

# **TUGAS AKHIR**

## **PENGEMBANGAN COOLBOX UNTUK PENYIMPANAN VAKSIN BERBASIS POWER BANK**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD AZAN ROSANDI**  
**1607230100**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**MEDAN**

**2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

Penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

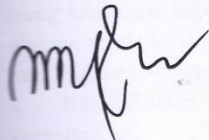
Nama : Muhammad Azan Rosandi  
NPM : 1607230100  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Pengembangan Coolbox Untuk Penyimpanan Vaksin  
Berdasarkan Power Bank  
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2021

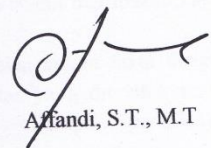
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji



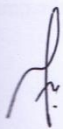
M. Yani, S.T., M.T

Dosen Penguji



Affandi, S.T., M.T

Dosen Penguji



H. Muharnif, S.T., M.sc

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua



Chandra A Siregar S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Azan Rosandi  
Tempat / Tanggal Lahir : Langkat, 18 Februari 1999  
Npm : 1607230100  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

**“Pengembangan Coolbox Untuk Penyimpanan Vaksin Berbasis Power Bank”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 23 April 2021  
Saya Yang Menyatakan



Muhammad Azan Rosandi

## ABSTRAK

Keperluan akan mesin pendingin dewasa ini mengalami peningkatan yang sangat signifikan, khususnya untuk bidang kesehatan dalam pendistribusian vaksin ke berbagai tempat. Pendingin berbasis *thermoelektrik* merupakan pendingin yang menggunakan elemen peltier dengan konsep sistem sebagai pompa kalor. Pompa kalor dihasilkan oleh Efek peltier yang timbul dari dua buah logam yang berbeda disambungkan dan kedua ujung logam untuk menghasilkan beda temperatur panas dan dingin. Ditinjau dari kegunaan dan fleksibilitasnya *coolbox thermoelektrik*, sangat cocok digunakan untuk berbagai keperluan seperti kebutuhan medis, pada umumnya vaksin yang akan didistribusikan ke berbagai daerah sangat membutuhkan mesin pendingin dan sumber jenis listrik yang memerlukan daya listrik sedikit dan juga bisa dibawa kemana saja. Kotak pendingin *coolbox* sangat cocok digunakan sebagai media penyimpanan vaksin dalam jumlah yang cukup pada proses imunisasi. Menyadari pentingnya kestabilan dan kehandalan *coolbox* dalam menjaga temperatur vaksin dibawah 8 °C. Pada penelitian ini dilakukan pengembangan *coolbox* dengan rangkaian elemen peltier paralel untuk menghasilkan temperatur *coolbox* yang mampu menjaga temperatur vaksin dibawah 8 °C. Pada eksperimen pengembangan *coolbox* didapatkan hasil pengujian bahwa rancangan *coolbox* portabel dapat mencapai temperatur 1 °C dengan waktu 60 menit dengan daya listrik 40W. Pengujian *coolbox* dilakukan dengan variasi daya listrik yang berbeda. Pengujian dilakukan dengan daya listrik 10W, 20W, 30W, & 40W. Pada pengujian dan perhitungan *coolbox* didapat kan nilai COP (*Coefficient Of Performance* ) sebesar 2,414 dan efisiensi sistem pendingin sebesar 61%.

Kata kunci: *Thermoelektrik, Coolbox portabel, Coefficient Of Performance*

## **ABSTRACT**

*The need for this refrigeration machine has increased significantly, especially for the health sector in distributing vaccines to various places. Thermoelectric-based coolers are coolers that use Peltier elements with the system concept as a heat pump. The heat pump produced by the Peltier effect, which arises from two dissimilar metals, is connected and the two ends of the metal produce a difference in hot and cold temperatures. Judging from the usefulness and flexibility of the thermoelectric cool box, it is very suitable for various purposes such as general needs, vaccines that will help various areas that really need cooling machines, and power sources that require little electricity and can also be carried anywhere. Cool box cooler box is very suitable as a storage medium for vaccines in sufficient quantities to be used. The number of occurrences of damage because of the reliability of the cool box to keep the vaccine temperature below 8 °C. In this study, it developed a cool box with a series of parallel Peltier elements to produce a temperature cool box that could keep the vaccine temperature below 8 °C. In the cool box development experiment, the test results show that the portable coolbox design can reach a temperature of 1 °C in 60 minutes with 40W of electrical power. Coolbox testing is carried out with different variations of electric power. Tests were carried out with 10W, 20W, 30W, & 40W electrical power. In testing and calculating the coolbox, the COP (Coefficient Of Performance) value is 2.414 and the cooling system efficiency is 61%.*

*Keywords: Thermoelectric, Portable Coolbox, Performance Coefficient*

## **KATA PENGANTAR**

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengembangan Coolbox Untuk Penyimpanan Vaksin Berbasis Power Bank” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak H.Muharnif, ST., M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak M.Yani, ST., M.T Dosen Pengunji I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Affandi, ST., M.T Dosen Pengunji II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar selaku Ketua dan Sekertaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada saya.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Orang tua penulis yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Sahabat-sahabat penulis yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik Mesin.

Medan, 12 Oktober 2021



Muhammad Azan Rosandi

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Vaksin	4
2.1.1. Mekanisme Penyimpanan Vaksin	4
2.2. Konsep Dasar Thermoelektrik	7
2.3. Mekanisme Thermoelektrik	7
2.3.1. Konduktivitas Termal Thermoelektrik	10
2.3.2. Koefisien Seebeck	11
2.3.3. Tekanan Lumpur	11
2.3.4. COP (Coefficient Of Performance)	11
2.4. Power Bank	12
2.5. Beban Pendingin	14
2.6. Perpindahan Bentuk Kalor	15
2.7. Daya Listrik	16
2.8. Efisiensi Sistem pendingin	16
2.9. Hipotesa	17
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Lokasi & Waktu Penelitian	18
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Rancangan Alat Coolbox	23
3.4 Metode Penelitian	25



3.5	Prosedur Penelitian	25
3.6	Instrumen Alat Pengukur Temperatur	26
3.7	Titik Instrumen Pengukuran Suhu Coolbox	27
3.8	Variabel	28
3.9	Tabel Pengukuran	29
3.10	Bagan Alir Penelitian	31

#### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1	Analisis dan Evaluasi	32
4.2	Analisis Grafik Distribusi Temperatur Tanpa Beban	33
4.3	Analisis Grafik Distribusi Temperatur Dengan Beban	34
4.4	Analisis Grafik Tes Jalan	37
4.5	Analisis Perhitungan Coolbox	38
	4.5.1 Konduktivitas Termal <i>Thermoelektrik</i>	38
	4.5.2 Koefisien Seebeck	38
	4.5.3 COP ( <i>Coefficient Of Performance</i> )	39
	4.5.4 Beban Pendingin	39
	4.5.5 Perpindahan Bentuk Kalor	39
	4.5.6 Daya Listrik	40
	4.5.7 Efisiensi Sistem Pendingin	40

#### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran	41

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

#### **LEMBAR ASISTENSI**

#### **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Hal</b>
2.1 Tabel Penyimpanan Dan Umur Vaksin.	5
3.1 Prosedur Waktu Penelitian	18
3.2 Spesifikasi Power Bank	19
3.3 Spesifikasi Multimeter	20
3.4 Spesifikasi Peltier Element	21
3.5 Spesifikasi Kipas	23
3.6 Spesifikasi Alat Pengukur Temperatur	26
3.7 Tabel Pengukuran Percobaan Pada Variasi Elemen (Peltier) Rangkaian Paralel	30



