

## ALAT PENYIMPANAN VAKSIN PORTABEL

### STORAGE VACCINE PORTABLE EQUIPMENT

Zuhal Sigit Rinaldi<sup>1</sup>, Tri Ayodha Ajiwiguna<sup>2</sup>, Asep Suhendi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[zuhalsigitrinaldi@gmail.com](mailto:zuhalsigitrinaldi@gmail.com), <sup>2</sup>[tri.ayodha@gmail.com](mailto:tri.ayodha@gmail.com), <sup>3</sup>[suhendi@telkomuniversity.ac.id](mailto:suhendi@telkomuniversity.ac.id)

#### Abstrak

Vaksin merupakan cairan dengan zat tertentu yang berfungsi untuk merangsang sistem imun tubuh untuk mempertahankan tubuh dari virus tertentu. Di Indonesia, proses pembuatan dan distribusi vaksin ini dikelola oleh kementerian kesehatan Republik Indonesia. Salah satu cara dalam pendistribusian vaksin ini dengan menggunakan kotak penyimpanan yang diberikan pendingin pada sisi dalam penyimpanan vaksin. Kotak penyimpanan yang dibuat merupakan kotak berbahan styrofoam dengan dimensi  $50 \times 40 \times 32$  cm dengan ketebalan 3 cm. Sistem pengambilan vaksin berada di atas kotak sedangkan bagian dalam digunakan sekat untuk membatasi antara sumber pendingin dengan kotak penyimpanan vaksin. Secara eksperimen untuk mendinginkan kotak selama 2 hari, diperoleh laju aliran kalor dari sistem yang sudah didesain adalah 8,4 watt. Dengan demikian, untuk mempertahankan sistem pada rentang suhu  $2 - 8$  oC diperlukan es batu sebesar 4 Kg sebagai sumber pendingin. Sedangkan secara perhitungan diperoleh laju aliran kalor sebesar 13,24 watt. Dengan demikian diperlukan es batu sebesar 6,3 kg sebagai sumber pendingin. Namun, untuk mencapai tujuan tersebut digunakan es batu dengan massa 7,5 Kg. Hal ini terjadi karena perhitungan dilakukan dengan asumsi sistem terisolasi sempurna sedangkan realitanya masih ada pertukaran kalor. Selain itu, perhitungan laju aliran kalor dari arah atas dan bawah tidak diperhitungkan.

**Kata kunci : Vaksin, laju aliran kalor**

#### Abstract

*Vaccines are fluids with functions that can be used for certain viruses. In Indonesia, the process of making and distributing vaccines is regulated by the health ministry of the Republic of Indonesia. One way of distributing vaccines is by using the same storage box on the inside of storing vaccines. Storage boxes made into boxes made of styrofoam with dimensions of  $50 \times 40 \times 32$  cm with a thickness of 3 cm. The system uses a system to use to choose to hang as vaccine storage. It takes more than 2 days, obtained heat flow flow from the system that has been designed is 8.4 watts. Thus, to maintain the system in a temperature range of 2-8 oC, ice cubes of 4 Kg are needed as a source. While the speed produces a flow of heat of 13,24 watts. Thus an ice cube of 6,3 kg is needed as a source. However, to reach certain destinations ice cubes with a mass of 7.5 Kg. This happens because the calculation is done with a perfect system and in reality there is still a heat exchange. In addition, the flow velocity from the upper and lower directions is not taken into account*

**Keywords: Vaccine, heat flow flow**

## 1. Pendahuluan

Kesehatan merupakan hal penting yang harus dimiliki oleh setiap individu. Namun, taraf kesehatan di Indonesia masih tergolong ke dalam kategori rendah [1]. Berbagai upaya dilakukan oleh pemerintah untuk meningkatkan taraf kesehatan masyarakat di Indonesia. Salah satunya adalah program bidan pelosok desa dengan status Pegawai Tidak Tetap (PTT) [2]. Bidan pelosok desa PTT ini, terkadang harus melewati jalan yang tidak dapat dilalui oleh kendaraan bermotor. Dengan perlengkapan kesehatan yang dibawanya, mereka menuju ke posyandu desa.

