

## **Analisa Perpindahan Kalor Pada Alat Pembawa Vaksin (*Vaccine Carrier*) Berbentuk Kotak Dengan Bahan Dasar Komposit *Fiberglass* Menggunakan 1 Element *Peltier* Tipe Tec.12706**

Dalvon B. Amung<sup>1)</sup>, Ben V. Tarigan<sup>1)</sup>, Gusnawati<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana  
Jl. Adi Sucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380) 881597

Email : [ljtmu@undana.ac.id](mailto:ljtmu@undana.ac.id)

### **Abstrak**

Penelitian dengan judul “Analisa Perpindahan Panas pada Alat Pembawa Vaksin (*Vaccine Carrier*) Berbentuk Kotak dengan Bahan Dasar Komposit *Fiberglass* Menggunakan 1 Elemen *Peltier*” bertujuan untuk mengetahui analisa perpindahan panas. Penelitian yang dilakukan dengan membedakan antara kotak *non casing* dan *in-door* dan *out-door* serta dengan memvariasikan tegangan input 12.1V, 14.5V, 15.4V, serta 17.3V ini menghasilkan data bahwa penambahan *casing* komposit *fiberglass* mampu meningkatkan efisiensi pendinginan sebesar 0.37988%, serta dengan input listrik dengan tegangan 12.1 V dan arus 3.58 ampere dengan kondisi pengambilan data *in-door* menghasilkan kerja yang optimal dengan nilai COP sebesar 0.003794.

**Kata kunci:** *Vaksinasi, Vaccine Carrier, Peltier, Komposit, Fiberglass, Styrofoam.*

### **Abstract**

*The study entitled "Analysis of Heat Transfer on the Tools Carrier Vaccine (Vaccine Carrier) Shaped Box with Fiberglass Composite Material Using Peltier Element 1" aims to determine the heat transfer analysis. Research conducted by distinguishing between non-casing and in-casing boxes. in-door and out-door and by varying the input voltage of 12.1V, 14.5V, 15.4V, and 17.3V this results in data that the addition of fiberglass composite casing can increase cooling efficiency by 0.37988%, as well as with electrical input with a voltage of 12.1 V and current of 3.58 amperes with the condition that in-door data retrieval produces optimal work with a COP value of 0.003794.*

**Keyword:** *Vaccination, Vaccine Carrier, Peltier, Composite, Fiberglass, Styrofoam*

## **PENDAHULUAN**

Sebagai salah satu daerah penghasil dan pengekspor ternak di Indonesia, provinsi Nusa Tenggara Timur diharapkan mampu menjaga kualitas ternaknya. Salah satu aspek utama yang harus diperhatikan adalah kesehatan dari ternak tersebut, dan sebagai langkah awal untuk menjaga kualitas kesehatan ternak sejak lahir maka dilaksanakanlah satu kegiatan vaksinasi untuk memberikan antibodi kepada ternak agar ternak tidak mudah terserang penyakit. Salah satu kendala yang sering dihadapi adalah lokasi peternakan yang sangat jauh dari jangkauan kelistrikan dan juga fasilitas jalan raya yang sangat minim. Sehingga dibutuhkan sesuatu yang mampu membawa dan mampu menjaga kondisi vaksin agar tidak rusak sampai pada saat vaksin diberikan kepada ternak.

*Vaccine Carrier* merupakan alat yang dipergunakan untuk menyimpan dan membawa

vaksin. Teknologi perkembangan penggunaan *vaccine carrier* saat ini sudah sangat banyak dan berkembang di Indonesia.

Hal ini dilakukan untuk melancarkan pendistribusian vaksin yang akan digunakan dalam pelaksanaan kegiatan imunisasi kepada hewan. *Vaccine carrier* digunakan untuk menjaga temperatur hidup vaksin yakni antara 2° – 8°C (Nandy Putra, 2005). Biasanya untuk menjaga temperatur vaksin saat didistribusikan digunakan teknologi *Icepack* untuk mendinginkan ruangan vaksin namun teknologi ini tidak terlalu efektif karena menggunakan es batu sebagai media pendingin yang mana pada waktu tertentu es akan mencair dan temperatur vaksin akan naik sehingga dapat merusak vaksin. Kendala atau masalah yang sering dijumpai adalah ketika vaksin harus didistribusikan ke daerah-daerah pedalaman yang jauh dan tidak tersedia listrik serta infrastruktur jalan yang memadai. Untuk itu,

dikembangkan *vaccine carrier* yang menggunakan elemen *peltier* untuk menghasilkan dan menjaga temperatur tabung vaksin agar rantai dingin (*Cold Chain*) tetap terjaga sampai pada saat vaksin akan digunakan.

Elemen *peltier* merupakan salah satu alat yang jika dua penghantar atau semikonduktor yang berbeda jenis dihubungkan dan dialiri arus listrik searah maka salah satu sambungan akan menyerap kalor dan sambungan yang lain akan melepas kalor.