## DAFTAR GAMBAR

<b>Tabel</b>	<b>Hal</b>
2.1 Elemen Peltier	7
2.2 Arah Elektron Elemen Peltier	9
2.3 Komponen penyusun Elemen Peltier	10
3.1 Power Bank	20
3.2 Multimeter Digital	20
3.3 Elemen Thermoelektrik (Peltier)	22
3.4 Kotak Pendingin (Coolbox)	22
3.5 Peltier	23
3.6 Pendingin (Heat Sink)	23
3.7 Kipas Kecil	24
3.8 Susunan Rangkaian Coolbox.	24
3.9 Coolbox Komplit	24
3.10 Thermocouple	27
3.11 Skema Rangkaian	27
3.12 Titik Pengambilan Suhu	28
3.13 Bagan Alir Penelitian	31
4.1 Pengujian Coolbox Dengan Beban Kosong	33
4.2 Pengujian Coolbox Berisi Cairan Vaksin dan Daya 10W	34
4.3 Pengujian Coolbox Berisi Cairan Vaksin dan Daya 20W	34
4.4 Pengujian Coolbox Berisi Cairan Vaksin dan Daya 30W	35
4.5 Pengujian Coolbox Berisi Cairan Vaksin dan Daya 40W	35
4.6 Pengujian Coolbox Tes Jalan	37

## DAFTAR NOTASI

<b>Tabel</b>	<b>Hal</b>
2.1 Konduktivitas Termal Thermoelektrik.	10
2.2 Koefisien Seebeck	11
2.3 COP (Coefficient Of Performance)	12
2.4 Beban Pendingin	14
2.5 Perpindahan Bentuk Kalor	15
2.6 Daya Listrik.	16
2.7 Efisiensi Sistem Pendingin.	16

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan mesin pendingin dewasa ini mengalami peningkatan yang sangat signifikan, disamping itu juga permintaan atas berbagai macam mesin pendingin, membuat semakin banyaknya varians jenis pendingin yang hadir sampai saat ini, salah satu teknologi yang semakin banyak peminatnya ialah pendingin berbasis *thermoelektrik*. *Thermoelektrik* telah digunakan dalam berbagai keperluan, salah satunya sebagai sistem pendingin pada *cool box thermoelektrik*. *Cool box thermoelektrik* merupakan *box* penyimpanan yang digunakan untuk menyimpan berbagai macam bahan yang memerlukan kondisi dingin dan juga *cool box thermoelektrik* sangat cocok untuk menjaga kestabilan temperatur dan juga tersedia dengan jenis portable, yang cocok untuk dibawa berpergian.

Dari kegunaan dan fleksibilitasnya *cool box thermoelektrik*, sangat cocok digunakan untuk berbagai keperluan seperti kebutuhan medis, pada umumnya vaksin yang akan didistribusikan ke berbagai daerah sangat membutuhkan mesin pendingin dan sumber jenis listrik yang memerlukan daya listrik sedikit dan juga bisa dibawa kemana saja. Kotak pendingin *cool box* sangat cocok digunakan sebagai media penyimpanan vaksin dalam jumlah yang cukup pada proses imunisasi. Agar tetap bisa mempertahankan temperatur dingin vaksin, maka temperatur vaksin harus di pertahankan di bawah 8°C. Vaksin yang tidak dijaga pada temperatur dingin dapat mengakibatkan vaksin menjadi rusak. Vaksin yang sudah rusak jika diberikan kepada orang yang membutuhkan imunisasi tidak akan memberikan kekebalan terhadap virus, dan hal itu merupakan sesuatu yang sangat fatal dan bisa mengancam nyawa manusia yang sangat membutuhkan vaksin imunisasi. Oleh karena itu sangat penting untuk tetap menjaga vaksin dalam keadaan dingin, karena jika potensi imun dalam vaksin hilang, vaksin tidak dapat dipulihkan kembali. (Edo, 2018)

Pada literatur penelitian sebelumnya, survei yang dilakukan dalam pendistribusian vaksin dari Kota medan ke Kota Sibolga, didapatkan hasil

pengamatan pada kesalahan-kesalahan cara penyimpanan vaksin imunisasi seperti penyimpanan vaksin dilemari es (*cool box*) yang tidak sesuai dengan konsep penyimpanan vaksin, cara membawa vaksin di termos atau *cool box* tidak sesuai dengan temperatur +2 s/d +8°C, dikarenakan temperatur vaksin berada diatas 8°C, mengakibatkan kerusakan vaksin dan juga ditemukan terdapat vaksin yang kadaluarsa. (Panjaitan et al., 2016)

Dari uraian latar belakang dan permasalahan diatas, dapat disimpulkan bahwa peranan *cool box* dalam menjaga kestabilan pendinginan pada vaksin adalah hal yang paling krusial dalam keberhasilan pendistribusian vaksin. Disamping itu pencapaian temperatur 8°C menjadi suatu pengembangan yang harus dilakukan pada mesin *cool box*, oleh karena itu penelitian dalam pengembangan teknologi mesin pendingin *cool box* fortabel dengan menggunakan power bank agar bisa mencapai temperatur 8°C menjadi acuan bagi peneliti untuk melakukan penelitian “ Pengembangan *cool box* untuk penyimpanan vaksin berbasis power bank”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian alat ini, dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

Bagaimana cara pengembangan *cool box* untuk penyimpanan vaksin berbasis Power bank?

## 1.3 Ruang Lingkup

Dalam proses penelitian, ruang lingkup mejadi suatu fokus penelitian yang akan dituju, untuk itu dalam penelitian ini akan diberikan ruang lingkup pembahasan yaitu:

1. Hanya membahas tentang pengembangan temperatur *cool box* agar dapat mencapai 8°C – 2 °C.
2. Sistem pendingin terisolasi sempurna
3. Tegangan listrik yang dianalisis berasal dari daya listrik Power bank dengan kapasitas 20.000 mAh (74 Wh)
4. Hanya berfokus pada penurunan temperatur pendinginan yang dihasilkan oleh rangkaian thermoelektrik

#### 1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

Untuk mengaplikasikan pengembangan penurunan temperatur pendingin *cool box* sebagai penyimpanan vaksin dengan daya listrik dari power bank

#### 1.5 Manfaat

##### 1. Bagi Penulis

Pengalaman mengembangkan pendingin portable dengan memanfaatkan efek perbedaan temperatur pada *Thermoelectric Cooler* (TEC) dan menerapkan teori yang didapat dalam suatu alat sistem pendingin.

##### 2. Bagi Dinas Kesehatan

Sebagai masukan dalam pendistribusian vaksin yang akan dilakukan ke daerah terpencil untuk program imunisasi dan lain-lain.

##### 3. Bagi Univeraitas

Menambah referensi dalam mengembangkan peralatan sistem pendingin ruangan dan juga meningkatkan kreatifitas mahasiswa dalam merancang dan membuat peralatan sistem pendingin portable dengan memanfaatkan efek perbedaan temperatur pada *Thermoelectric Cooler* (TEC) yang ramah lingkungan.

## **BAB 2**

### **TINJAUN PUSTAKA**



## 2.1. Vaksin

Menurut peraturan menteri kesehatan (PMK) Nomor 42 tahun 2013 tentang penyelenggaraan imunisasi, vaksin adalah antigen berupa mikroorganisme yang sudah mati, masih hidup tapi dilemahkan, masih utuh atau bagiannya, yang telah diolah, berupa toksin mikroorganisme yang telah diolah menjadi toksoid, protein rekombinan yang bila diberikan kepada seseorang akan menimbulkan kekebalan spesifik secara aktif terhadap penyakit infeksi tertentu. Vaksin adalah suatu produk biologi yang terbuat dari kuman, komponem kuman yang telah dilemahkan, dimatikan atau rekayasa genetika dan berguna untuk merangsang kekebalan tubuh secara aktif (Depkes RI, 2009). Jenis-jenis vaksin yang merupakan program imunisasi rutin adalah: Vaksin BCG, Vaksin DPT (Difteri Pertusis Tetanus), Vaksin TT (Tetanus Toxoid), Vaksin DT (Difteri Tetanus), Vaksin Polio, Vaksin Campak, Vaksin Hepatitis B, Vaksin DPT-HB. (Ministry of Health Indonesia, 2013)

### 2.1.2. Mekanisme Penyimpanan Vaksin

Agar vaksin tetap mempunyai potensi baik saat diberikan kepada sasaran maka vaksin harus disimpan pada temperatur tertentu dengan lama penyimpanan yang telah ditentukan. Tujuan penyimpanan vaksin agar mutu dapat dipertahankan, aman, tidak hilang dan terhindar dari kerusakan fisik.

a. Faktor-faktor yang mempengaruhi penyimpanan vaksin adalah

#### 1) Suhu (temperature effect)

Suhu adalah faktor yang sangat penting dalam penyimpanan vaksin karena dapat menurunkan potensi maupun efikasi vaksin yang bersangkutan apabila disimpan pada suhu yang baik sesuai. Suhu penyimpanan vaksin yang tepat akan berpengaruh terhadap umur vaksin.

