

# Pengaruh Penambahan Elemen *Peltier* terhadap Kemampuan Menjaga Temperatur Penyimpanan Vaksin dengan Berbahan Dasar Polivinil Klorida (PVC)

<sup>1)</sup>Marleni Margreth Nino, <sup>2)</sup>Ishak Sartana Limbong, <sup>3)</sup>Ben Vasco Tarigan  
<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana  
Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang NTT  
Email: bentarigan77@gmail.com

## ABSTRAK

Pemberian vaksin adalah salah satu cara yang baik untuk memberantas penyakit dan dapat memperpanjang umur dari hewan ternak serta peliharaan sehingga jumlah hasil produksi dan pertumbuhan hewan tersebut menjadi lebih baik. Kendala yang muncul adalah ketika harus membawa vaksin untuk waktu perjalanan  $\pm 2$  jam. Termos es yang biasa digunakan untuk membawa vaksin tidak mampu untuk menjaga kestabilan temperatur vaksin. Salah satu penelitian ini adalah dengan menggunakan elemen *peltier* sebagai pompa kalor. Telah dilakukan pada penelitian sebelumnya tentang pengembangan penggunaan elemen *peltier* ganda sebagai pompa kalor dan *heatsink-fan* sebagai pendingin sisi panas *peltier* untuk menjaga temperatur ruang vaksin pada kisaran temperatur vaksin ( $2-8^{\circ}\text{C}$ ). Adapun pengembangan yang dilakukan pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan elemen *peltier* terhadap kemampuan menjaga temperatur penyimpanan vaksin dengan berbahan dasar polivinil klorida (PVC) yang memiliki konduktivitas panas yang rendah. Penelitian ini menggunakan termokopel dan DAQ (data akuisisi) untuk memonitor suhu perubahan vaksin yang telah dimasukkan ke dalam tabung pembawa vaksin. Dari penelitian ini, peneliti menemukan bahwa suhu vaksin dapat dipertahankan dengan memberikan daya listrik 72 Watt.

**Kata kunci** : vaksin, Elemen *peltier* dan alat pembawa vaksin

## ABSTRACT

*Vaccination is one of important ways to against this is and to make life longer. So, it makes cattle have production higher and grow them better. The problem is when the vaccine should carrier more than two hours. The temperature of vaccine will arise event it carrier with ice box. There are so many research had been done to keep that stabile. One of the researches is using peltier element as a heat pump. It used doable peltier and heat sink-fan to keep vaccine chamber temperature between 2-8 °C. In this research is using double element peltier too to pump heat and using polyvinylchloride(PVC) for vaccine carrier material that have low heat conductivity. We used thermocouple and DAQ to monitor temperature changing of vaccine that had been put in the carrier. From this research we found that temperature of vaccine can be hold between to the allowing temperature when in take power about 72 Watt.*

**Keywords:** vaccine, peltier element and vaccine carrier

## PENDAHULUAN

Dalam mencapai suatu peningkatan perkembangan di dunia peternakan, maka dibutuhkan perhatian khusus untuk mendapatkan hasil yang baik. Selain dapat membantu manusia untuk dapat memperlancar jalannya kegiatan pertanian, hewan ternak juga dapat menghasilkan protein yang baik bagi pertumbuhan anak bangsa. Namun hewan juga mudah untuk diserang oleh berbagai penyakit sehingga dapat menurunkan penghasilan dalam

dunia peternakan, seperti pada hewan sapi, babi, ayam, dan hewan ternak lainnya.

