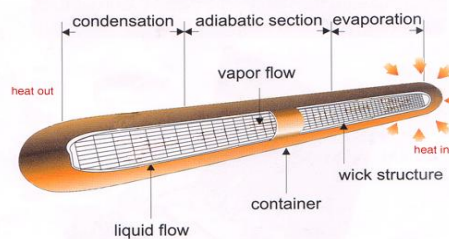
$$\Delta T = T_h - T_c \dots\dots\dots (2)$$

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.

2.1 Prinsip Kerja Heat Pipe

Heat pipe digunakan untuk menyerap kalor pada sisi panas elemen peltier, sehingga temperatur pada sisi dingin akan dicapai optimal. Penelitian sebelumnya untuk menyerap kalor pada sisi panas ini hanya digunakan *heat sink* dan *fan*, hasil yang didapat kurang optimal.

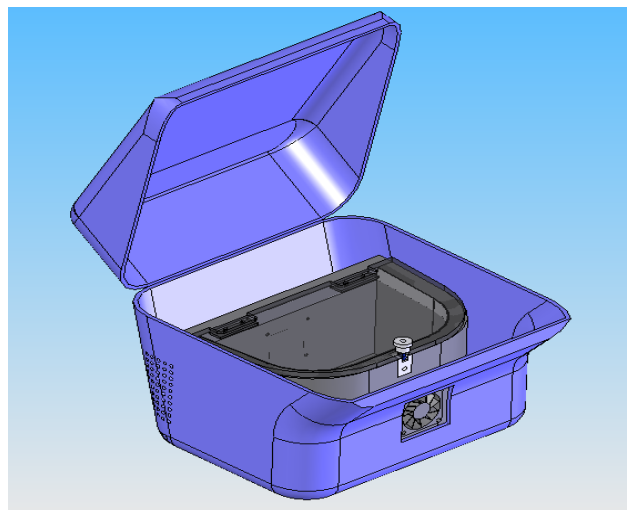
Heat pipe terdiri dari tiga bagian (lihat Gambar 2.2.) : evaporator yang berada pada salah satu ujungnya, dimana panas diserap dan cairan diuapkan; kemudian condenser (pengembun) yang terletak pada ujung lainnya dimana uap dikondensasikan dan panas dilepaskan; dan terakhir bagian adiabatic yang terletak di antara keduanya. Adiabatic adalah keadaan dimana tidak terjadi perpindahan panas ke atau dari lingkungan sekitarnya.



Gambar 2.2. Prinsip Kerja Heat Pipe

3. Disain Cool-Hot Box

Seperti terlihat pada Gambar 3.1., dimensi ruang untuk *cool-hot box* disesuaikan dengan dimensi box sepeda motor yang dijual di pasaran.

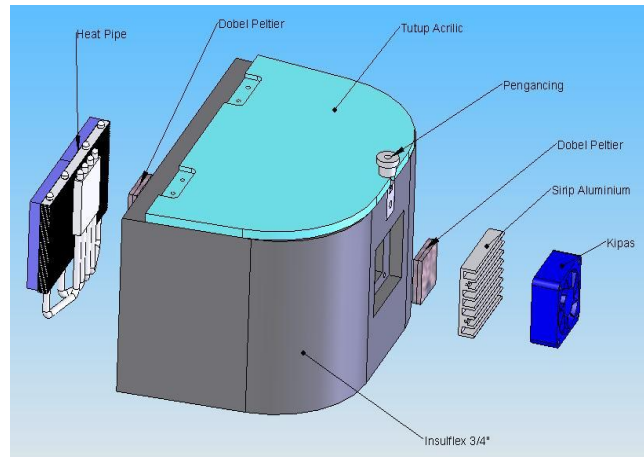


Gambar 3.1. Cool-hot box untuk sepeda motor

Spesifikasi teknis *cool-hot box* seperti terlihat pada Gambar 3.2. adalah sebagai berikut :

- Kompartemen terbuat dari plat aluminium dengan tebal 2 mm. Volumennya 4,8 liter atau dengan dimensi 260x158x140 mm.
- Elemen peltier yang digunakan sebanyak 4 buah, yaitu 2 buah disusun seri diletakkan pada bagian belakang dan 2 buah diletakkan pada bagian depan.