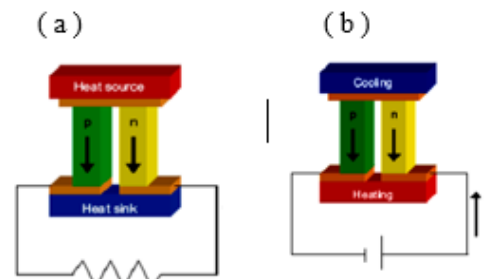
Kebanyakan teknologi modern memerlukan bahan dengan kombinasi sifat-sifat yang luar biasa yang tidak dapat dicapai oleh bahan-bahan lazim seperti logam besi, keramik, dan bahan polimer. Komposit serat *fiber* satunya, merupakan suatu bahan yang sangat diminati saat ini selain kuatkomposit ini juga memiliki nilai konduktivitas termal yang sangat baik sehingga penulis tertarik melakukan penelitiandengan judul “Analisa Perpindahan Kalor pada Alat Pembawa Vaksin (*Vaccine Carrier*) Berbentuk Kotak Berbahan Dasar Komposit *Fiberglass* dengan Menggunakan 1 Elemen *Peltier* Tipe TEC.12706”

## TINJAUAN PUSTAKA

### Termoelektrik

Prinsip kerja bahan termoelektrik adalah berdasarkan *efek Peltier* (produksi dari gradien temperatur oleh arus listrik), *efek Seebeck* (konversi langsung gradien temperatur menjadi arus listrik atau daya listrik), dan *efek Thomson* (pendinginan atau pemanasan dari sebuah konduktor pembawa arus oleh sebuah gradien temperatur). Hal ini memberikan banyak keuntungan dari pemakaian bahan termoelektrik bagi aplikasi *device* semikonduktor dan elektronik lain karena merupakan refrigerator bahan-padat (*solid-state refrigerator*) yaitu tanpa adanya bagian-bagian yang bergerak atau bervibrasi, performa yang baik berhubungan dengan kemampuannya untuk melokalisasi spot pendinginan, bersifat ramah lingkungan, dan dapat dengan mudah digunakan dalam teknologi untuk menangkap panas atau untuk konversi energi. *Device thermoelektrick* secara umum terdiri dari dua material termoelektrik yang

berbeda jenis (tipe-n dan tipe-p) yang saling terhubung satu sama lain membentuk sebuah *junction*. Elemen-elemen tersebut dihubungkan seri secara elektrik dan paralel secara termal yang dapat dipakai sebagai *device generator* daya dan pompa panas, seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.1. Dapat disebutkan secara singkat bahwa prinsip kerja generator daya adalah dengan memberikan sebuah gradien termal sehingga arus listrik akan mengalir dari satu bahan ke bahan yang lain, sedangkan prinsip kerja dari pompa panas adalah melewati sebuah arus listrik melalui *junction* sehingga akan dihasilkan pendinginan pada bahan.

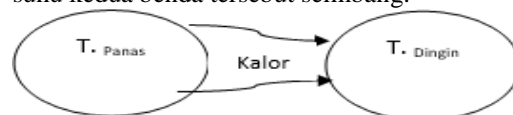


Gambar 1. Prinsip kerja *device thermoelektrick* sebagai: (a) generator daya, dan (b) pompa panas. I adalah arus listrik.

( Sumber: Jurnal Material dan Energi Indonesia Vol. 01, No. 01 (2011) )

### Kalor

Kalor adalah energi yang berpindah akibat perbedaan suhu. Panas bergerak dari daerah bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu rendah. Setiap benda memiliki energi dalam yang berhubungan dengan gerak acak dari atom-atom atau molekul penyusunnya. Energi dalam ini berbanding lurus terhadap suhu benda. Ketika dua benda dengan suhu berbeda bergandengan, mereka akan bertukar energi internal sampai suhu kedua benda tersebut seimbang.



Gambar 2. Skema perpindahan kalor antar kedua benda

( Sumber: Buchori “Perpindahan kalor” )

Dari hasil percobaan yang sering

dilakukan besar kecilnya kalor yang dibutuhkan suatu benda(zat) bergantung pada 3 faktor :

- 1) massa zat
- 2) jenis zat (kalor jenis)
- 3) perubahan suhu.

Sehingga secara matematis dapat dirumuskan seperti yang ditulis pada :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

dimana :

Q : kalor yang dibutuhkan (J)

m : massa benda (kg)

c : kalor jenis (J/kg.<sup>0</sup>C)

$\Delta T$  : perubahan suhu (<sup>0</sup>C)

### Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor (*heat transfer*) merupakan ilmu yang mempelajari tentang perpindahan energi karena adanya perbedaan temperatur di antara benda atau material. Energi yang berpindah disebut sebagai kalor yang berpindah dari temperatur tinggi ke temperatur rendah.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan, perpindahan kalor dibagi dalam beberapa golongan cara perpindahan.

1. Kalor dapat berpindah dari satu bagian ke bagian yang lain melalui zat atau benda yang diam (konduksi)
2. Kalor juga dapat di bawah oleh partikel zat yang mengalir (konveksi)
3. Dan kalor berpindah melalui pancaran (Radiasi).

### Konduktivitas Termal

Konduksi termal merupakan fenomena perpindahan kalor dari suatu substansi bersuhu tinggi ke suhu yang lebih rendah. Sifat ini menunjukkan kemampuan suatu material untuk memindahkan panas atau yang lebih sering disebut sebagai konduktivitas termal. Besarnya panas yang dipindahkan di ketahui melalui persamaan berikut:

$$q = -k \frac{dT}{dx}$$

dimana :

q : aliran panas (W)

k : konduktivitas termal ( W/m.K)

dT : perubahan temperatur (<sup>0</sup>C)

x : panjang lintasan (m)

### Komposit Fiber Glass

Komposit adalah material yang tersusun atas campuran dua atau lebih material dengan sifat kimia dan fisika berbeda, dan menghasilkan sebuah material baru yang memiliki sifat-sifat berbeda dengan material-material penyusunnya. Dalam industri dibutuhkan material yang memiliki sifat-sifat istimewa yang sulit didapat dari logam. Komposit merupakan material alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Material komposit adalah gabungan dari penguat (*reinforced*) dan matriks. Kelebihan material komposit jika dibandingkan dengan logam adalah perbandingan kekuatan terhadap berat yang tinggi, kekakuan, ketahanan terhadap korosi dan lain-lain.