#### 2) Kelembaban (humidity effect)

Kelembaban hanya berpengaruh terhadap vaksin yang disimpan terbuka atau penutupnya tidak sempurna (bocor), pengaruh kelembaban sangat kecil dan dapat diabaikan jika kemasan vaksin misalnya kemasan ampul atau botol tertutup kedap (hermatically sealed).

3) Sinar Matahari (sunlight effect)

Setiap vaksin yang berasal dari bahan biologi harus dilindungi dari pengaruh sinar matahari langsung maupun tidak langsung, sebab bila tidak demikian, maka vaksin tersebut akan mengalami kerusakan dalam waktu singkat.

b. Penggolongan vaksin menurut sensitivitas terhadap suhu Berdasarkan sensitivitas terhadap suhu vaksin dapat digolongkan menjadi 2 yaitu:

1) Vaksin yang peka terhadap suhu dingin yaitu vaksin FS (freeze sensitive), vaksin yang tergolong FS adalah hepatitis B, DPT/Hib, DT, TT, Td.

2) Vaksin yang peka terhadap suhu panas yaitu vaksin HS (heat sensitive), vaksin yang tergolong HS adalah Campak, Polio, BCG.

c. Suhu Penyimpanan dan Umur Vaksin. Cara penyimpanan Vaksin sesuai standar sangat berpengaruh terhadap umur dan mutu Vaksin.

**Tabel 2.1.** Suhu Penyimpanan dan Umur Vaksin

Vaksin	Suhu Penyimpanan	Umur Vaksin
HEPATITIS B	+ 2°C s/d + 8°C	26 bulan
DPT/HB	+ 2°C s/d + 8°C	2 tahun
DPT	+ 2°C s/d + 8°C	2 tahun
DT	+ 2°C s/d + 8°C	2 tahun
TT/IPV	+ 2°C s/d + 8°C	2 tahun
BCG	+2°C s/d + 8°C atau -15°C s/d -25°C	1 tahun
POLIO	+2°C s/d + 8°C atau -15°C s/d -25°C	6 bulan & 2 tahun
CAMPAK	+2°C s/d + 8°C atau -15°C s/d -25°C	2 tahun
Pelarut BCG	+2°C s/d suhu kamar	4 tahun

Sumber : (Edo, 2018)

Cara penyimpanan vaksin yang baik menurut peraturan adalah:

1. Semua vaksin disimpan pada temperatur 2 °C sampai 8 °C
2. Letakkan cool pack dibagian bawah lemari es sebagai penahan dingin dan menjaga kestabilan temperatur

3. Peletakan dus vaksin mempunyai jarak antara 1 cm sampai 2 cm atau satu jari tangan
4. Vaksin HS (Campak, Polio, BCG) diletakkan dekat dengan evaporator
5. Vaksin dalam lemari es harus diletakkan dalam kotak vaksin.

Hal- hal penting yang diperhatikan pada penyimpanan vaksin:

1. Vaksin akan rusak apabila temperatur terlalu tinggi atau terkena sinar matahari langsung, seperti vaksin polio oral (OPV), BCG dan campak.
2. Kerusakan juga dapat terjadi apabila terlalu tinggi atau beku, seperti toksoid tetanus, vaksin pertusis (DPT/DT) dan hepatitis B.
3. Vaksin polio boleh membeku dan mencair tanpa membahayakan potensinya.
4. Pada beberapa vaksin apabila rusak akan terlihat perubahan fisik. Vaksin DPT misalnya apabila pernah membeku akan terlihat gumpalan antigen yang tidak bisa larut lagi walaupun sudah di kocok sekuat-kuatnya. Sedangkan vaksin lainnya tidak akan berubah penampilan fisiknya walaupun potensinya sudah hilang atau potensi berkurang.
5. Vaksin yang telah dilarutkan lebih cepat rusak.
6. Sesekali potensi vaksin hilang akibat panas atau beku maka potensinya tidak dapat dikembalikan walaupun temperatur sudah dikembalikan.
7. Potensi vaksin hanya bisa diketahui dengan pemeriksaan laboratorium. (Government of India Ministry of Health & Family Welfare, 2016)

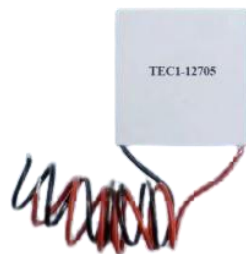
## 2.2. Konsep dasar *Coolbox Thermoeletrik*

*Thermoelectric Cooler* (TEC) atau sel Peltier merupakan alat yang berfungsi untuk merubah arus listrik menjadi temperatur. Pada penelitian ini TEC akan digunakan sebagai media pendingin pada kotak pendingin (*Thermoelectric Refrigerator/TER*) dengan tujuan sebagai alat mini refrigerator portable penyimpanan vaksin. Sumber energi TEC adalah arus listrik DC, sehingga mini refrigerator portable berbasis TEC sebagai media pendingin dapat digunakan untuk

menyimpan vaksin di daerah - daerah yang tidak terjangkau oleh arus listrik AC seperti daerah terpencil atau daerah yang terkena bencana alam yang membutuhkan pertolongan medis seperti vaksin.

### 2.3.Mekanisme *Thermoeletrik*

Pendingin *termoeletrik* (*thermoelectric cooler*) adalah alat pendingin yang menggunakan elemen peltier dalam sistemnya sebagai pompa kalor. Pompa kalor dihasilkan oleh Efek peltier yang timbul dari dua buah logam yang berbeda disambungkan dan kedua ujung logam tersebut dijaga pada temperatur yang berbeda, selain itu akan ada fenomena lain yang akan terjadi pada dua buah logam yaitu fenomena efek *joule*, efek *fourer*, efek peltier dan efek *Thomson*. Ketika dua buah kawat yang berbeda material disambungkan dan salah satu sisinya dipanaskan akan menimbulkan aliran arus yang terus menerus. Perbedaan temperatur yang terjadi antara dua buah konduktor berbeda material akan menghasilkan perbedaan tegangan antara dua substansi tersebut. Berikut ini gambar elemen peltier beserta tipe TC1 -12705.



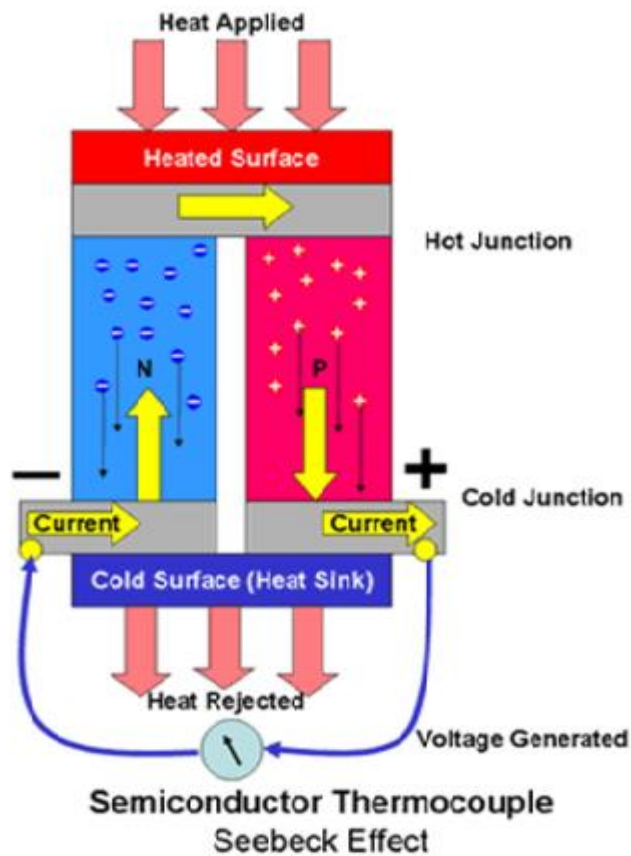
Sumber : (H. Julian Goldsmid, 2010)