Pemberian vaksin adalah salah satu cara yang baik untuk memberantas penyakit pada hewan ternak seperti sapi, babi, ayam dan juga hewan lainnya karena vaksin merupakan anti *body*. Dengan pemberian vaksin maka akan dapat memperpanjang umur dari hewan ternak dan peliharaan sehingga jumlah hasil produksi dan pertumbuhan hewan tersebut menjadi lebih baik. Vaksin ini sangat rentan karena tidak boleh terkena sinar matahari secara langsung dan tidak boleh dibekukan. Vaksin harus

disimpan pada temperatur tertentu yaitu 2°C - 8°C. Jika tidak disimpan pada temperatur tersebut maka vaksin itu tidak dapat digunakan. Karena itu, alat yang biasa digunakan untuk membawa vaksin adalah termos es yang menggunakan *icepack* untuk mendinginkan vaksin. (Putra Nandy, 2007)

Berdasarkan hasil wawancara dengan dinas peternakan UPT. Veteriner-NTT kendala terberat muncul ketika harus membawa vaksin dengan menempuh perjalanan jauh antara 1-2 jam. Karena itu, kelemahan dari termos es yang menggunakan *icepack* tersebut tidak mampu menjaga temperatur dalam kondisi konstan serta daya tahan pendinginan yang tidak terukur kepastiannya. Seringkali temperatur vaksin setelah perjalanan jauh, melebihi temperatur yang dipersyaratkan sehingga vaksin yang dibawa untuk pemberian anti *body* tidak dapat dipergunakan. Keterbatasan waktu pendinginan inilah merupakan kelemahan utama dalam penggunaan termos es untuk membawa vaksin. Maka dibutuhkan *Vaccine Storage* yang diharapkan mampu menyimpan vaksin untuk pemberian anti *body* pada hewan ternak yang terserang penyakit yang masih berjangkit di NTT dapat ditekan.

Rantai dingin (*cold chain*) adalah suatu prosedur dan perangkat yang digunakan dalam pengiriman atau penyimpanan vaksin mulai dari pabrik pembuatnya sampai saat vaksin diberikan kepada sasaran. Manfaat rantai dingin adalah untuk memperkecil kesalahan penanganan vaksin dengan tujuan memastikan keadaan vaksin yang baik sampai saat digunakan dengan cara menjaga vaksin pada suhu dingin yang ditetapkan. (Putra Nandy, 2007)

Dengan melihat permasalahan yang ada dan kemungkinan solusi dari permasalahan tersebut, maka penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yang menggunakan 2 buah elemen *peltier* sebagai pompa kalor dan berbahan polivinil klorida (PVC). Bahan ini baik untuk mempertahankan temperatur dan bahan ini pun mudah serta murah didapat.

Didasari oleh masalah yang terkandung pada latar belakang diatas, maka penulis melakukan penelitian bagaimana pengaruh

penambahan elemen *peltier* terhadap kemampuan menjaga temperatur penyimpanan vaksin dengan berbahan dasar polivinil klorida (PVC).

Dari uraian latar belakang, maka rumusan masalah yang menjadi objek penelitiannya adalah bagaimana pengaruh tabung penyimpanan vaksin berbahan dasar polivinil klorida (PVC) yang menggunakan elemen *peltier* terhadap kemampuan menjaga temperatur vaksin.

## LANDASAN TEORI

### Cara Penyimpanan Vaksin

Vaksin adalah bahan biologik berupa mikroorganisme baik berupa virus maupun bakteri yang dilemahkan atau dikurangi potensinya (aktivitasnya) bahkan ada yang dimatikan, sehingga tubuh makhluk hidup yang menerima virus atau bakteri tersebut pada saat dilakukan vaksinasi (proses pemberian kekebalan terhadap suatu penyakit tertentu melalui suatu suntikan atau dengan oral). Untuk itu agar bakteri atau vaksin tersebut tetap bertahan hidup, penyimpanan vaksin harus pada temperatur ruang yang rendah. Semua vaksin yang berupa virus hidup disarankan disimpan pada temperatur ruang dibawah nol (kondisi beku), sedangkan semua vaksin yang berupa bakteri, penyimpanannya tidak diperbolehkan pada ruangan dalam keadaan sampai membeku karena akan merusak antigennya selama proses kristalisasi, sehingga tidak bisa digunakan lagi. (Budi Sutrisno, 1999).

Berdasarkan pembahasan diatas bahwa temperatur ruangan sangat penting untuk diperhatikan pada saat penyimpanan vaksin (obat). Karena apabila vaksin atau obat tersebut tidak disimpan pada temperatur atau kondisi pendinginan yang sudah di tentukan maka akan berakibat buruk bagi vaksin atau obat tersebut karena akan menjadi rusak bahkan tidak dapat digunakan. (Budi Sutrisno, 1999).