- Pada bagian belakang digunakan *heat pipe* chilla VGA cooler, sedangkan pada bagian depan hanya digunakan *heat sink – fan*.
- Thermostat digunakan sebagai *temperature controller* pada saat kompartemen difungsikan sebagai pemanas.



Gambar 3.2. Komponen cool-hot box.



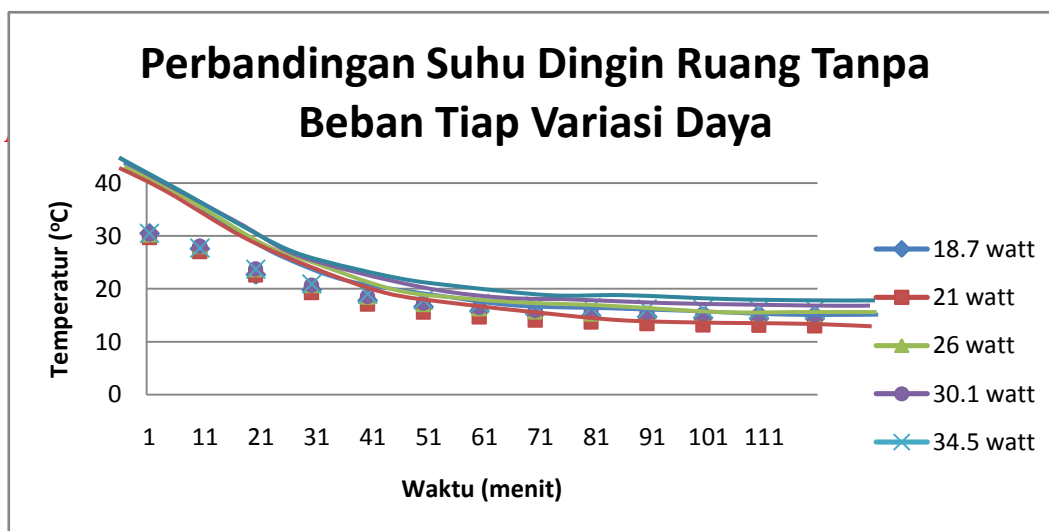
Gambar 3.3. Disain akhir cool-hot box

4. Hasil dan Diskusi

Pengujian karakteristik dan performa dari *cool-hot box* ini pertama kali dilakukan dengan beberapa variasi daya, yaitu : 18,7 Watt, 21 Watt , 26 Watt, 30,1 Watt dan 34,5 Watt. Dari beberapa variasi daya tersebut akan didapat daya yang optimal untuk pendinginan dan pemanasan atau dengan kata lain akan didapat temperatur terendah untuk kondisi dingin dan temperatur tertinggi untuk kondisi panas. Pengujian kemudian dilanjutkan dengan memberikan beban pada kompartemen, maksimal 5 kaleng minuman untuk beban pendinginan dan 5 buah burger untuk beban pemanasan. Kondisi ini diuji pada temperatur ambient dan uji lapangan (berjalan dengan sepeda motor di jalan raya).



Gambar 4.1. Instalasi pengujian cool-hot box.