Gambar 2.1. Elemen Peltier

Fenomena yang ditimbulkan ini disebut dengan efek Seebeck. Efek Seebeck memiliki dua aplikasi utama yaitu termasuk pengukuran temperatur dan power generation. Fenomena ini merupakan dasar dari penemuan selanjutnya yang disebut dengan efek peltier. Efek Peltier merupakan kebalikan dari *Seebeck* yaitu aliran elektron dari rangkaian Seebeck dibalik untuk menghasilkan refrigerasi (Colin, 2011). Efek Peltier di temukan oleh *Jean Peltier* yaitu fenomena dimana energi panas dapat diserap pada salah satu sambungan konduktor berbeda material dan dilepaskan pada sambungan lainnya ketika arus

listrik dialirkan pada rangkaian tertutup, Efek Peltier melibatkan lintasan dari arus listrik yang melewati thermocouple menghasilkan pemanasan atau pendinginan. Konversi energi listrik menjadi gradient temperatur menggunakan divais termoelektrik disebut dengan pendingin Peltier (Peltier cooling). (Amurulah, 2013)

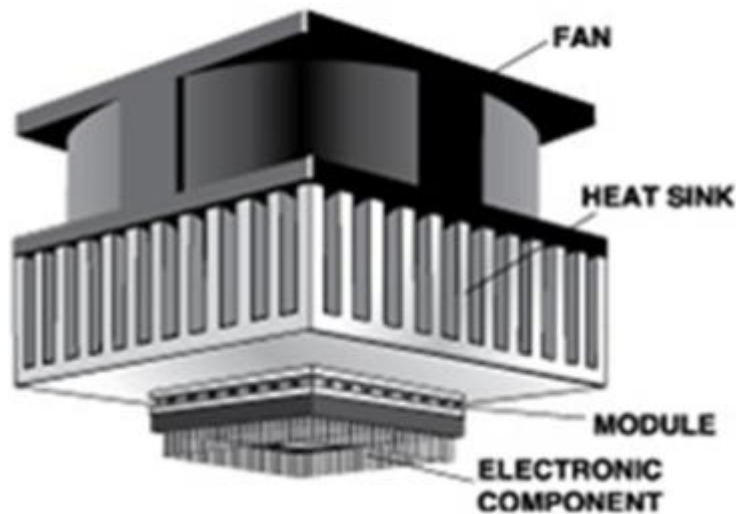
Hal yang menyebabkan sisi dingin elemen peltier menjadi dingin adalah mengalirkan elektron dari tingkat energi yang lebih rendah pada semikonduktor tipe-p, ke tingkat energi yang lebih tinggi yaitu semikonduktor tipe-n. Agar elektron tipe-p yang mempunyai tingkat energi yang lebih rendah dapat mengalir maka elektron menyerap kalor yang mengakibatkan sisi tersebut menjadi dingin. Sedangkan pelepasan kalor ke lingkungan terjadi pada sambungan sisi panas, dimana elektron mengalir dari tingkat energi yang lebih tinggi (semikonduktor tipe-n) ke tingkat energi yang lebih rendah (semikonduktor tipe-p), untuk dapat mengalir ke semikonduktor tipe-p, kelebihan energi pada tipe-n dibuang ke lingkungan sisi tersebut menjadi panas. Penyerapan kalor dari lingkungan terjadi pada sisi dingin yang kemudian akan dibuang pada sisi panas dari elemen peltier. Sehingga nilai kalor yang dilepaskan pada sisi panas sama dengan nilai kalor yang diserap ditambah dengan daya yang diberikan ke modul elektron mengalir dari semikonduktor pada tipe-p yang kekurangan energi, menyerap kalor pada bagian yang didinginkan kemudian mengalir ke semikonduktor tipe-n. Semikonduktor tipe-n yang kelebihan energi membuang energi tersebut ke lingkungan dan mengalir ke semikonduktor tipe-p dan seterusnya. (Fimansyah, 2009)



Sumber : (H. Julian Goldsmid, 2010)

Gambar 2.2. Arah Elektron Elemen Peltier

Pendingin termoelektrik memerlukan heat sink yang berfungsi untuk menyerap kalor pada sisi dingin elemen peltier maupun membuang kalor pada sisi panas peltier. Susunan dasar pendingin termoelektrik setidaknya terdiri dari elemen peltier dan heat sink baik pada sisi dingin elemen peltier maupun sisi panas, seperti pada gambar 2.3. Bagian yang didinginkan dapat langsung dihubungkan dengan sisi dingin elemen peltier maupun dihubungkan terlebih dahulu dengan alat penukar kalor sebelum dihubungkan dengan sisi dingin elemen peltier. Alat penukar kalor tersebut dapat berupa fluida. Kalor yang dihasilkan pada sisi panas elemen peltier disalurkan ke lingkungan melalui udara baik secara konveksi paksa maupun alami atau dengan media pendingin air maupun cairan lainnya. (Fimansyah, 2009)



Sumber :(Fimansyah, 2009)

Gambar 2.3. Komponen penyusun Elemen Peltier

### 2.3.1. Konduktivitas Termal Termoelektrik (K)

Proses perpindahan panas tergantung pada perbedaan temperatur ( $\Delta T$ ) dan konduktivitas jenis. Menurut hukum Wiedemann-Franz, nilai konduktivitas panas semakin tinggi atau meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan rata-rata partikel dalam perpindahan energi. Nilai konduktivitas panas dapat dihitung dengan Persamaan.

$$Q_{max} = K (0,5 \times Z \times (T_c)^2 - (T_h - T_c)) \quad (2.1)$$

$$K = \frac{Q_{max}}{(0,5 \times Z \times (T_c)^2 - (T_h - T_c))}$$

Dengan:

K = Konduktivitas termal termoelektrik (WK<sup>-1</sup>)

Q<sub>max</sub> = Kapasitas pendinginan maksimum TEC (W)

Z = *Figure of merit* (/K)

T<sub>c</sub> = Temperatur terminal dingin (K)

T<sub>h</sub> = Temperature terminal panas (K). (Goupil et al., 2016)

### 2.3.2. Koefisien Seebeck ( $\alpha_{pn}$ )

Koefisien Seebeck berpengaruh terhadap karakteristik bahan modul yang digunakan. Menurut (Goupil et al., 2016), nilai *koefisien Seebeck* dapat dihitung menurut Persamaan 2.2.

$$(\alpha_{pn}) = \sqrt{\frac{Z \times K \times R}{n^2}} \quad (2.2)$$

$$Z = \frac{\Delta T_{max}}{0,5 (T_c)^2}$$

Dengan:

- $\alpha_{pn}$  = Koefisien Seebeck (V/K)
- Z = Figur of merit (/K)
- K = Konduktivitas termal termoelektrik (WK-1)
- R = Hambatan alat ( $\Omega$ )
- n = Jumlah pasang kaki semi konduktor (127 pasang)
- $\Delta T_{max}$  = Perubahan temperatur maksimum TEC (K)
- $T_c$  = Temperatur terminal dingin (K). (Goupil et al., 2016)

### 2.3.3. COP (*Coefficient Of Performance*)

Dengan:  $\alpha_{pn}$  = Koefisien Seebeck (V/K) Z = Figur of merit (/K) K = Konduktivitas termal termoelektrik (WK-1) R = Hambatan alat ( $\Omega$ ) n = Jumlah pasang kaki semi konduktor (127 pasang) COP merupakan nilai dari sistem pendinginan termoelektrik. Nilai ini dapat menunjukkan tingkat kualitas dari sistem pendinginan termoelektrik. Nilai COP yang tinggi menunjukkan bahwa kualitas dari pendinginan sangat baik atau tinggi, sebaliknya COP yang rendah akan menunjukan kualitas yang kurang baik dalam sistem pendinginan. Menurut Oktorina (2006). COP dapat dihitung dengan Persamaan sebagai berikut.