Setiap obat (vaksin) yang berasal dari bahan biologik harus dilindungi terhadap pengaruh sinar matahari, sebab jika tidak demikian maka obat tersebut akan terjadi kerusakan dalam waktu yang sangat singkat.

Pengaruh kelembaban udara terhadap penyimpanan vaksin relatif sangat kecil dan dapat diabaikan. Kelembaban udara hanya berpengaruh terhadap vaksin yang disimpan secara terbuka atau penutupnya tidak sempurna. (Budi Sutrisno, 1999)

### Perpindahan Kalor Konduksi

Jika pada suatu benda terdapat gradien suhu (*temperature gradient*), maka menurut pengalaman akan terjadi perpindahan energi dari bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah. Kita katakan bahwa energi berpindah secara konduksi atau hantaran dan bahwa laju perpindahan kalor itu berbanding dengan gradien suhu normal.

$$\frac{q}{A} \sim \frac{\partial T}{\partial x}$$

Jika dimasukkan konstanta proporsionalitas atau tetapan ke sebandingan, maka:

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \quad (1)$$

di mana  $q$  ialah laju perpindahan kalor dan  $\delta T/\delta x$  merupakan gradien suhu ke arah perpindahan kalor. Konstanta positif  $k$  disebut konduktifitas atau kehantaran termal benda itu, sedangkan tanda minus diselipkan agar memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir ke tempat yang lebih rendah dalam skala suhu. (J. P. Holman, 1993)

### Konduksi Keadaan Stedi – Satu Dimensi

Proses aliran stedi mempunyai pengertian sebuah proses dimana aliran fluida ketika melalui sebuah volume atur tidak mengalami perubahan terhadap waktu. Sebuah proses aliran stedi bisa dikarakteristikan sebagai berikut :

- Tidak ada properti dalam volume atur yang berubah terhadap waktu, seperti volume (V), massa (m) dan total energi (E).
- Tidak ada properti pada batas volume atur yang berubah terhadap waktu. Artinya tidak ada perubahan terhadap waktu properti pada *inlet* dan *exit*.
- Interaksi panas dan kerja antara sistem aliran stedi dan lingkungan tidak berubah terhadap waktu.

Penerapan hukum Fourier tentang konduksi termal untuk menghitung aliran termal dalam sistem sederhana satu-dimensi. Dalam kategori sistem satu-dimensi ini termasuk berbagai bentuk fisik yang berlainan: sistem-sistem silinder dan bola adalah satu-dimensi bilamana suhu benda hanya merupakan fungsi jarak radial dan tidak tergantung dari sudut azimut atau letak pada poros. (J. P. Holman, 1993:26)

### Sistem Radial – Silinder

Sebuah silinder panjang dengan jari-jari dalam  $r_i$ , jari-jari luar  $r_o$ , dan panjang  $L$ , silinder ini mengalami beda suhu  $T_i - T_o$ ; Untuk silinder yang panjangnya sangat besar dibandingkan dengan diameternya, dapat kita andaikan bahwa aliran kalor berlangsung menurut arah radial, sehingga koordinat ruang yang kita perlukan untuk menentukan sistem itu hanyalah  $r$ . Hukum *Fourier* kita gunakan lagi dengan menyisipkan rumus luas yang sesuai. Luas bidang aliran kalor dalam sistem silinder ialah (J. P. Holman, 1993:29)

$$A_r = 2 \pi r L \quad (2)$$

Sehingga hukum *Fourier* menjadi

$$q_r = -k A_r \frac{dT}{dr} \quad (3)$$

$$q_r = -2\pi k r L_r \frac{dT}{dr} \quad (4)$$

dengan kondisi batas

$$T = T_{in} \quad \text{pada} \quad r = r_i$$

$$T = T_{out} \quad \text{pada} \quad r = r_o$$

Penyelesaian persamaan (4) menjadi

$$q = \frac{2\pi k L (T_i - T_o)}{\ln(r_o / r_i)} \quad (5)$$

Dan tahanan termal dalam hal ini adalah

$$R_{th} = \frac{\ln(r_o / r_i)}{2\pi k L} \quad (6)$$

Konsep tahanan termal dapat juga digunakan untuk dinding lapis-rangkap berbentuk silinder, seperti halnya dengan dinding datar. Untuk sistem tiga-lapis dapat ditulis persamaannya sebagai berikut:

$$q = \frac{2\pi L (T_1 - T_4)}{\ln(r_2 / r_1) / k_A + \ln(r_3 / r_2) / k_B + \ln(r_4 / r_3) / k_C} \quad (7)$$