Salah satu perlengkapan kesehatan yang sering dibawa yaitu vaksin imunisasi untuk anak. Cairan ini biasanya dibawa menggunakan sebuah isolator yang suhunya tidak mampu dijaga, sehingga kualitas dari cairan vaksin tersebut bisa menurun. Selain itu, alat yang sudah dijual di pasaran merupakan alat penyimpanan vaksin yang mampu bertahan hingga kurun waktu 24 – 30 jam pada suhu  $0 - 8$  °C. Di samping itu, harga yang ditawarkan untuk alat ini berkisar Rp. 710.000. [3]

Dengan adanya hal tersebut, penulis membuat sebuah alat penyimpan portabel yang mampu mempertahankan suhu vaksin  $2 - 8$  °C [4] dengan kurun waktu 48 jam ( 2 hari ).

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Perpindahan Panas

Perpindahan panas merupakan penerapan konsep dari hukum termodinamika bahwa energi ada dalam berbagai bentuk. Salah satu bentuk yang dimiliki adalah panas. Panas merupakan bentuk energi yang dapat ditransfer dari satu sistem ke sistem lainnya akibat perbedaan suhu [5].

Berdasarkan mediumnya, perpindahan panas ini dapat digolongkan menjadi perpindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi

### 2.1.1. Konduksi

Konduksi adalah transfer energi dari partikel yang lebih energik dari sebuah substansi yang berdekatan dengan sebuah substansi yang kurang energik sebagai hasil interaksi antara partikelnya [5]. Secara umum, untuk menghitung laju perpindahan panas konduksi dapat digunakan persamaan dibawah ini

$$q = k \cdot A \frac{T_{hot} - T_{cold}}{L}$$

Dimana :

q = laju aliran kalor (Watt)

k = konduktifitas termal dari bahan (W/m °C)

A = luas penampang bidang yang dilalui aliran kalor (m<sup>2</sup>)

T<sub>hot</sub> = suhu tinggi (°C)

T<sub>cold</sub> = suhu rendah (°C)

L = ketebalan medium yang dilalui aliran kalor (m)

### 2.1.2. Konveksi

Konveksi adalah metode perpindahan panas antar padatan permukaan dan cairan atau gas yang berdekatan yang bergerak, dan ini melibatkan gabungan efek konduksi dan gerakan fluida [5]. Secara umum, untuk menghitung laju perpindahan panas konveksi dapat digunakan di bawah ini.

$$q = h \cdot A (T_s - T_\infty)$$

Dimana :

q = laju aliran kalor konveksi (Watt)

h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m<sup>2</sup>.K)

A = luas penampang (m<sup>2</sup>)

T<sub>s</sub> = temperatur sistem (K)

T<sub>∞</sub> = temperatur lingkungan (K)

Perpindahan panas secara konveksi dibagi menjadi dua, yaitu konveksi paksa (*forced convection*) dan konveksi alami (*natural convection*). Konveksi paksa terjadi ketika sebuah sistem mengalirkan panas secara konveksi namun dibantu dengan komponen lain yang memaksa panas tersebut berpindah. Sedangkan, konveksi alami terjadi karena perbedaan massa jenis dari variasi suhu di dalam fluida yang akan menyebabkan panas mengalir.

## 2.2. Thermostat

Thermostat merupakan sebuah komponen elektronika yang mampu untuk mendeteksi suhu yang ada di lingkungan sekitar. Selain dapat mengukur suhu, thermostat dapat mengatur set point dari suhu yang ingin dipertahankan. Biasanya sebuah thermostat sudah dilengkapi dengan sebuah relay yang memiliki fungsi sebagai saklar digital.