Khusus untuk *fiberglass*, bahan ini sudah sejak lama digunakan secara luas terutama untuk bidang konstruksi. Untuk bidang konstruksi *fiberglass* sangat cocok mengingat sifat konstruksinya yang sangat kuat dan ringan. Contoh penggunaan *fiberglass* dalam bidang ini adalah digunakan sebagai bahan konstruksi untuk pembuatan kapal ikan. Selain digunakan dalam bidang konstruksi, *fiberglass* juga digunakan dalam bidang pengisolasian. Selain mempunyai sifat konstruksi yang kuat, *fiberglass* juga mempunyai sifat-sifat lain yang mendukung untuk digunakan dalam bidang pengisolasian. Sifat-sifat itu adalah kedap air, kedap udara, mempunyai konduktivitas termal yang kecil dimana sifat ini merupakan syarat agar suatu bahan bisa dijadikan isolator yang baik.

### Perpindahan Kalor Konduksi

Kalor dari satu bagian bertemperatur tinggi akan mengalir melalui zat benda itu ke bagian lain yang bertemperatur lebih rendah. Perpindahan kalor konduksi adalah proses perpindahan kalor yang terjadi tanpa disertai dengan perpindahan, partikel-partikel dalam zat itu, contoh: zat padat yang dipanaskan. Berdasarkan kemampuan kemudahannya menghantarkan kalor, zat dapat dibagi menjadi: konduktor yang mudah dalam menghantarkan kalor dan isolator yang lebih sulit dalam menghantarkan kalor. Contoh konduktor adalah aluminium, logam besi, dan sebagainya, sedangkan contoh isolator adalah plastik, kayu,

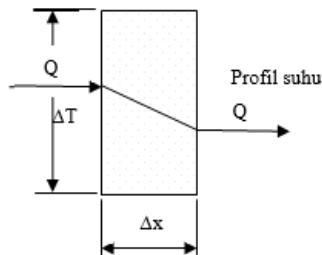
kain, dan lain-lain.

Laju perpindahan kalor konduksi dikenal juga dengan hukum Fourier (*Fourier's Laws*) dimana laju perpindahan kalor konduksi sebanding dengan beda temperatur dan luasan perpindahan kalornya.

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

dimana :

- q : laju perpindahan kalor (W)
- K : Konduktivitas termal (W/ m.°C)
- A : Luas Penampang (m<sup>2</sup>)
- dT/dx : gradient suhu yaitu laju perubahan suhu dalam aliran arah x



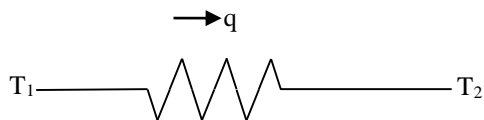
Gambar 3. Perpindahan kalor pada plat (Sumber : Buchori "Heat Transfer")

Berdasarkan hukum Fourier yang menyatakan persamaan dapat diuraikan persamaannya sebagai berikut:

$$q = -kA \frac{dT}{dx} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \rightarrow q = -\frac{\Delta T}{\Delta x/kA}$$

Bila di analogikan dalam analogi listrik hukum Ohm maka laju aliran merupakan perbandingan antara potensial terhadap tahanan yang di berikan

$$I = \frac{V}{R} \cong q = -\frac{\Delta T}{\Delta x/kA}$$

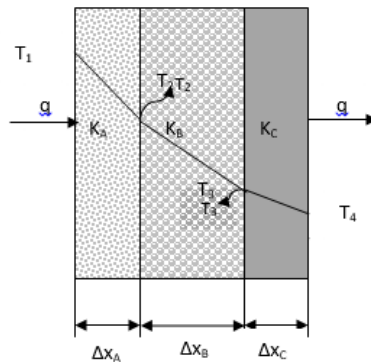


$$q = \frac{\Delta T}{R} = -\frac{(T_2 - T_1)}{\Delta x/kA}$$

$$q = \frac{\Delta T}{R} = \frac{(T_1 - T_2)}{\Delta x/kA}$$

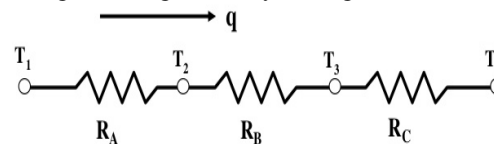
Apabila aliran panas akan melewati dinding yang memiliki bahan yang berlapis-

lapis dengan bahan yang berbeda-beda seperti yang terlihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Dinding dengan 3 lapisan bahan yang berbeda (Sumber: Kreith; 1976)

Dengan analogi listriknya sebagai berikut :



Persamaan aliran untuk seluruh bidang datar adalah:

$$q = \frac{\Delta T_{Menyeluruh}}{\Sigma R_{Th}}$$

Dimana  $R_{Th}$  adalah jumlah tahanan termal, dan untuk bahan yang disusun seri  $R_{Th}$ -nya adalah  $R_A + R_B + R_C + \dots$  sehingga persamaannya menjadi:

$$q = \frac{\Delta T}{R_A + R_B + R_C}$$

$$q = \frac{\Delta T}{\left(\frac{\Delta x_A}{K_A \cdot A}\right) + \left(\frac{\Delta x_B}{K_B \cdot A}\right) + \left(\frac{\Delta x_C}{K_C \cdot A}\right)}$$

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Keterangan :

Q : Jumlah panas yang dipindahkan (Watt)