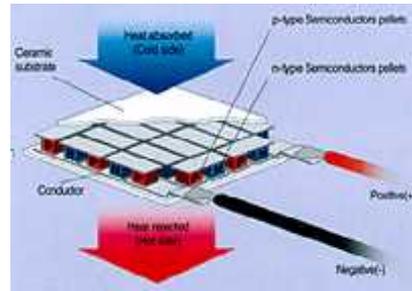
### Konduktivitas Kalor Non-Logam

PVC termasuk bahan plastik yang mana bahan ini termasuk bahan isolator. Bahan isolator yaitu bahan yang memiliki konduktivitas termal yang rendah. Berdasarkan struktur fungsinya, isolasi kalor dapat digolongkan atas 3 bagian (Koestoer, R.A., 2002) yaitu bentuk serat (*fibrous*), bentuk butiran (*granular*) dan bentuk sel (*cellular*). Harga konduktivitas kalor material isolasi berkisar berkisar antara 0,034 – 0,21 W/ m.°C (Kreith, F. 1986:8). Plastik jenis ini mempunyai sifat keras, kuat, tahan terhadap bahan kimia, dan dapat diperoleh dalam berbagai warna. Jenis plastik ini dapat dibuat dari yang keras sampai yang kaku keras. Banyak barang yang dahulu dapat dibuat dari karet sekarang dibuat dari PVC. Penggunaan PVC terutama untuk membuat jas hujan, kantong kemas, isolator kabel listrik, ubin lantai, piringan hitam, *fiber*, kulit imitasi untuk dompet, dan pembalut kabel. (Koestoer, R.A., 2002)

### Prinsip Sistem Pendingin Dengan Efek Peltier

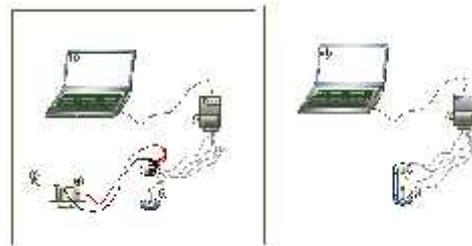
Sistem pendingin dengan efek *peltier* adalah suatu peralatan pendingin yang bekerja berdasarkan Efek *Peltier*, yaitu merubah energi secara langsung dari bentuk energi listrik menjadi bentuk energi kalor dengan menggunakan suatu rangkaian tertutup dari dua buah semikonduktor (*thermoelectric modul*) yang berbeda jenisnya. Dua buah semikonduktor yang berbeda jenis ini biasa disebut dengan semikonduktor tipe-p dan semikonduktor tipe-n. Apabila rangkaian tertutup tersebut dihubungkan ke sebuah sumber arus searah (DC), dimana untuk semikonduktor tipe-p dihubungkan dengan sumber arus searah negatif (-) dan semikonduktor tipe-n dengan arus searah positif (+) sehingga arus listrik searah (DC) mengalir pada rangkaian tertutup tersebut, maka akan terjadi penyerapan kalor oleh salah satu sambungan (*cold junction*) dan terjadi pelepasan kalor oleh sambungan yang lainnya (*hot junction*). Sehingga apabila satu sisi sambungan yang menyerap kalor tersebut ditempatkan pada sebuah ruangan yang

terisolasi (tabung pendingin), maka pada ruang tersebut temperaturnya berangsur-angsur semakin rendah, karena panasnya akan diserap secara terus-menerus hingga ruang tersebut akan menjadi dingin. (Sutrisno, B. 1999).