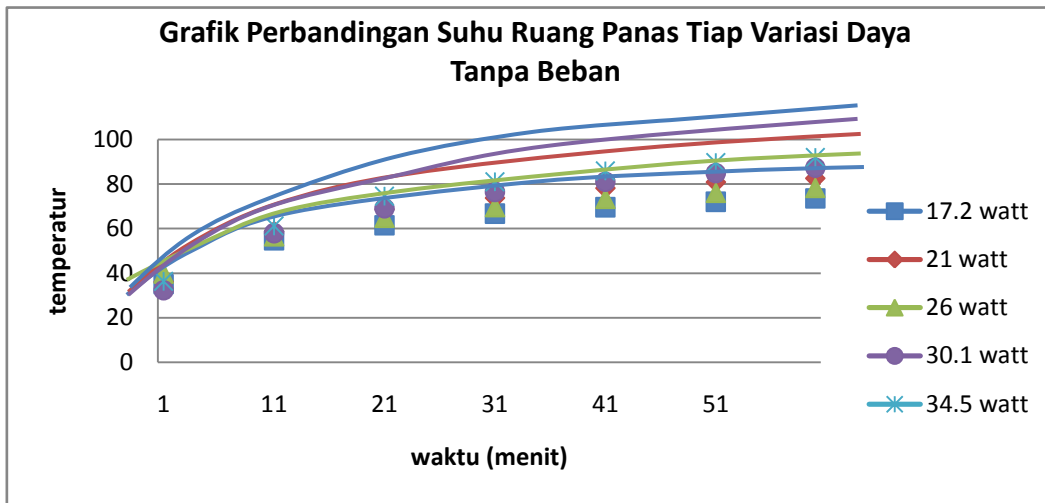


Gambar 4.2. Grafik temperatur kompartemen dingin tanpa beban

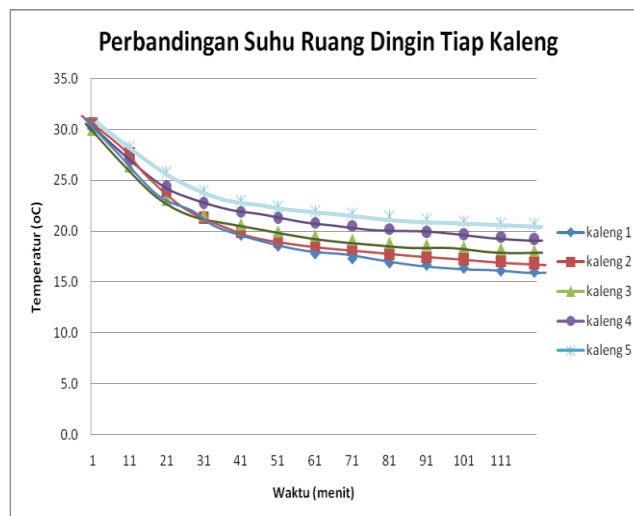
Gambar 4.2. memperlihatkan grafik temperatur pada kompartemen pendinginan dengan beberapa variasi daya, terlihat bahwa temperatur maksimal yang dicapai sebesar 13 °C pada daya 21 Watt. Sehingga daya sebesar 21 Watt ini yang akan digunakan sebagai acuan untuk pengujian dengan beban pendinginan kaleng minuman.

Sedangkan pada Gambar 4.3. terlihat bahwa pada daya 21 Watt temperatur yang dicapai kompartemen pemanasan mencapai 80 °C, temperatur ini lebih dari cukup untuk standar

kompartemen pemanasan yaitu 60 °C, sehingga pada saat kompartemen ini difungsikan sebagai pemanasan, maka diperlukan *thermostat* untuk *temperature controller*-nya.

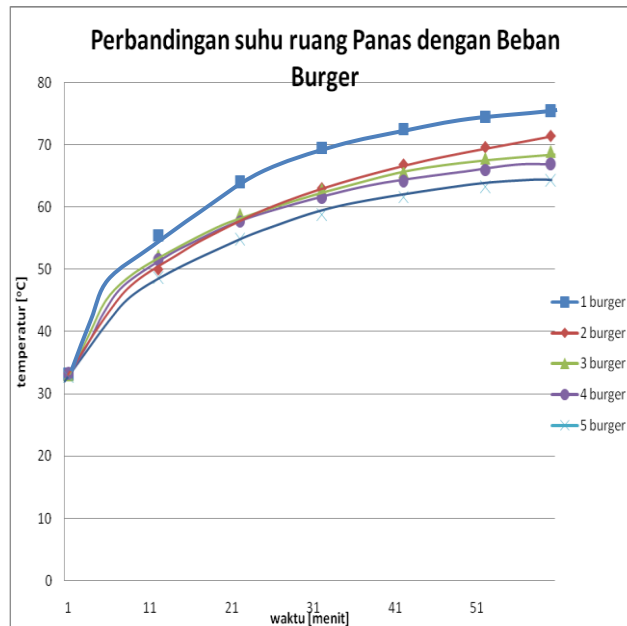


Gambar 4.3. Grafik temperatur kompartemen panas tanpa beban



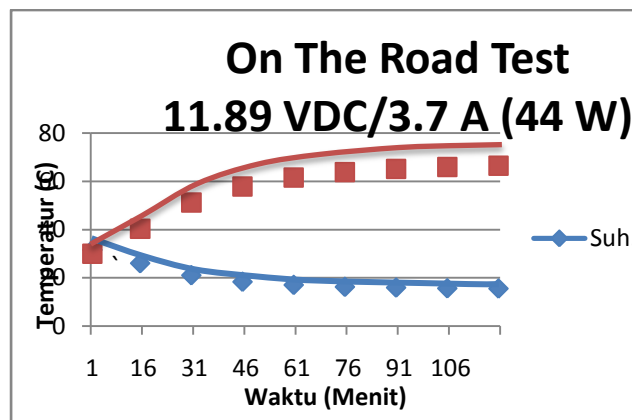
Gambar 4.4. Grafik temperatur kompartemen dingin dengan beban