- a. Panas yang terjadi pada terminal dingin

$$Q = n (\alpha_{pn}) T_c I - K (T_h - T_c) - 0,5 I^2 R \quad (2.3)$$

- b. Daya yang diperlukan



$$W = n (\alpha_{pn}) (T_h - T_c) I + I^2 R$$

c. COP yang dihasilkan

$$\text{COP} = \frac{Q_c}{W}$$

Dengan:

COP = *Coefficient of Performance*

Q<sub>c</sub> = Panas pada terminal dingin (W)

W = Daya yang diperlukan (W)

α<sub>pn</sub> = *Koefisien Seebeck* (V/K)

K = Konduktivitas termal termoelektrik (WK<sup>-1</sup>)

I = Arus listrik (A)

R = Hambatan listrik (Ω)

T<sub>c</sub> = Temperatur terminal dingin (K)

T<sub>h</sub> = Temperature terminal panas (K). (Goupil et al., 2016)

#### 2.4. Power Bank

Power Bank adalah suatu alat pengisi daya gadget atau barang elektronik lainnya yang dipergunakan saat sedang berada diluar atau jauh dari sumber listrik. Fungsi power bank dapat disebut juga sebagai penyimpan daya atau sebagai baterai cadangan, namun untuk penggunaannya kita tidak perlu mencopot baterai, kita cukup menancapkan kabel USB seperti saat kita men-charger menggunakan charger biasa. Power bank memang khusus dibuat untuk kondisi dilapangan yang berjauhan dengan sumber listrik, dan dalam perjalanan. Kapasitas daya mulai dari ribuan mAh sampai puluhan ribu mAh. Untuk penggunaan power bank sendiri cukup mudah. Untuk pengisian cukup dilakukan seperti saat men-charge handphone biasa. Untuk lama tidaknya sebuah power bank dapat digunakan tergantung dari daya yang dapat disimpan dari powerbank tersebut (biasanya dalam ukuran mAh). Misalnya saja sebuah perangkat elektronik, memiliki baterai berkapasitas 1500 mAh. Jadi, power bank berkapasitas 6000 mAh dapat mengisi baterai 1500 mAh hingga empat kali

charge. Namun ada juga kemungkinan kurang dari empat kali charger, hal ini dikarenakan berbagai sebab misalnya saat pengisian power bank tidak maksimal.

Adapun kelebihan menggunakan powerbank adalah :

1. Sangat membantu saat anda saat berada dalam perjalanan dimana sulit atau bahkan tidak ada aliran listrik.
2. Umumnya powerbank mempunyai spesifikasi high power dengan kapasitas mAh yang sangat besar, jauh dibanding baterai cadangan. Hal ini menjadikan proses charging bisa lebih cepat.
3. Powerbank charger bersifat universal, dengan menggunakan port microUSB atau miniUSB yang dapat mensuplai energi beberapa smartphone yang berbeda merek.

Disamping itu kekurangan dalam penggunaan powerbank adalah :

1. Beberapa kasus powerbank malah dapat mempersingkat umur baterai, pasalnya ukuran tegangan yang tidak sesuai antara powerbank dengan elektronik tersebut.
2. Harganya masih relatif mahal, terutama powerbank merek ternama dengan kapasitas besar yang mempunyai kualitas bagus.
3. Bobot powerbank relatif berat untuk yang memiliki kapasitas besar, dan beberapa jenis harus dioperasikan dengan dukungan kabel USB.
4. Powerbank juga memerlukan proses charge seperti halnya baterai, dan biasanya durasinya bisa mencapai 5 sampai 6 jam bahkan seharian sampai kapasitas penuh.
5. Baterai cepat panas saat di charge Dengan kelebihan dan kekurangan ini kita dapat melihat dan mempertimbangkannya sebelum membeli.

Menggunakan power bank ada dampak baik dan buruknya, dampak baiknya adalah kita bisa mencharge peralatan elektronik dimanapun dan kapanpun tanpa harus ada aliran listrik. Sedangkan dampak buruknya adalah apabila kita terlalu sering menggunakannya dan kapasitas powerbank dengan peralatan elektronik tidak sesuai, hal itu akan merusak baterai dan bahkan kinerja dari powerbank pun akan menurun. Pada penelitian ini powerbank digunakan sebagai

sumber daya untuk sumber listrik Coolbox yang akan membawa Vaksin ke daerah-daerah yang jauh dari sumber listrik. Power Bank yang digunakan pada penelitian ini berkapasitas 24.750 mAh (74 Wh). (Surya et al., 2009)

## 2.5. Beban Pendingin

Beban pendinginan yang dimaksud dalam analisis ini adalah beban panas yang berasal dari produk yang didinginkan dan beban panas dari luar yang harus diatasi oleh sistem untuk mencapai temperatur yang diinginkan. Beban pendinginan dari suatu ruangan akan menentukan kapasitas dari mesin pendingin yang digunakan. Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menghitung beban pendinginan dari suatu ruangan pendingin yaitu, perbedaan temperatur ruangan yang akan dikondisikan dengan temperatur luar, struktur bahan yang dipakai dalam perancangan, produk yang akan didinginkan, serta hal-hal lainnya yang mempengaruhi beban pendinginan. Beban panas dari luar berasal dari konduksi udara luar dengan dinding. Besarnya beban panas dari luar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.4) sebagai berikut:

$$Q = \frac{m \cdot C \cdot \Delta T}{t} \quad (2.4)$$

Dimana:

Q = Kalor yang dilepas atau diterima (Joule/t = W)

m = Massa (kg) C = Kalor jenis (J/kg°C)

ΔT = Perubahan temperatur (C)

t = Waktu (s). (Siagian, 2017)

Beban pendinginan udara adalah beban yang terjadi didalam kotak pendinginan, plat aluminium adalah heatsink sisi dingin pada TEC, dan vaksin yang digunakan sebagai beban pendinginan adalah 120 ml.

## 2.6. Perpindahan Bentuk Kalor

Bentuk konduksi merupakan suatu besaran yang digunakan dalam mengoreksi perpindahan kalor konduksi pada media atau bahan dengan bentuk geometri tertentu. Dalam sistem tiga dimensi, mempunyai faktor bentuk yang

berbeda-beda untuk menghitung aliran kalor di bagian-bagian sudut dan tepi. Menurut Holman (1993) Jika semua dimensi dalam lebih besar dari seperlima tebal dinding maka didapat Persamaan 2.5 sebagai berikut:

$$S_{\text{dinding}} = \frac{A}{x} \quad (2.5)$$

$$S_{\text{tepi}} = (0,54 \times p) + (0,54 \times l) + (0,54 \times t)$$

$$S_{\text{sudut}} = 0,10 \times$$

$$Q_{\text{dinding}} = k S_{\text{total}} (T5 - T4)$$

Dimana:

S = Lebar permukaan (m)

A = Luasan dinding (m<sup>2</sup>) x = Tebal dinding (m)

T5 = temperatur dinding luar (K)

T3 = Temperatur dinding dalam (K)

k = Konduktivitas polyurethane ( 0,02 W/moK)

p = Panjang kotak pendingin (m)

l = Lebar kotak pendingin (m)

t = Tinggi kotak pendingin (m). (Siagian, 2017)

## 2.7. Daya Listrik

Daya listrik merupakan jumlah energi listrik yang mengalir dalam setiap satuan waktu (detik). Dalam penelitian ini, daya listrik merupakan faktor yang sangat berpengaruh besar terhadap nilai efisiensi sistem pendinginan. Besarnya daya listrik yang digunakan dapat diketahui dengan mengukur arus dan tegangan saat elemen termoelektrik bekerja. Daya listrik dapat dicari dengan Persamaan 2.13 sebagai berikut:

$$P = V I \quad (2.6)$$

Dengan:

P = Daya listrik (Watt)

V = Tegangan (Volt)

$I =$  Arus listrik (A). (Sinaga & Wijianti, 2016)