A : Luas Permukaan (m<sup>2</sup>)

U : Koefisien perpindahan kalor menyeluruh (W/K)

$\Delta T$  :Perbedaan temperatur (°C)

Harga koefisien perpindahan panas total (U) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$U = \frac{1}{R_{th1} + R_{th2} + R_{th3} + \dots + R_{thn}}$$

Keterangan:

U : Koefisien perpindahan kalor menyeluruh (W/K)

R<sub>th1</sub> : Tahanan termal material pertama (K/W)

R<sub>th2</sub> : Tahanan termal material kedua (K/W)

R<sub>th3</sub> : Tahanan termal material ketiga (K/W)

### Efisiensi Refrigerasi (COP- Coefficient Of Performance)






Suatu pengukuran keefektian dari sebuah refrigerator adalah koefisien prestasi (COP- *Coefficient of Performance*) didefinisikan sebagai energi yang dibuang dari sumber dibagi dengan kerja yang diperlukan untuk membuang sejumlah energy seperti yang terlihat pada persamaan berikut:

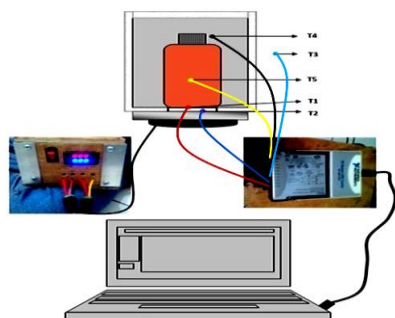
$$COP = \frac{Q(\text{kalar yang diserap})}{P(\text{daya listrik untuk menghasilkan kerja})}$$

### METODE PENELITIAN

#### Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilaksanakan sebagai berikut:

1. Mempersiapkan *vaccine carrier* dan peralatan yang diperlukan.
2. Memasang thermokopel pada 5 titik yang berbeda dengan rincian sebagai berikut:
  - a.  T1 adalah temperatur sisi dingin peltier (T<sub>c</sub>).
  - b.  T2 adalah temperatur sisi panas peltier (T<sub>h</sub>)
  - c.  T3 adalah temperatur lingkungan (T<sub>lkg</sub>)
  - d.  T4 adalah Temperatur ruang vaksin (T<sub>rg</sub>)
  - e.  T5 adalah temperatur vaksin botol (T<sub>rg</sub>)



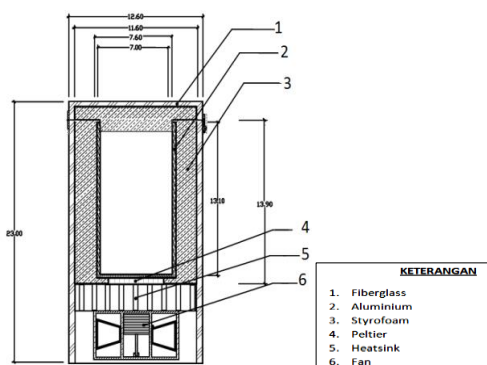
Gambar 5. Skema Pengambilan Data

(Sumber : Doc. Penelitian)

3. Mengamati perubahan temperatur pada lima titik termokopel yang tercatat secara otomatis melalui DAQ (data akuisisi) dan di tampilkan pada monitor komputer.
4. Pengamatan dilakukan dengan sample periode 3 sekon selama 30 menit pengambilan data
5. Hal ini juga dilakukan untuk pengambilan data pada arus 12 Volt, 14.6 Volt, 15.4 Volt, dan 17.3 Volt.

### Dimensi Vaccine Carrier

Kotak pembawa vaksin (*Vaccine Carrier*) terdiri dari dua material isolator yakni *styrofoam* sebagai bahan isolator paling dalam dan komposit *fiberglass* sebagai isolator paling luar dan juga berfungsi sebagai *casing* dari kotak vaksin itu sendiri. Lapisan terdalam kotak vaksin menggunakan material aluminium dengan ketebalan ( $\Delta x_1$ ) 0.003 m memiliki ukuran panjang (P<sub>1</sub>) 0.135 m, lebar (L<sub>1</sub>) 0.076 m. Untuk isolator pertama yakni *styrofoam* memiliki ketebalan ( $\Delta x_2$ ) 0.02 m dengan panjang (P<sub>2</sub>) 0.135 m, lebar (L<sub>2</sub>) 0.076 m. Untuk isolator kedua yaitu komposit *fiberglass* memiliki ketebalan ( $\Delta x_3$ ) 0.005 m, dengan panjang (P<sub>3</sub>) 0.139 m, lebar (L<sub>3</sub>) 0.076 m. (Gambar *vaccine carrier* lampiran 1)

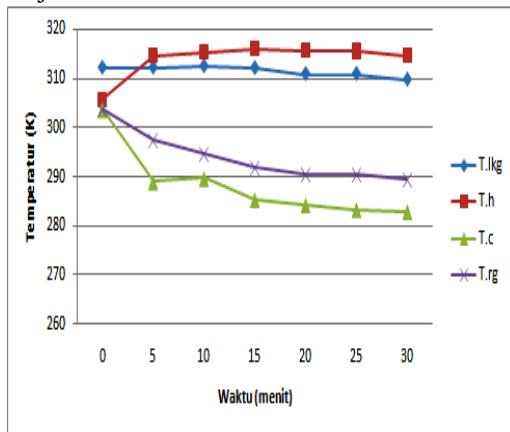


KETERANGAN	
1.	Fiberglass
2.	Aluminium
3.	Styrofoam
4.	Peltier
5.	Heatsink
6.	Fan