**Gambar 2.1 Thermostat dengan Relay**

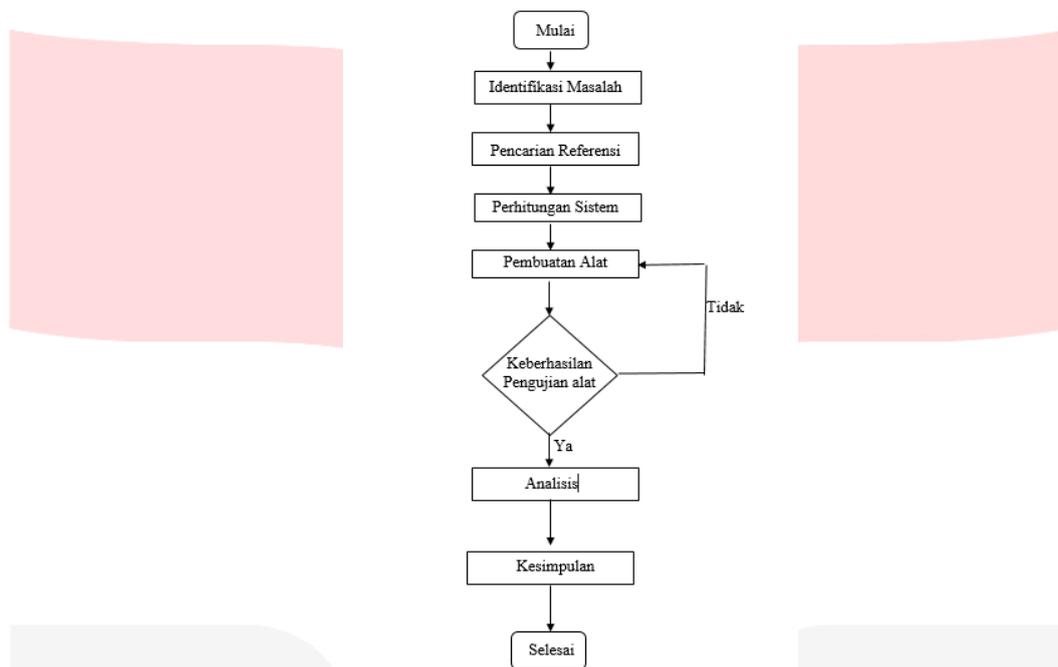
Gambar 2.1 merupakan thermostat dengan tipe W1209 dengan rentang suhu pengukuran -50 °C sampai dengan 110 °C. Resolusi pengukuran temperatur dari alat ini adalah 0.1 °C antara -9.9 ~ 99.9 °C; 1 °C direntang lainnya dengan akurasi pengukuran 0.1 °C.

### 2.2.1 Cara Kerja Thermostat

Thermostat bekerja dengan membaca suhu yang ada di lingkungan menggunakan sensor suhu dengan jenis sensor kontak. Alat ini akan membandingkan antara suhu yang dibaca oleh sensor dengan nilai set point yang telah ditetapkan sebelumnya. Ketika nilai suhu yang dibaca oleh sensor lebih dari nilai set point yang ditentukan, maka akan mengaktifkan relay yang berada pada kondisi Normally Open. Namun, ketika suhu yang dibaca kurang dari nilai set point maka akan membuat relay menjadi tidak aktif.

### 3. Metodologi Penelitian

Secara umum metodologi penelitian yang dilakukan dapat dijelaskan dengan sebuah diagram alir seperti gambar 3.1. di bawah ini.



**Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian**

#### 3.1 Cara Perhitungan Heat Loss

Sistem yang akan diukur heat loss nya merupakan sebuah kotak styrofoam berdimensi 50 x 40 x 32 cm dengan tebal 3 cm. Massa styrofoam tanpa beban adalah 750 gram dengan kapasitas penyimpanan maksimal lebih kurang 41 liter. Suhu yang ada di dalam box di atur sebesar 5 °C dengan suhu lingkungan diasumsikan konstan pada suhu 30 °C.