Gambar 1. Modul Termoelektrik, Sumber: [www.tellurex.com](http://www.tellurex.com)

### PROSEDUR PENELITIAN



Gambar 2. Skema penelitian tanpa dan menggunakan menggunakan elemen *peltier*

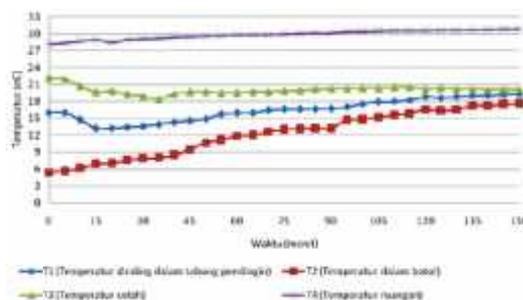


Gambar 3. Model Tabung Vaksin Dengan Menggunakan Elemen *Peltier*

## HASIL PENELITIAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh data pengujian tanpa menggunakan

elemen *peltier* dan dengan menggunakan elemen *peltier* yaitu sisi dingin *peltier* ( $T_c$ ) terhadap bahan PVC yang digunakan, yang ditunjukkan dalam grafik sebagai berikut:



**Gambar 4.** Pengaruh temperatur dalam botol terhadap waktu tanpa menggunakan elemen *peltier* selama 150 menit

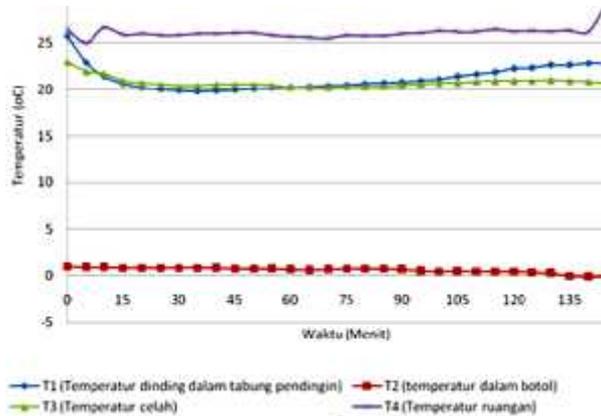
Pada Gambar 4 menunjukkan hubungan antara pengaruh temperatur botol dalam tabung terhadap waktu pendinginan yang terjadi. Pada awalnya temperatur dalam botol sudah didinginkan pada temperatur 5,368 °C. Pada menit ke-60 temperatur didalam botol mulai naik dan terus-menerus pada menit ke-150. Hal ini dikarenakan adanya temperatur lingkungan yang terperangkap didalam tabung pendingin dan temperatur dalam botol ikut bergabung sehingga menyebabkan temperatur dalam tabung pendingin itu ikut naik. Mula-mula temperatur celah dan temperatur tabung isolasi menurun. Hal ini karena pengaruh temperatur tabung pendingin yang menurun sehingga temperatur celah dan tabung isolasi ikut menurun. Tetapi setelah 30 menit temperatur celah dan tabung isolasi naik secara terus-menerus hingga menit ke-150. Hal ini disebabkan karena temperatur udara yang terperangkap dalam tabung pendingin tidak dapat dipertahankan sehingga tabung pendingin melepaskan kalor ke luar melalui perambatan dinding tabung sehingga membuat keadaan dalam celah dan tabung isolator menjadi panas. Dari grafik diatas dapat dijelaskan bahwa tanpa menggunakan elemen *peltier* maka keadaan dalam tabung tersebut tidak dapat mempertahankan temperatur. Dengan konduktivitas bahan yang rendah maka temperatur dalam botol yang terisolasi dalam ruangan juga tidak dapat bersirkulasi dengan baik sehingga temperatur dalam botol juga

cepat naik.