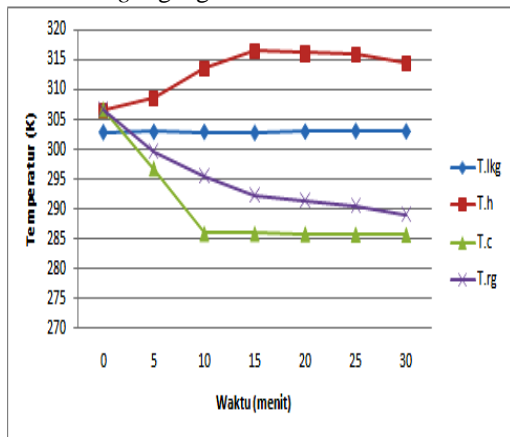
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian lapangan yang telah dilaksanakan diperoleh data lapangan kotak vaksin dengan memanfaatkan efek *peltier* dari elemen *peltier* sebelum diberi *casing*, dan setelah diberi *casing* komposit *fiberglass* dengan memvariasikan tegangan yakni 12.1

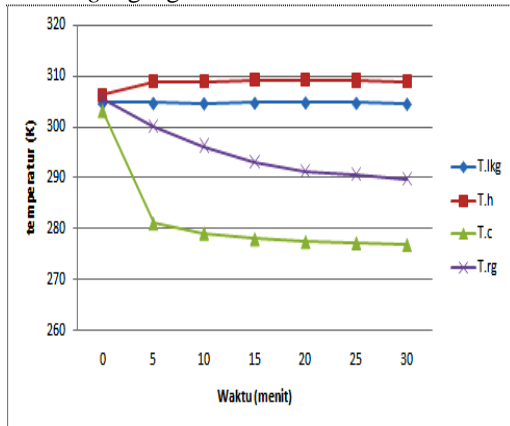
volt, 14.6 volt, 15.4 volt, dan 17.3 volt yang di tunjukkan dalam tabel berikut:



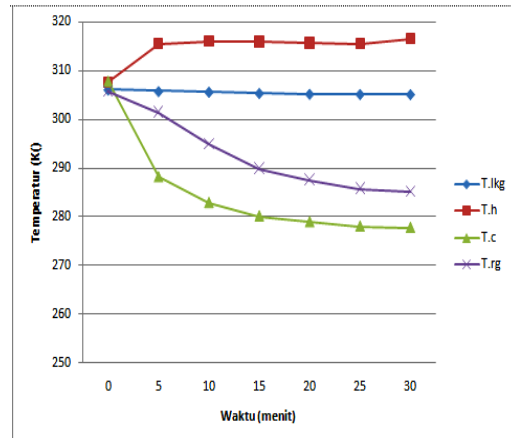
Gambar 6. Grafik perubahan temperatur kotak non casing tegangan 12.1 volt kondisi in door



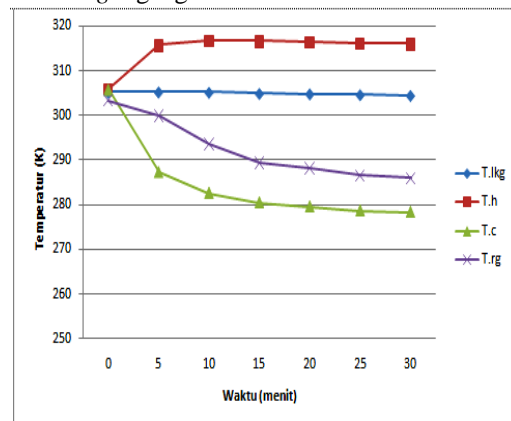
Gambar 8. Grafik perubahan temperatur kotak casing tegangan 12.1 volt kondisi out door



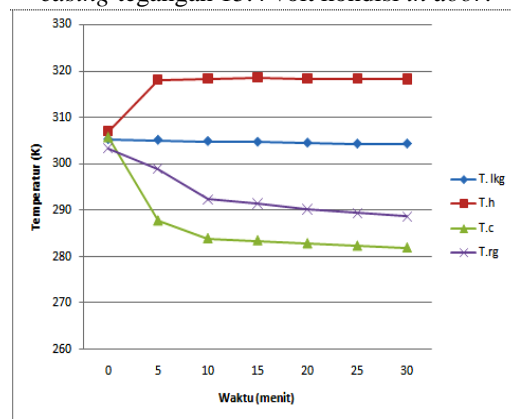
Gambar 10. Grafik perubahan temperatur kotak casing tegangan 12.1 volt kondisi in door



Gambar 7. Grafik perubahan temperatur kotak casing tegangan 14.6 volt kondisi in door.



Gambar 9. Grafik perubahan temperatur kotak casing tegangan 15.4 volt kondisi in door.



Gambar 11. Grafik perubahan temperatur kotak casing tegangan 17.3 volt kondisi in door.