## 2.8. Efisiensi Sistem Pendingin

Efisiensi pendinginan sistem merupakan perbandingan jumlah kalor yang bekerja seluruhnya terhadap kalor yang masuk pada suatu sistem yang pada penelitian ini berupa daya listrik. Efisiensi ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti: faktor bentuk, beban pendinginan heatsink dingin, dan beban pendinginan udara. Dalam mencari nilai efisiensi yang dihasilkan dari suatu sistem pendinginan dapat dihitung dengan Persamaan 2.7.

$$\eta = \frac{Q_T}{P} = 100\% \quad (2.7)$$

Dengan:

$\eta$  = Efisiensi pendinginan

$Q_T$  = Kalor total = kalor bentuk + kalor heatsink dingin + kalor beban pendingina udara + kalor beban pendingina vaksin =  $q_{\text{dinding}} + q_{\text{aluminium}} + q_{\text{udara}} + q_{\text{vaksin}}$

$P$  = Daya Listrik (Watt). (Siagian, 2017)

## 2.9. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah rangkaian Thermoelectric Cooler (TEC) atau sel Peltier paralel lebih cocok digunakan sebagai mini refrigerator portable yang menggunakan sumber listrik power bank. Efisiensi TEC rangkaian paralel sistem pendinginan lebih bagus dari rangkaian seri karena arus listrik yang masuk pada TEC lebih besar dari rangkaian seri meskipun menggunakan daya listrik yang sama. Oleh karena itu pada TEC rangkaian seri dibutuhkan daya listrik yang lebih besar untuk mendapatkan hasil yang sama dengan TEC rangkaian paralel sehingga mengakibatkan efisiensi TEC rangkaian seri lebih rendah dari TEC rangkaian paralel. Pada penelitian kali ini peneliti bertujuan untuk mengetahui kemampuan kotak pendingin (Thermoelectric Refrigerator/TER) yang menggunakan media listrik Power bank, yang digunakan untuk penyimpanan vaksin yang akan didistribusikan ke daerah-daerah terpencil.

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian metode eksperimen, dengan melakukan pengujian pada perangkat *cooler box* dengan menambah elemen Thermoelektrik. Adapun data yang diperoleh nantinya merupakan data primer yang menggunakan teknik pencatatan langsung terhadap variabel yang diujikan.

#### 3.2. Tempat & Waktu Penelitian

##### 3.2.1. Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara (UMSU) Medan.

##### 3.2.2. Waktu Penelitian

Pada penelitian ini waktu dan prosedur pelaksanaannya akan dijabarkan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Waktu penelitian

No.	Uraian Kegiatan Mulai dari tanggal 12 Februari	Bulan ke Minggu											
		Mei		Jun		Jul		Ags		Sep		Okt	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Studi Permasalahan Di Lapangan	■											
2	Pembelian barang		■										
3	Perakitan barang (Assembling)			■	■	■							
4	Seminar proposal dan Eksperimental Set up						■	■					
5	Pengujian rangkaian Thermoelektrik								■	■	■		

Tabel 3.1 Waktu penelitian

No.	Uraian Kegiatan	Bulan ke Minggu											
		Mei		Jun		Jul		Ags		Sep		Okt	
	Mulai dari tanggal 12 Februari	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	Pengumpulan data eksperimen												
7	Analisa dan Pembahasan												
8	Sidang												
9	Perbaikan dan penggandaan laporan akhir												
Berakhir pada akhir bulan Oktober													

### 3.3. Alat dan Bahan

#### 3.3.1. Alat dan Instrumen Penelitian

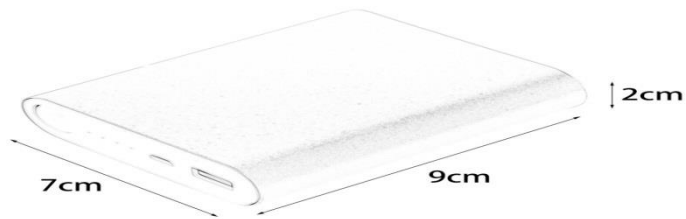
Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. *Cool box* Mini (19,4x9x9) Cm
- b. Elemen Thermoeletrik (Peltier) tipe TC1 -12705
- c. Data Logger
- d. Kabel USB
- e. Solder
- f. Vaksin
- g. Power Bank

Tabel. 3.2. Spesifikasi Power Bank

Power Bank	Spesifikasi
Type	Gen2c
Diimensi	7cm x 9cm x 2 cm
Dc Input	DC 5V / 2A 9V / 2A
Dc Ouput	2 x DC 5.1V / 2.4A 9V / 2A 12V / 1.5A MAX18W.
Port	2 Port.
Kapasitas	20.000 mah

Sumber : (Jun Kelvin D. Kimayong, 2019)



Sumber : (Jun Kelvin D. Kimayong, 2019)

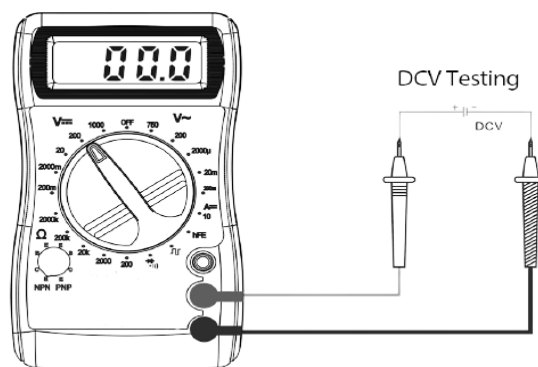
Gambar 3.1 Multimeter Power Bank

h. Multimeter

Tabel. 3.1. Spesifikasi Mutimeter

Multimeter	Spesifikasi
Type	CD800a
Digital Count	3-3/4 digit, 4000 hitungan
DCV range	400m/4/40/400/600V
Resolusi	0,1 mV
ACV range	0-800 °C
Resistance, range	400/4k/40K/400k/4M/40M ohm
Capacitance	50n/500n/5μ/50μ/100μF
Frekuensi	5Hz - 100kHz
tegangan output	1,5V

Sumber : (Jun Kelvin D. Kimayong, 2019)



Sumber : (Jun Kelvin D. Kimayong, 2019)

Gambar 3.2 Multimeter Digital



- i. Gerinda
- j. Thermal Paste
- k. Hand Drill
- l. Aluminium
- m. Styrofoem Glue

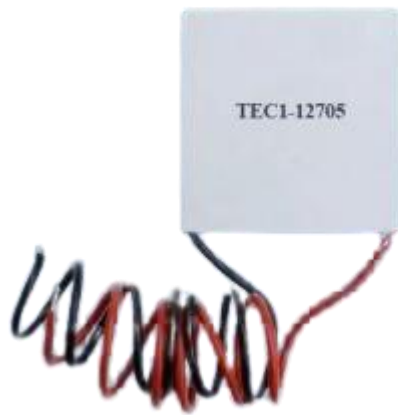
### 3.3.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah elemen termoelektrik (Peltier) dengan variasi rangkaian elemen peltier paralel pada kotak pendingin dengan dimensi ( 16 x 10 x 26) cm dengan pemberian daya yang bervariasi yaitu 10 W 20 W, 30 W dan 40 W. Batas temperatur akan diuji coba mencapai temperatur 0 – 5°C, sedangkan *cool box* juga mempunyai setelan temperatur panas yang bisa mencapai 40 – 65°C. Spesifikasi dari Peltier dapat dilihat pada tabel 3.2 sebagai berikut:

**Tabel. 3.4** Spesifikasi Peltier Element

Type	TEC1 - 12705	
Hot side temperature	25 <sup>0</sup> C	50 <sup>0</sup> C
Qmax (Watt)	50	57
Delta T max (°C)	66	75
I max (Ampere)	6.4	6.4
V max (Volt)	14.4	16.4
Module Resistenace (ohm)	1.98	2.3
Max Operating Temperature	130 <sup>0</sup> C	
Life time expectancy	200,000 hours	
Failure rate	0.2%	
Ceramic Material	Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	
Solder Construction	138 <sup>0</sup> C, Bismuth Tin (BiSn)	