Pada pengujian pengukuran temperatur di kompartemen dingin dengan beban pendinginan kaleng minuman mulai dari 1, 2, 3, 4, dan 5 buah kaleng, grafiknya dapat dilihat pada Gambar 4.4. Dari grafik tersebut dapat dijelaskan bahwa semakin banyak beban yang diberikan maka temperatur yang dicapai akan semakin tinggi. Range temperatur yang dicapai adalah 16 – 20 °C. Temperatur ini untuk kondisi pendingin masih dirasa kurang. Temperatur yang ideal untuk pendinginan adalah 5 – 8 °C.



Gambar 4.5. Grafik temperatur kompartemen panas dengan beban

Pengujian pengukuran temperatur kompartemen panas dengan beban makanan berupa burger, grafiknya dapat dilihat pada Gambar 4.5. Dari grafik tersebut terlihat bahwa dari kelima beban itu range temperatur yang dicapai adalah 63 – 75 °C. Hasil ini boleh dibilang sangat baik, karena temperatur yang dicapai pada kompartemen panas sudah sesuai dengan standar pemanasan untuk makanan yaitu 60 °C.



Gambar 4.6. Grafik temperatur kompartemen panas dan dingin uji di jalan raya tanpa beban

Gambar 4.6. memperlihatkan temperatur kompartemen panas dan dingin tanpa beban pada saat pengujian/pengukuran dilakukan di jalan raya. Sepeda motor yang digunakan adalah suzuki thunder 125 dengan baterai (*accu*) 12 V. Temperatur pada saat box difungsikan sebagai

pendingin ataupun pemanas memiliki kecenderungan yang sama, dimana tercapai temperatur yang konstan setelah menit ke 60, yaitu 15 °C untuk pendinginan dan 63 °C untuk pemanasan.

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian *cool-hot box* yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Pemberikan daya yang semakin besar terhadap elemen peltier, cenderung diperoleh $\square T$ yang besar, namun hal ini tidak menjamin meningkatnya performa *cool-hot box*.
- Pemberikan daya yang optimal baik untuk pendinginan maupun pemanasan adalah sebesar 21 Watt.
- Untuk kondisi pendinginan belum dicapai hasil yang optimal, diperlukan perbaikan pada sistem isolasi.

6. Daftar Pustaka

- [1] Sugiyanto. "*Pengembangan Cool Box Sepeda Motor dengan Pompa Kalor Thermoelektrik dan Heat pipe.*" skripsi Program Sarjana Fakultas Teknik UI Depok 2008
- [2] Imansyah I.H., Hardi A., M. Kaisar. I., "*Studi Inovasi Cool Box dengan Pompa Kalor Elemen Peltier*", Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin VI, Desember 2007, Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.
- [3] Imansyah I.H., Nandy P., Burhanuddin, "*Studi Eksperimen Elemen Peltier untuk Pendingin Power IC pada Mini Compo*", Jurnal Teknologi FTUI, Maret 2007).
- [4] Nandy Putra, Aziz Oktianto, Idam B, Fery Y, Penggunaan Heatsink Fan Sebagai Pendingin Sisi Panas Elemen Peltier Pada Pengembangan Vaccine Carrier, Jurnal Teknologi, Edisi No. 1 Tahun XXI, Maret 2007 ISSN 0215-1685
- [5] Nandy Putra, Hidayat Axel, "*Pengembangan Alat Uji Kualitas dan Karakteristik Elemen Peltier*" (Depok: Departemen Teknik Mesin FT UI, 2006)
- [6] 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
- [7] 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
- [8] RA Koestoer, M Faradhy, "*Analisa kerja Pendinginan dan Pemanasan Delta Box Berbasis Elemen Peltier sebagai Pompa Kalor*, Jurnal Poros 2005
- [9] Incopera Frank P, Dewitt David P., "*Fundamental of Heat and Mass Transfer*" New York Fifth Edition: John and Sons, 2002.