### Perhitungan luas bidang aliran ( $A_f$ )

Dari persamaan 10 dapat dihitung luas bidang aliran kalor pada plat datar (A).

$$A = \text{Panjang (m)} \times \text{Lebar (m)}$$

Untuk bahan dengan material komposit fiberglass

$$\begin{aligned} A_3 &= 0.139 \text{ m} \times 0.076 \text{ m} \\ &= 0.010564 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk bahan dengan material styrofoam

$$\begin{aligned} A_2 &= 0.135 \text{ m} \times 0.076 \text{ m} \\ &= 0.01026 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk bahan dengan material aluminium:

$$\begin{aligned} A_1 &= 0.135 \text{ m} \times 0.076 \text{ m} \\ &= 0.01026 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

#### Perhitungan tahanan termal ( $R_{th}$ )

Dari persamaan 14 dapat dihitung tahanan termal ( $R_{th}$ ) pada kotak vaksin tersebut adalah:

$$R_{th} = \frac{\Delta x}{K \cdot A}$$

$$\begin{aligned} R_{th1} (\text{Fiberglass}) &= \frac{0.005 \text{ m}}{0.04 \text{ W/m.K} \times 0.010564 \text{ m}^2} \\ &= \frac{0.005 \text{ m}}{0.00042256 \text{ Wm/K}} \\ &= 11.83263915 \text{ K/W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{th2} (\text{Styrofoam}) &= \frac{0.02 \text{ m}}{0.033 \text{ W/m.K} \times 0.01026 \text{ m}^2} \\ &= \frac{0.02 \text{ m}}{0.00033858 \text{ Wm/K}} \\ &= 59.07023451 \text{ K/W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{th3} (\text{Aluminium}) &= \frac{0.003 \text{ m}}{205.0 \text{ W/m.K} \times 0.01026 \text{ m}^2} \\ &= \frac{0.003 \text{ m}}{2.1033 \text{ Wm/K}} \\ &= 0.001426330053 \text{ K/W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{th4} (\text{konv.}_{nc}) &= \frac{1}{h \cdot A} \\ &= \frac{1}{4.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 0.01026 \text{ m}^2} \\ &= \frac{1}{0.04617 \text{ W/K}} \\ &= 21.65908599 \text{ K/W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{th4} (\text{konv.}_{nc}) &= \frac{1}{h \cdot A} \\ &= \frac{1}{4.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 0.010564 \text{ m}^2} \\ &= \frac{1}{0.047538 \text{ W/K}} \\ &= 21.03580294 \text{ K/W} \end{aligned}$$

Jadi aliran pada seluruh bidang datar di hitung menggunakan persamaan 13 sebagai berikut :

$$q = \frac{\Delta T_{\text{Menyeluruh}}}{\Sigma R_{Th}}$$

Aliran panas diseluruh bidang datar pada kotak vaksin sebelum diberi casing

$$\begin{aligned} q_{nc} &= \frac{303 \text{ K} - 289.85 \text{ K}}{80.73074683 \text{ K/W}} \\ &= 0.162887134 \text{ W} \end{aligned}$$

Aliran panas diseluruh bidang datar pada kotak vaksin sesudah diberi casing

$$\begin{aligned} q_c &= \frac{304.5 \text{ K} - 289.15 \text{ K}}{91.94010293 \text{ K/W}} \\ &= 0.166956524 \text{ W} \end{aligned}$$

#### Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh (U)

Setelah melakukan perhitungan luas bidang aliran kalor pada sistem plat datar, dan tahanan thermalnya, maka kita juga dapat menghitung koefisien perpindahan kalor menyeluruh berdasarkan persamaan 16. Perhitungan koefisien perpindahan kalor menyeluruh pada kotak vaksin yang belum diberi casing.

$$\begin{aligned} U_{nc} &= \frac{1}{R_{th1} + R_{th2} + R_{th3}} \\ &= \frac{1}{80.73074683 \text{ K/W}} \\ &= 0.012386854 \text{ W/K} \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien perpindahan kalor menyeluruh pada kotak vaksin yang sudah diberi casing.

#### Kalor yang dipompa (Q)

Berdasarkan hasil pengambilan data kotak pembawa vaksin (vaccine carrier) sebelum di-casing dan setelah di-casing adalah



Sebelum di-casing

$$U_c = \frac{1}{R_{th1} + R_{th2} + R_{th3} + R_{th4}}$$

$$= \frac{1}{91.94010293K/W}$$

$$= 0.010876646 W/K$$

$$Q = \Delta T \times U$$

$$= (303 K - 289.85 K) \times 0.012386854 W / K$$

$$= 13.15 K \times 0.012386854 W / K$$

$$= 0.162887134 W$$

Sesudah di-casing

$$Q = \Delta T \times U$$

$$= (304.5K - 289.15K) \times 0.010876646 W / K$$

$$= 15.35 K \times 0.010876646 W / K$$

$$= 0.166956524 W$$

Daya (P) listrik yang digunakan untuk menghasilkan kerja adalah sebagai berikut:

$$P = V \times I$$

$$= 12 Volt \times 3.5 Ampere$$

$$= 42 Watt$$

Untuk nilai perbandingan antara kalor yang dipompa dan input listrik yang digunakan adalah:

$$\eta = \frac{\text{Kalor yang diserap}}{\text{Daya yang digunakan}} \times 100\%$$

$$\eta_{nc} = \frac{0.162887134 W}{42 w} \times 100\%$$

$$\eta_{nc} = 0.38782651 \%$$

Jadi rasio yang di dapat dari kotak vaksin yang belum diberi casing adalah 0.38782651 %

$$\eta_c = \frac{0.166956524 W}{42 w} \times 100\%$$

$$\eta_c = 0.397515533\%$$

Sedangkan untuk kotak vaksin yang telah diberi casing rasio yang di dapat adalah 0.397515533%

### Coefficient Of Performance

Dari keseluruhan hasil perhitungan yang di dapat maka untuk mengetahui nilai COP perpindahan kalor di dalam kotak vaksin digunakan rumus :

COP

$$= \frac{Q(\text{kalor yang diserap})}{P(\text{daya listrik untuk menghasilkan kerja})}$$