##### 3.1.1. Laju Aliran Kalor Konveksi

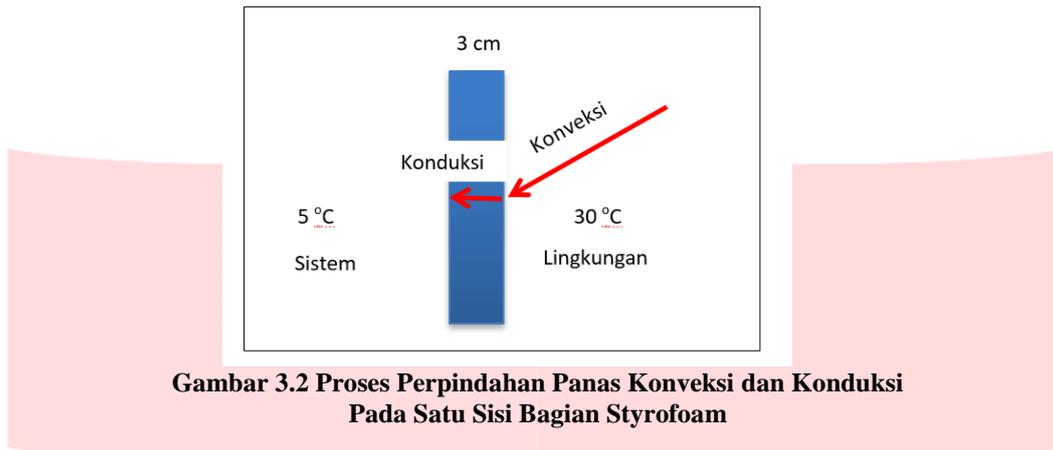
Laju aliran kalor yang mengalir dari lingkungan dan akan mempengaruhi sistem agar terjadi kesetimbangan termal dapat dihitung dengan melakukan beberapa tahapan. Tahapan ini dilakukan guna menghitung nilai heat loss yang timbul akibat proses konveksi alami. Tahapan tersebut adalah :

- Mencari temperatur film (TF).
- Mencari koefisien konveksi volume ( $\beta$ ).
- Mencari nilai bilangan Grashof (Grl).
- Mencari bilangan Prandtl (Pr).
- Mencari bilangan Rayleigh (Ra).
- Mencari bilangan Nusselt (Nu).
- Mencari koefisien perpindahan panas konveksi (h).
- Mencari nilai laju aliran kalor secara konveksi.

##### 3.1.2. Laju Aliran Kalor Konduksi

Laju aliran kalor yang melewati tebal dinding styrofoam merupakan laju aliran kalor secara konduksi. Laju aliran ini mempengaruhi suhu yang dimiliki oleh sistem. Ada beberapa tahapan untuk memperoleh laju aliran panas secara konduksi. Tahapan tersebut adalah :

- Menentukan temperatur sistem sebesar 5 oC dan temperatur lingkungan sebesar 30 oC.
- Mencari nilai resistansi berdasarkan bahan yang digunakan.
- Mencari nilai laju aliran konduksi dari lingkungan ke sistem.



**Gambar 3.2 Proses Perpindahan Panas Konveksi dan Konduksi Pada Satu Sisi Bagian Styrofoam**

**3.2. Cara Menentukan Massa Es Batu**

Setelah menentukan nilai laju aliran konveksi dan konduksi, maka kita dapat mencari nilai yang sama. Sesuai dengan azas kesetimbangan di mana laju aliran konduksi akan sama dengan laju aliran konveksi dan akan sama pula dengan laju aliran kalor dari beban. Secara matematis dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$Q_{konduksi} = Q_{Konveksi} = Q_{Heatloss}$$

Dari nilai laju aliran beban yang diperoleh, maka dapat digunakan dua buah persamaan untuk memperoleh massa es yang dibutuhkan. Di mana persamaan tersebut merupakan hubungan antara massa dan kalor lebur es dan hubungan antara massa dan kalor jenis es. Secara matematis dapat dilihat di persamaan berikut ini.

$$Q_{es} = M_{es} \times L_{es}$$

Dimana :

Qes = kalor yang dibutuhkan oleh es (Joule)

Mes = massa es (Kg)

Les = kalor lebur es (336.000 J/Kg)

$$Q_{es} = M_{es} \times C_{es} \times \Delta T$$

Dimana :

Qes = kalor yang dibutuhkan oleh es (Joule)

Mes = massa es (Kg)

Ces = kalor jenis es (4200 J/Kg. °C)

ΔT = perubahan suhu (°C)