Sumber : (L.T. Hebei, 2013)



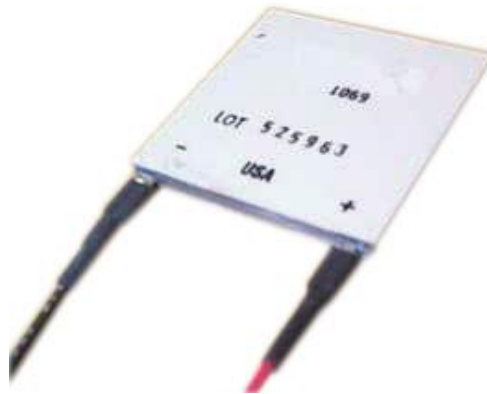
Sumber : (L.T. Hebei, 2013)  
Gambar 3.3 Elemen Thermoelektrik (Peltier)



Sumber : Pengolahan Data  
Gambar 3.4 Kotak Pendingin (Cool box)

### 3.4.Rancangan Alat Cool box

*Cool box* mempunyai komponen-komponen penting dalam proses pendinginan maupun pemanasan. Untuk memahami bagian komponen-komponen pada pendingin *cool box*, akan dijabarkan beberapa komponen penyusun *cool box*, yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Sumber : (H. Julian Goldsmid, 2010)

Gambar 3.5 Peltier



Sumber : (H. Julian Goldsmid, 2010)

Gambar 3.6 Pendingin (Heat Sink)

**Tabel. 3.5** Spesifikasi Kipas

Type	Kipas Pendingin
Dimensi	40mmX40mmX13mm
Jenis listrik	Dc

**Tabel. 3.5** Spesifikasi Kipas

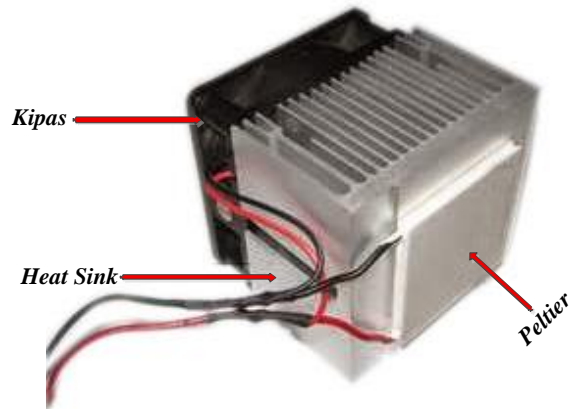
Type	Kipas Pendingin
Volt	12
Pin	2
Bilah	9

Sumber : (H. Julian Goldsmid, 2010)



Sumber : (H. Julian Goldsmid, 2010)

Gambar 3.7 Kipas Kecil



Sumber : (H. Julian Goldsmid, 2010)

Gambar 3.8 Susunan Rangkaian Cool box



Sumber : Pengolahan Data  
Gambar 3.9Cool box Komplit

### 3.5. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode percobaan yang dilakukan di laboratorium dengan menjadikan penelitian terdahulu sebagai referensi untuk melakukan percobaan dengan variasi rangkaian elemen termoelektrik (Peltier). (Amirullah, 2015).

Hasil penelitian kemudian dianalisa dan konsultasi dengan dosen pembimbing penelitian. Penelitian ini menggunakan 2 buah elemen termoelektrik (Peltier) dengan variasi rangkaian elemen Peltier paralel pada kotak pendingin *polyurethane* (16 x 10 x 26) cm. Pemberian daya pada rangkaian paralel tetap yaitu sebesar 10 W, 20 W, 30 W, & 40 W dengan daya yang bersumber dari Power bank.

### 3.6. Prosedur Penelitian

#### 3.6.1. Persiapan Alat Pengujian

Persiapan alat pengujian dilakukan dengan memodifikasi kotak pendingin dengan menambahkan elemen termoelektrik (Peltier) yang disusun secara paralel

### 3.6.2. Pemeriksaan Alat Pengujian

Pengujian Memeriksa semua kelengkapan alat uji penelitian serta melakukan tes untuk memeriksa alat uji berfungsi dengan baik atau tidak

### 3.6.3. Tahapan Experimental Setup

Tahapan yang dilakukan dalam melakukan Experimental set up adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan pembelian barang *cool box* mini portable
- b. Melakukan Assembling pemisahan perangkat cool box, dan melakukan pelepasan elemen peltier bawah'an *cool box*
- c. Melakukan pemasangan elemen peltier yang berspesifikasi tinggi
- d. Pemasangan alat ukur temperatur (*thermocouple*), pada titik T1, T2, T3, T4, dan T5,
- e. Menjalankan alat uji dan mencatat temperatur yang ditunjukkan oleh pengukur temperatur pada semua titik yang ditentukan
- f. Pengumpulan data
- g. Melakukan percobaan dengan merubah variasi elemen termoelektrik (Peltier) dengan rangkaian paralel. Variasi daya listrik untuk rangkaian paralel adalah 10 W, 20 W, 30 W, & 40 W
- h. Perhitungan data untuk mencari COP dan efisiensi sistem pendingin.

### 3.7. Instrumen Alat Pengukur Temperatur

Pada penelitian ini, alat instrumen pengukuran temperatur yang digunakan ialah *Thermocouple*. *Thermocouple* merupakan sensor temperatur yang bisa digunakan untuk mengukur temperatur dengan nilai yang tinggi. sehingga sensor temperatur *thermocouple* ini banyak digunakan untuk industri. Sensor temperatur *thermocouple* memiliki nilai output yang kecil dengan noise yang tinggi, sehingga memerlukan rangkain pengkondisi sinyal agar nilai output tersebut dapat dibaca dengan baik. Berikut ini gambar dan spesifikasi *thermocouple* yang digunakan pada penelitian ini:

Tabel. 3.6. Spesifikasi Alat Pengukur Temperatur

Thermocouple	Spesifikasi
Type	K-MAX6675
Operating voltage	DC 5V
Operating Current	50mA
The temperature measuring range	-200 °C – 1200 °C
Best temperature measurement accuracy	0-800 °C
temperature measurement accuracy	± 1.5 °C
Output	SPI digital signal
Material Logam Konduktor Positif	Nickel-Chromium
Material Logam Konduktor Negatif	Nickel-Aluminium

Sumber : (Effendrik et al., 2014)

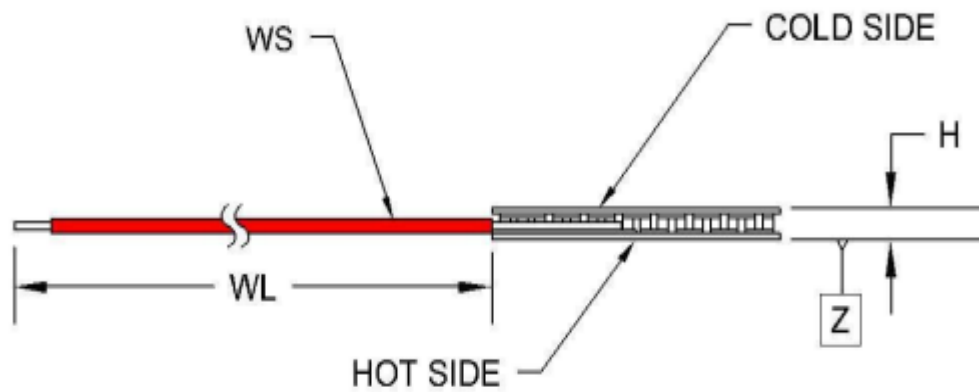


Sumber : (Effendrik et al., 2014)