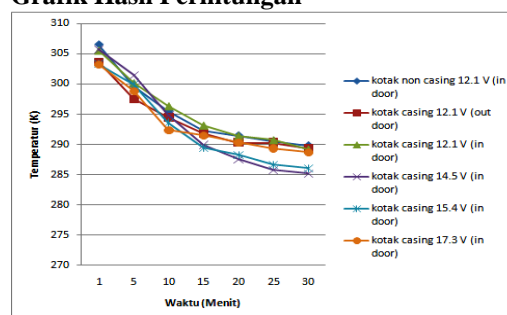
Nilai COP dari kotak vaksin sebelum dicasing

$$COP_{nc} = \frac{0.162887134 W}{42W} = 0.00387826502$$

Nilai COP dari kotak vaksin sesudah dicasing

$$COP_c = \frac{0.166956524 W}{42W} = 0.003975155333$$

### Grafik Hasil Perhitungan



Gambar 12. Grafik penurunan temperatur kotak vaksin selama 30 menit dengan variasi input tegangan

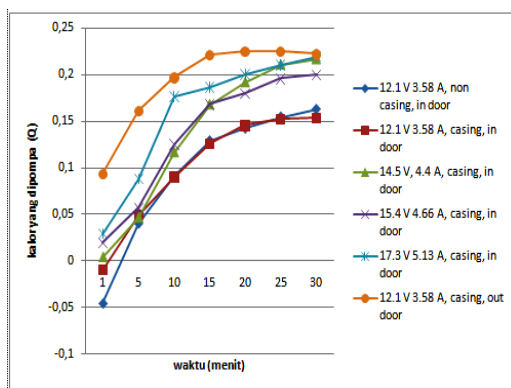
Pada grafik di atas terlihat bahwa pengujian kotak vaksin yang di-casing lebih baik penurunannya dari kotak vaksin non casing. hal ini membuktikan bahwa jumlah tahanan termal dari kotak vaksin yang dicasing sangat berpengaruh untuk memberikan efek pendinginan yang lebih baik. Dimana Styrofoam dengan nilai konduktifitas termal sebesar 0.033 W/m.K dan komposit fiberglass dengan nilai konduktivitas termal 0.04 W/m.K mampu menjaga ruang vaksin dari pengaruh temperatur luar.

Jika dibandingkan antara pengujian kotak vaksin yang diberi casing 12 volt dengan kondisi pengujian in door dan kondisi pengujian out door terlihat bahwa pengujian dengan kondisi in door lebih baik dibandingkan out door karena pada saat pengujian udara panas yang dibuang terhalang oleh kecepatan angin yang masuk lewat jendela kendaraan sehingga terjadi turbulensi udara pada ruang heatsink fan pada pengujian out dorr kotak vaksin diberi



beban kalor berupa 1 botol vaksin ukuran 100 ml sehingga kedua faktor ini menjadi hal utama mengapa pada penelitian ini kondisi *in door* lebih baik dari *out door*.

Dari graik 4.5.1 terlihat penambahan tegangan pada kerja *vaccine carrier* sangat berpengaruh terhadap beda temperatur yang dihasilkan. Semakin besar tegangan yang diberikan, semakin baik efek pendinginan yang dihasilkan. Pada grafik 4.5.1 diatas juga menunjukkan dengan penambahan tegangan sebesar 14.5 volt pada kotak yang diberi *casing* (*in door*) merupakan kondisi dengan penurunan temperatur terbaik sebesar 285.2 K. Penambahan daya 15.4 volt dan 17.3 volt tidak menghasilkan penurunan temperatur yang baik karena dikondisi ini pada sisi panas *peltier* menghasilkan temperatur yang tinggi, namun tidak diimbangi dengan kerja dari *haeatsink fan* untuk membuang udara panas sehingga mempengaruhi sisi dingin *peltier* yang mengakibatkan jumlah kalor yang harus dipompa oleh peltier menjadi lebih besar dan efek pendinginan ruang vaksin menjadi kurang baik.

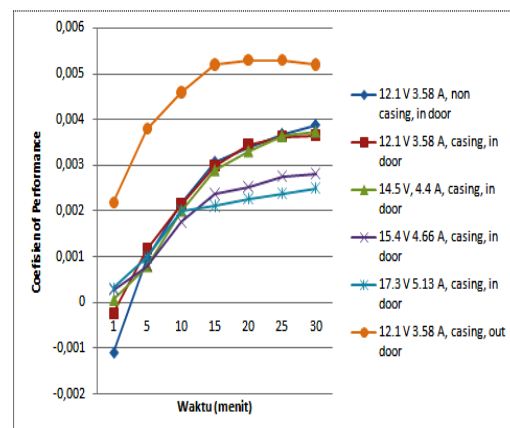


Gambar 13. Grafik Kalor yang dipompa selama 30 menit dengan variasi input tegangan Berdasarkan grafik diatas, jumlah kalor yang dipompa oleh elemen *peltier* pada kotak vaksin *non casing* 12 volt *in door* lebih besar dari kotak vaksin yang di-*casing* 12 volt dan *in door*. Hal ini membuktikan semakin banyak tahanan termal maka akan mereduksi pengaruh panas dari luar sehingga akan mempengaruhi beban kalor dari kotak vaksin. Penggunaan *casing* komposit *fiberglass* yang juga berfungsi sebagai bahan isolator mampu mereduksi beban kalor pada

kotak vaksin yang di-*casing* 0.009526 W dari dari kotak *non casing*.

Jika dibandingkan antra kondisi pengambilan data *in door* dan *out door* maka terlihat bahwa jumlah kalor yang dipompa oleh elemen *peltier* pada kondisi *out door* jauh lebih besar dibandingkan *in door*. Hal ini dikarenakan pada saat pengambilan data *out door* kondisi lingkungan yang tidak mendukung dimana cuaca yang berubah-ubah.