**3.3. Perhitungan Heatloss Secara matematis**

Tlingkungan	Tdinding	Tsistem	K.A/L	q konduksi	Tfilm	beta	viskositas/Grasholf	Prandtl Rayleigh	Nusselt	k	h	q konveksi
30	22,3	2	0,1408	2,85824	299,15	0,00334	2,3E-10 35964938,8	0,7 2,5E+07	41,7923	0,02514	3,28331	3,236028539
30	22,4	2	0,1408	2,87232	299,2	0,00334	2,3E-10 35491929,6	0,7 2,5E+07	41,6542	0,02514	3,27246	3,183448155
30	22,5	2	0,1408	2,8864	299,25	0,00334	2,3E-10 35019078,4	0,7 2,5E+07	41,5148	0,02514	3,2615	3,131044412
30	22,6	2	0,1408	2,90048	299,3	0,00334	2,3E-10 34546385,2	0,7 2,4E+07	41,374	0,02514	3,25044	3,078819006
30	22,7	2	0,1408	2,91456	299,35	0,00334	2,3E-10 34073849,9	0,7 2,4E+07	41,2318	0,02514	3,23927	3,026773673
30	22,8	2	0,1408	2,92864	299,4	0,00334	2,3E-10 33601472,4	0,7 2,4E+07	41,0881	0,02514	3,22798	2,974910194
30	22,9	2	0,1408	2,94272	299,45	0,00334	2,3E-10 33129252,7	0,7 2,3E+07	40,943	0,02514	3,21658	2,923230388
30	23	2	0,1408	2,9568	299,5	0,00334	2,3E-10 32657190,6	0,7 2,3E+07	40,7963	0,02514	3,20506	2,871736127
30	23,1	2	0,1408	2,97088	299,55	0,00334	2,3E-10 32185286,2	0,7 2,3E+07	40,6482	0,02514	3,19342	2,82042932
30	23,2	2	0,1408	2,98496	299,6	0,00334	2,3E-10 31713539,2	0,7 2,2E+07	40,4984	0,02514	3,18165	2,769311932
30	23,3	2	0,1408	2,99904	299,65	0,00334	2,3E-10 31241949,7	0,7 2,2E+07	40,347	0,02514	3,16976	2,718385977
30	23,4	2	0,1408	3,01312	299,7	0,00334	2,3E-10 30770517,5	0,7 2,2E+07	40,1939	0,02514	3,15773	2,667653521
30	23,5	2	0,1408	3,0272	299,75	0,00334	2,3E-10 30299242,6	0,7 2,1E+07	40,0391	0,02514	3,14557	2,617116685
30	23,6	2	0,1408	3,04128	299,8	0,00334	2,3E-10 29828124,9	0,7 2,1E+07	39,8826	0,02514	3,13327	2,566777648
30	23,7	2	0,1408	3,05536	299,85	0,00334	2,3E-10 29357164,4	0,7 2,1E+07	39,7242	0,02514	3,12083	2,516638649
30	23,8	2	0,1408	3,06944	299,9	0,00333	2,3E-10 28886360,8	0,7 2E+07	39,564	0,02514	3,10824	2,466701988

**Tabel 3.1 Perhitungan Laju Aliran Konduksi dan Konveksi Samping**

Tinggi	Tdinding	Tsistem	K.A/L	q konduksi	Tfilm	beta	viskositas	Grashof	Prandtl	Rayleigh	Nusselt	k	h	q konveksi
30	21,8	2	0,176	3,4848	298,9	0,00335	2,3E-10	3,8E+07	0,7	2,7E+07	42,4637	0,02514	3,33606	4,37690417
30	21,9	2	0,176	3,5024	298,95	0,00335	2,3E-10	3,8E+07	0,7	2,7E+07	42,3319	0,02514	3,3257	4,310104853
30	22	2	0,176	3,52	299	0,00334	2,3E-10	3,7E+07	0,7	2,6E+07	42,1989	0,02514	3,31525	4,24351643
30	22,1	2	0,176	3,5376	299,05	0,00334	2,3E-10	3,7E+07	0,7	2,6E+07	42,0646	0,02514	3,3047	4,177140794
30	22,2	2	0,176	3,5552	299,1	0,00334	2,3E-10	3,6E+07	0,7	2,6E+07	41,9291	0,02514	3,29405	4,110979882
30	22,3	2	0,176	3,5728	299,15	0,00334	2,3E-10	3,6E+07	0,7	2,5E+07	41,7923	0,02514	3,28331	4,045035673
30	22,4	2	0,176	3,5904	299,2	0,00334	2,3E-10	3,5E+07	0,7	2,5E+07	41,6542	0,02514	3,27246	3,979310193
30	22,5	2	0,176	3,608	299,25	0,00334	2,3E-10	3,5E+07	0,7	2,5E+07	41,5148	0,02514	3,2615	3,913805514
30	22,6	2	0,176	3,6256	299,3	0,00334	2,3E-10	3,5E+07	0,7	2,4E+07	41,374	0,02514	3,25044	3,848523757
30	22,7	2	0,176	3,6432	299,35	0,00334	2,3E-10	3,4E+07	0,7	2,4E+07	41,2318	0,02514	3,23927	3,783467092
30	22,8	2	0,176	3,6608	299,4	0,00334	2,3E-10	3,4E+07	0,7	2,4E+07	41,0881	0,02514	3,22798	3,718637743
30	22,9	2	0,176	3,6784	299,45	0,00334	2,3E-10	3,3E+07	0,7	2,3E+07	40,943	0,02514	3,21658	3,654037987
30	23	2	0,176	3,696	299,5	0,00334	2,3E-10	3,3E+07	0,7	2,3E+07	40,7963	0,02514	3,20506	3,589670158
30	23,1	2	0,176	3,7136	299,55	0,00334	2,3E-10	3,2E+07	0,7	2,3E+07	40,6482	0,02514	3,19342	3,52553665
30	23,2	2	0,176	3,7312	299,6	0,00334	2,3E-10	3,2E+07	0,7	2,2E+07	40,4984	0,02514	3,18165	3,461639915
30	23,3	2	0,176	3,7488	299,65	0,00334	2,3E-10	3,1E+07	0,7	2,2E+07	40,347	0,02514	3,16976	3,397982471