Pada Gambar 5 memperlihatkan pengaruh elemen *peltier* terhadap temperatur dalam botol. Kondisi botol dalam tabung pendingin saat ditambahkan elemen *peltier* maka kondisi temperturnya diasumsikan akan berlangsung dalam keadaan *steady*. Temperatur botol sebelumnya sudah didinginkan sampai temperatur 0,977 °C dan dapat dilihat bahwa temperturnya diasumsikan berlangsung dalam keadaan *steady* selama 150 menit. Dalam hal ini, berarti bahwa elemen *peltier* mampu untuk mempertahankan temperatur yang berada dalam tabung pendingin. Karena konduktivitas termal dari PVC rendah sehingga memperlambat laju perpindahan kalor dari temperatur lingkungan ke dalam tabung. Dapat dilihat juga bahwa pada kondisi temperatur dinding tabung isolasi dan temperatur celah juga ikut turun, ini terjadi karena temperatur tabung pendingin yang tetap dapat mempertahankan temperturnya sehingga temperatur celah dan tabung isolasi menjadi dingin. Hal ini pun dipengaruhi juga oleh panas yang dilepas oleh *heatzink-fan*, dimana dapat melepas kalor dengan baik yang diterima dari  $Q_h$  yang dihasilkan *peltier*. Karena  $T_h$  menurun maka  $T_c$  akan menjadi semakin dingin. Hal ini sesuai dengan karakteristik *peltier* bahwa beda temperatur antara sisi dingin dan sisi panas ( $T$ ) selalu tetap. Dari fenomena yang terjadi, elemen *peltier* memiliki pengaruh yang dominan karena temperatur

dingin ( $T_c$ ) yang dilepas ke dalam tabung pendingin sangatlah besar sehingga mampu mempertahankan temperatur dalam tabung

yang mana kondisi dalam tabung tersebut diasumsikan berlangsung secara *steady*.

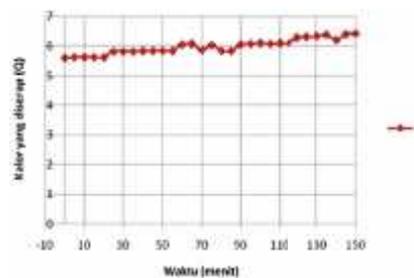


Gambar 5. Pengaruh elemen *peltier* terhadap temperatur dalam botol selama 150 menit

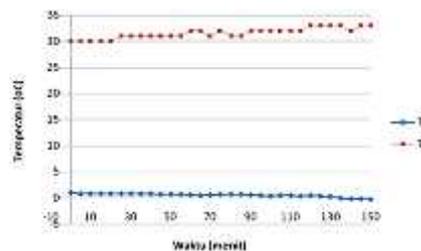
Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan bahwa elemen *peltier* dapat mempertahankan temperatur dalam tabung. Adapun sistem kerja elemen *peltier* sendiri dimana dua buah semikonduktor dengan tipe-p dan tipe-n yang dihubungkan ke sebuah sumber arus searah (DC), dimana untuk tipe-p pada kutub negatif (-) dan tipe-n pada kutub positif (+) maka terjadi arus listrik searah (DC) yang mengalir pada rangkaian tertutup tersebut. Ini mengakibatkan akan terjadi penyerapan kalor oleh salah satu sambungan (*cold junction*) dan terjadi pelepasan kalor oleh sambungan yang lainnya (*hot junction*), sehingga apabila sisi dingin yang ditempatkan pada sebuah ruangan yang terisolasi (tabung pendingin), maka pada ruang tersebut temperaturnya berangsur-angsur akan semakin rendah, karena panas akan diserap secara terus-menerus hingga ruang tersebut akan menjadi dingin.

Gambar 7 menunjukkan sedikit perubahan temperatur dalam tabung pendingin. Pada kondisi awal elemen *peltier* sebagai pompa kalor menyerap kalor yang masuk ke dalam tabung pendingin dan menyerap kalor yang sudah ada di dalam tabung pendingin. Setelah beberapa menit, ketika kalor dalam tabung pendingin itu sudah terserap, kalor diserap adalah kalor yang masuk menuju tabung tersebut sehingga temperatur dalam botol tersebut berangsur-angsur menurun.

Seperti diketahui bahwa bahan tabung yang digunakan adalah bahan yang memiliki nilai konduktivitas termal yang rendah sehingga bahan ini memperlambat perambatan panas yang akan mengalir kedalam tabung. Bahan polivinil klorida (PVC) juga termasuk bahan non-logam yang hanya mempunyai sedikit elektron bebas.