Penambahan input tegangan juga sangat mempengaruhi besarnya kalor yang dipompa oleh elemen *peltier* terhadap *vaccine carrier* tersebut. Dimana dari grafik terlihat bahwa jumlah kalor yang dipompa pada penambahan tegangan sebesar 15.4 volt lebih kecil dibandingkan dengan tegangan 14.5 volt. Hal ini dikarenakan pada saat pengambilan 15.4 volt data kondisi lingkungan sangat mendukung dimana temperatur lingkungan 15 volt jauh lebih kecil 0.7 K dibandingkan 14.5 volt. Temperatur lingkungan sebesar 304.45 K dan temperatur ruangan 286.09 K dimenit ketiga puluh membuat jumlah kalor yang dipompa menjadi lebih sedikit jumlah kalor yang dipompa dan input daya ini akan sangat mempengaruhi efisiensi dan nilai *Coefficient Of Performance* dari *vaccine carrier* tersebut.



Gambar 14. Grafik COP kotak vaksin selama 30 menit dengan variasi input tegangan.

Dari grafik 14. menunjukkan nilai COP antara kotak vaksin yang di-*casing* dan *non casing* tidaklah jauh berbeda namun kotak vaksin yang di-*casing* hal ini karena penambahan *casing* menambah jumlah tahanan

termal sehingga jumlah kalor yang diserap oleh elemen *peltier* menjadi sedikit dan apabila jumlah kalornya yang dipompa dibandingkan dengan tegangan yang diberikan maka akan menghasilkan nilai efisiensi dan COP yang baik dibandingkan kotak vaksin *non casing*.

selain itu penambahan input tegangan 14.5 Volt yang menghasilkan efek pendinginan ruangan 285.2 K memiliki nilai COP sebesar 0.0037339655 lebih besar dibandingkan dengan 15.4 volt dan 17.3 volt. hal ini akibat dari semakin besar tegangan atau daya yang diberikan jika dibandingkan dengan jumlah kalor yang dipompa maka akan menghasilkan nilai COP yang kecil.

#### KESIMPULAN

1. Dari hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan terhadap alat pembawa vaksin (*vaccine carrier*) berbentuk kotak berbahan dasar komposit *fiberglass* dengan menggunakan 1 elemen *peltier* dapat disimpulkan bahwa penambahan bahan komposit *fiberglass* sebagai casing Yang juga memiliki nilai konduktivitas termal 0.004 W/m.K membuat tahanan termal dari kotak vaksin semakin besar sehingga menghalangi pengaruh panas dari luar masuk ke dalam kotak vaksin. Penambahan komposit *fiberglass* sangat berpengaruh terhadap efisiensi kerja *peltier* dimana jumlah kalor yang dipompa pada kotak yang diberi *casing* komposit *fiberglass* menjadi kecil karena jumlah tahanan termalnya semakin bertambah hal ini mempengaruhi nilai COP dari kotak vaksin itu sendiri.
2. Input listrik yang diberikan terhadap kotak vaksin sangat berpengaruh terhadap kinerja *peltier* itu sendiri dimana semakin besar input listrik yang diberikan maka teperatur panas yan dihasilkan akan semakin besar oleh karena itu perlu diimbangi dengan peningkatan kerja *heatsink fan* agar *peltier* mampu menghasilkan temperatur dingin yang lebih baik sebagai pendingin ruang vaksin.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Agus Putra Prasetya, 2011. "Kaji

Eksperimental Perpindahan Panas Konveksi Pada Heatsink Dengan Sistem Cascade Thermoelektrik TEC12706" ITSN: Surabaya.

- [2]. Ahlul Halli, 2012. "Koefisien Perpindahan Panas Menggunakan Provil Kotak Pada Alat Penukar Kalor" FTUI: Depok.
- [3]. Akhyar Wahyu Rokhadi, 2010. "Pengujian Karakteristik Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan Dari Sirip – Sirip Pin Ellips Susunan Selang – Seling Dalam Saluran Segi Empat" Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- [4]. A'Rasy Fahrudin, 2011. "Kajian Simulasi dan Eksperimen Sistem Pendingin Lemari Radio Base Syistem (RBS) Berbasis Termoelektrik" FTUI: Depok.
- [5]. Azridjal Aziz, Joko Subroto, dan Villager Silpana, 2015. "Aplikasi Modul Pendingin Termoelektrik Sebagai Media Pendingin Kotak Minuman" Universitas Riau: Pekan Baru. (<http://jom.unri.ac.id>)
- [6]. Betha, Sudirman, Aloma Karo Karo dan Mashuri, Februari 2000 "Konduksi Panas Komposit Polimer Polipropilena – Pasir" Indonesian Journal Of Materials Science Vol.2 No2 hal 21-26 ISSN:1411-1098.
- [7]. Frank Kreith, 1976. "Principles Of Heat Transfer Third Edition" University Of Colorado : Harper & Row, Newyork.
- [8]. Frank Kreith, 2013. "Principles Of Heat Transfer Seventh Edition" Cengage Learning, Newyork.
- [9]. H.J. Goldsmid, 1960 "Electronic Refrigeration". London: Pion.
- [10]. Inge M. Sutjahja, 2011. "Penelitian Bahan Thermoelektrik Bagi Aplikasi Konversi Energi Di Masa Mendatang (Rivew Article)", Universitas Padjajaran: Bandung.
- [11]. J.P. Holman, 1986. "Heat Transfer Sixth Edition" Professor of Engineering Southern Methodist University.