**Tabel 3.2 Perhitungan Laju Aliran Konduksi dan Konveksi Bagian Depan**

Dari tabel diatas, dapat diperoleh informasi bahwa nilai laju aliran kalor sistem secara keseluruhan adalah

$$Laju\ Aliran\ Kalor = 2 \times heatloss\ depan + 2 \times heatloss\ samping$$

$$Laju\ Aliran\ Kalor = 2 \times 3,68\ Watt + 2 \times 2,94\ Watt$$

$$Laju\ Aliran\ Kalor = 13,24\ Watt$$

Kemudian dapat diketahui massa es batu dengan menggunakan persamaan 3-5 sebagai berikut :

$$Q = q \times t$$

$$Q = 13,24\ watt \times 172.800\ s$$

$$Q = 2.287.872\ Joule$$

Setelah diketahui nilai kalor yang dibutuhkan, maka dapat diperoleh massa es batu yang dibutuhkan dengan menggabungkan dua persamaan.

$$Q = M_{es} \cdot C_{air} \cdot \Delta T + M_{es} \cdot L_{es}$$

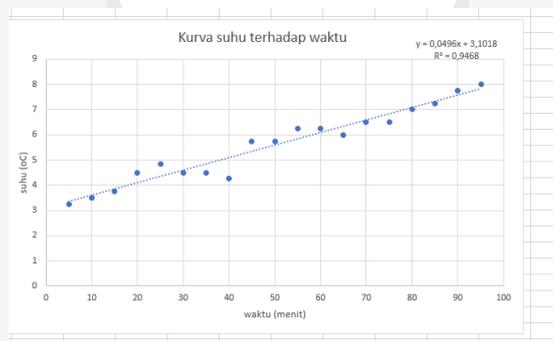
$$M_{es} = \frac{Q}{C_{air} \cdot \Delta T + L_{es}}$$

$$M_{es} = \frac{2.287.872\ Joule}{4200\ J/Kg\ ^\circ C \cdot (8 - 2)\ ^\circ C + 336.000\ J/Kg}$$

$$M_{es} = 6,3\ Kg$$

**3.4. Perhitungan Heatloss Secara Eksperimen**

Setelah dilakukan percobaan, diperoleh kurva sebagai berikut :



**Gambar 3.4 Kurva Perubahan Waktu Terhadap Suhu**

Dari kurva tersebut, diperoleh informasi berupa persamaan garis linier  $Y = 0,0496 X + 3,1018$ . Dengan Y adalah waktu dan X adalah suhu. Dari persamaan tersebut, dapat dicari nilai laju aliran kalor sistem.