Gambar 6. Kalor yang diserap ( $Q$ ) oleh elemen *peltier* terhadap waktu



Gambar 7. Temperatur dalam botol terhadap waktu selama 150 menit

Selain elemen *peltier* dan tabung, juga digunakan *heatsink-fan* untuk menambah luasan perpindahan panas. Kalor yang dibuang dari sisi panas *peltier* harus cepat dibuang oleh *heatsink-fan* sehingga kalor yang dibuang itu lambat keluar sehingga dapat menaikkan temperatur dalam tabung. Dalam proses pembuangan panas dari *heatsink-fan* ini pun tidak boleh membiarkan sedikit celah pada tabung, apabila ada udara luar yang masuk dan terperangkap didalam tabung maka temperatur dalam tabung tersebut akan bercampur dengan temperatur lingkungannya yang masuk dan akhirnya temperatur dalam tabung akan naik secara perlahan-lahan.

#### KESIMPULAN

Dari hasil eksperimen dan analisa data yang telah dilakukan, tabung pendingin berbahan dasar polivinil klorida (PVC) yang menggunakan elemen *peltier* sebagai komponen pendingin mampu mempertahankan temperatur vaksin dalam tabung pendingin, dimana:

- Tabung pendingin berbahan dasar polivinil klorida (PVC) mampu menjaga temperatur vaksin pada batasan temperaturnya. Hal ini dibuktikan selama 45 menit temperatur vaksin berubah hanya 3 °C dari 5 °C ke 8 °C.
- Tabung pendingin berbahan dasar polivinil klorida (PVC) yang menggunakan modul termoelektrik dapat digunakan sebagai tabung pendingin karena mampu mempertahankan temperatur vaksin dalam tabung pendingin dengan baik. Setelah dilakukan pengujian selama 150 menit, tabung pendingin tersebut mampu bertahan dengan temperatur 0 °C.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Danardono., Putra, N., Veranika, R.M., 2008. Perancangan Dan Pengembangan *Vaccine Carrier Box* Menggunakan Model *Design For Assembly (DFA)*. Jurnal Teknologi, Edisi No. 1. Tahun XXII (9 – 14). [Danardono.s@ui.edu](mailto:Danardono.s@ui.edu).
- [2] Djafar, Z., Putra, N., Koestoer, R.A., 2010. Kajian Eksperimental Pengembangan Generator Termoelektrik Sebagai Sumber Listrik. SNTTM ke-9, Palembang.
- [3] Holman, J.P., terj. E. Jasjfi., 1993. Perpindahan Kalor. Erlangga, Jakarta.
- [4] Koestoer, R.A., 2002. Perpindahan Kalor. Salemba Teknik, Jakarta.
- [5] Kreith, Frank., Prijono, A, M.Sc., 1986. Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas, edisi ketiga. Erlangga, Jakarta.
- [6] Putra, N., Oktrianto, A., Bariyanto, I., Yusifar, F., 2007. Penggunaan Heatsink-Fan Sebagai Pendingin Sisi Panas Elemen Peltier Pada Pengembangan *Vaccine Carrier*. Jurnal Teknologi, Edisi No. 1. Tahun XXI (24 – 31). [nandyputra@eng.ui.ac.id](mailto:nandyputra@eng.ui.ac.id).
- [7] Sutrisno, B., 1999. Kajian Penerapan Kotak Pendingin Dengan Efek Peltier Sebagai Penyimpan Vaksin Di Bidang Kesehatan Untuk Puskesmas Di Daerah Terpencil. Tesis, Universitas Indonesia, Jakarta.
- [8] Wahono, D.R., Arjadi, H., Tjahyono, H., 2000. Optimalisasi Pada Suhu Ruang Pendingin Vaksin Yang Digerakkan Dengan Tenaga Panas. Prosiding Simposium Fisika Nasional XVIII (104 – 111).
- [9] [www.tellurex.com](http://www.tellurex.com) (diakses tanggal 02 Februari 2011, Gambar)