- Ketika suhu 4 °C , maka waktu yang dibutuhkan adalah 18,11 menit
- Ketika suhu 8 °C , maka waktu yang dibutuhkan adalah 98,75 menit

Dengan massa air yang dimuat adalah 2,4 Kg. Dengan menggunakan persamaan 3-3, maka didapat beberapa informasi sebagai berikut :

$$Q = M_{air} \times c_{air} \times \Delta T$$

$$Q = 2,4 \text{ Kg} \times 4200 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C} \times (8 - 4 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$Q = 40,74 \text{ KJ}$$

$$\dot{q} = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$\dot{q} = \frac{40.740 \text{ Joule}}{(98,75 \text{ menit} - 18,11 \text{ menit}) \times 60 \text{ s/menit}}$$

$$\dot{q} = 8,42 \text{ watt}$$

Untuk memperoleh massa es batu yang diperlukan, maka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = \dot{q} \times t$$

$$Q = 8,42 \text{ watt} \times 172.800 \text{ s}$$

$$Q = 1.454.976 \text{ Joule}$$

$$Q = M_{es} \cdot C_{air} \cdot \Delta T + M_{es} \cdot L_{es}$$

$$M_{es} = \frac{Q}{C_{air} \cdot \Delta T + L_{es}}$$

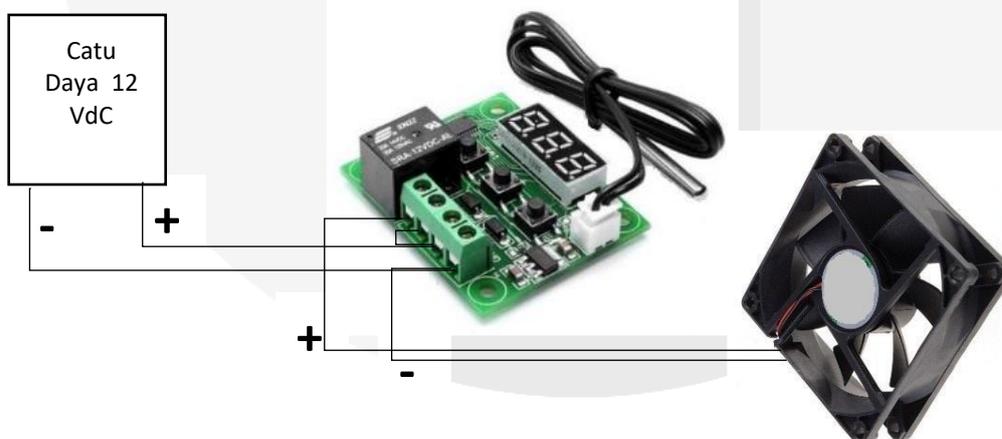
$$M_{es} = \frac{1.454.976 \text{ Joule}}{4200 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C} \cdot (8 - 2) ^\circ\text{C} + 336.000 \text{ J/Kg}}$$

$$M_{es} = 4 \text{ Kg}$$

#### 4. Pembahasan

##### 4.1. Pemasangan Alat

*Thermostat* sebagai pengontrol sistem pendinginan dihubungkan dengan catu daya 12 V. *Thermostat* ini sudah memiliki *relay* 12 V DC untuk dihubungkan dengan *fan*. *Fan* ini akan hidup ketika suhu di dalam alat penyimpanan vaksin berada di atas 7.5 °C. Ketika suhu berada di angka 7,5 °C, maka kipas akan mendinginkan tempat penyimpanan vaksin hingga suhu mencapai titik 6 °C. Secara skema, pemasangan alat ini dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini.

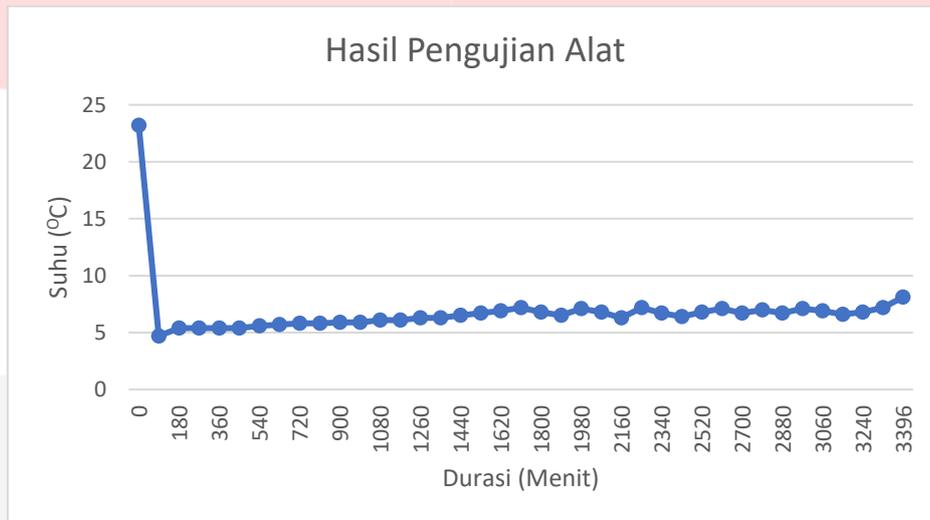


Gambar 4.1. Pemasangan Komponen Alat Penyimpanan Vaksin Portabel

#### 4.2. Pengujian Alat

Pada percobaan ini, suhu yang diatur pada thermostat adalah 7,5 °C dengan sistem pendinginan mencapai angka 6 °C. Ketika suhu di dalam penyimpanan vaksin menunjukkan angka 6 °C, maka relay akan non aktif sehingga fan tidak bekerja. Ketika suhu menunjukkan angka 7,5 °C maka relay akan aktif kembali dan menghidupkan fan untuk mendinginkan alat penyimpanan vaksin.

Selama 2 hari, alat penyimpanan vaksin dipantau secara berkala dengan durasi 90 menit. Data tersebut dapat dilihat pada gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3 Kurva Hasil Pengujian Alat

#### 4.3. Analisis

Data di atas diperoleh dengan menggunakan massa es batu sebesar 7,4 Kg. Berbeda dengan hasil perhitungan yang menggunakan massa es batu sebesar 6,3 Kg dan hasil eksperimen dengan massa es batu 4 Kg. Perbedaan ini disebabkan oleh beberapa hal sebagai berikut :

- Perhitungan dilakukan dengan asumsi bahwa sistem terisolasi secara sempurna. Sedangkan secara penelitian, sistem merupakan sistem tertutup yang masih ada pertukaran kalor antara sistem dan lingkungan.
- Laju aliran kalor antara lingkungan dan sistem yang diperhitungkan hanya bagian samping, depan dan belakang alat. Sedangkan bagian bawah dan atas sistem tidak di masukan ke dalam perhitungan.
- Beberapa parameter dalam perhitungan yang menggunakan nilai yang sering digunakan secara universal.

#### 5. Kesimpulan

Pada penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Kotak penyimpanan vaksin yang dibuat berhasil mempertahankan suhu di antara 2 – 8 °C dengan menggunakan es sebesar 7,4 Kg. Dengan dimensi 50 x 40 x 32 cm, ketebalan *styrofoam* 3 cm dan volume tempat penyimpanan vaksin kurang lebih 14 liter.
- *Heatloss* yang terjadi secara matematis adalah 13,2 watt sehingga massa es batu yang diperlukan adalah 6,3 Kg.
- *Heatloss* yang terjadi secara eksperimen adalah 8, 4 watt sehingga massa es batu yang diperlukan adalah 4 Kg.
- Selisih *heatloss* yang terjadi diakibatkan oleh adanya asumsi yang digunakan dalam perhitungan. Dimana asumsi yang digunakan tidak relevan dengan lingkungan pada saat penelitian dilakukan. Seperti nilai parameter yang tersedia berada pada kondisi tekanan 1 atmosfer sementara pada pelaksanaan kondisi tekanan tidak mencapai 1 atmosfer.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] <https://tirto.id/indeks-kesehatan-indonesia-masih-sangat-rendah-cBRn> diakses selasa 25 September 2018 pukul 19:40 WIB
- [2] Laporan Akuntabilitas Kinerja Instansi Pemerintah (LAKIP) Biro Kepegawaian KEMENKES 2016
- [3] <http://www.distributor-kursi-roda.blogspot.co.id/2016/06/cool-box-vaksin-kapasitas-8-liter.html> diakses senin 12 Maret 2018 pukul 06:30 WIB
- [4] Pedoman Pengelolaan Vaksin DEPKES RI 2009
- [5] Handbook Mata Kuliah Perpindahan Panas dan Kalor (PERPAN)