Gambar 3.10 Thermocouple

### 3.8. Titik Instrumen Pengukuran Temperatur *Cool box*

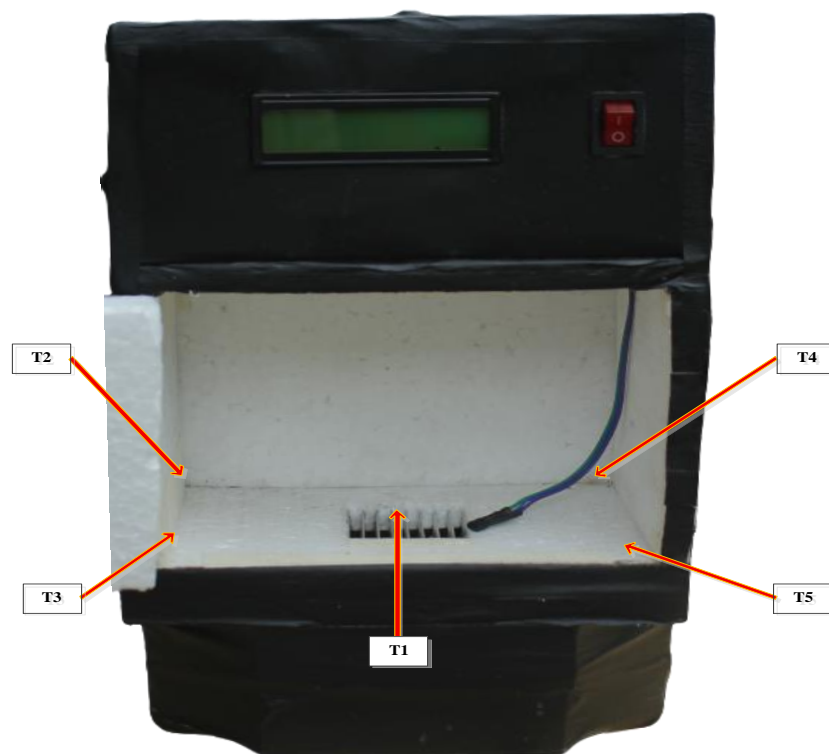
Berikut ini adalah skema rangkaian Thermoelektrik yang akan digunakan pada penelitian, skema rangkaian Thermoelektrik digunakan untuk dapat mengetahui bagian panas dan dingin pada rangkaian Thermoelektrik, dan dapat dilihat pada Gambar 3.8, sebagai berikut:



Sumber : (L.T. Hebei, 2013)

Gambar 3.11 Skema Rangkaian

Selanjutnya akan dilakukan Titik pengambilan temperatur berdasarkan artikel (Nakahama, 2007). Keterangan titik pengambilan temperatur pada Gambar 3.9 sebagai berikut;



Sumber : (Nakahama, 2007)

Gambar 3.12 Titik Pengambilan Temperatur



Keterangan :

T1 = Titik pengambilan suhu pertama

T2 = Titik pengambilan suhu kedua

T3 = Titik pengambilan suhu ketiga

T4 = Titik pengambilan suhu keempat

T5 = Titik pengambilan suhu kelima

### 3.9. Variabel

Variabel pada dasarnya adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulan. (Amirullah, 2015)

#### 3.9.1. Variabel Bebas

Yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi elemen termoelektrik (Peltier) dengan rangkaian paralel. Daya listrik untuk elemen termoelektrik pada rangkaian paralel sebesar 10 W, 20 W, 30 W dan 40 W.

#### 3.9.2. Variabel Terikat

Variabel Terikat merupakan suatu variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. variabel terikat dalam penelitian ini adalah temperature dingin dalam kotak, temperatur pada titik-titik pengukuran temperatur.

#### 3.9.3. Variabel Kontrol

Variabel Kontrol merupakan suatu variabel yang besarnya dikendalikan dan dibuat konstan oleh peneliti. Sehingga hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat pada penelitian ini tidak terpengaruh oleh faktor – faktor lain yang tidak digunakan pada metode penelitian. Pada penelitian ini, variabel kontrol yang termasuk didalamnya adalah daya listrik yang diberikan kepada elemen termoelektrik (Peltier) rangkaian paralel dengan pengambilan data temperaturpada

titik pengukuran temperatur dilakukan setiap 1 menit sekali dalam kurun waktu 1 jam.

### 3.10. Tabel Pengukuran

Untuk dapat mengukur hasil percobaan pada daya dan temperatur elemen peltier, pengukuran ini diambil berdasarkan variabel pengukuran waktu, daya, dan temperatur dapat dibuat tabel pengukuran sebagai berikut.

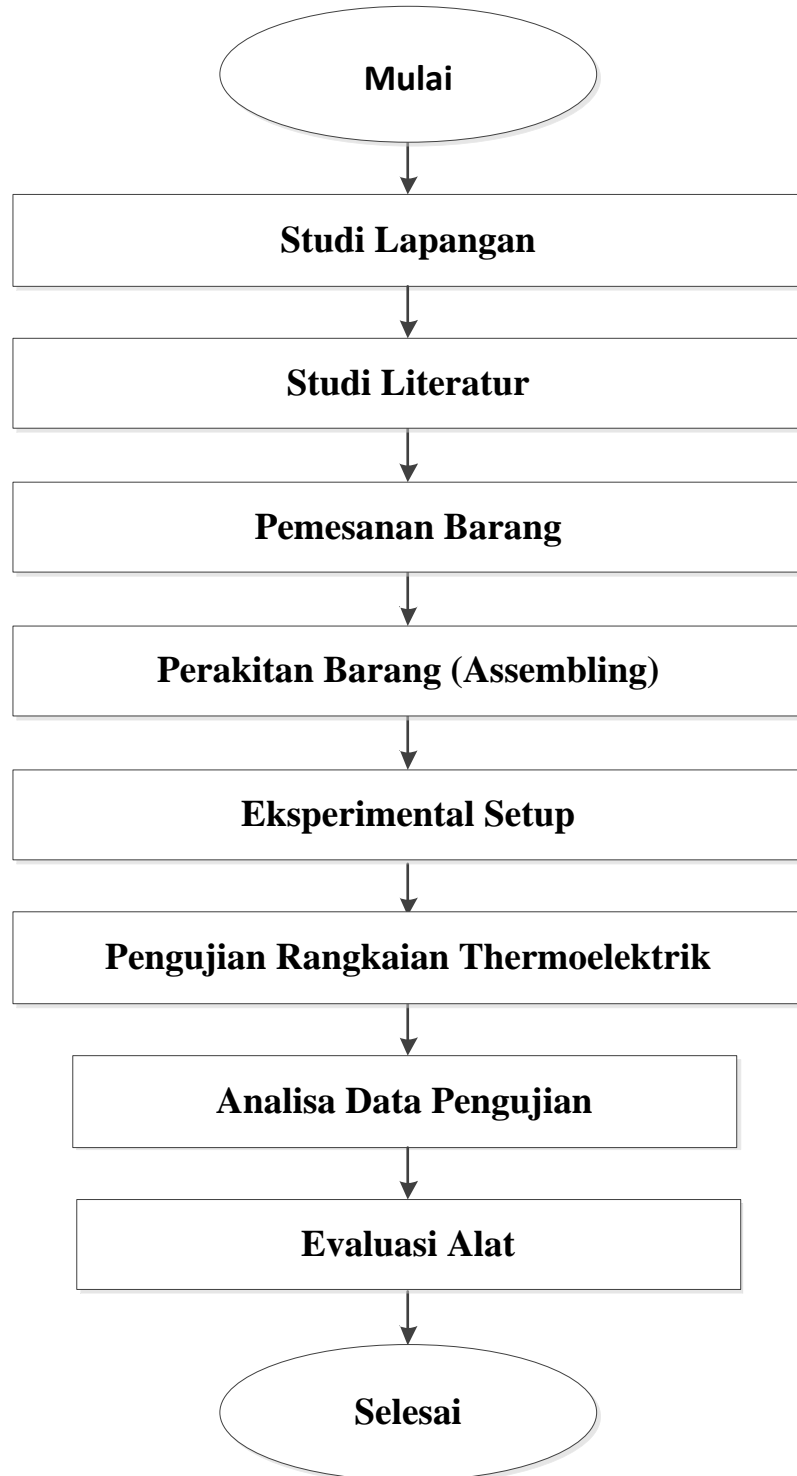
Tabel. 3.7 Tabel pengukuran percobaan pada variasi elemen Peltier rangkaian paralel

Waktu (Menit)	Daya (W)	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )				
		T1	T2	T3	T4	T5
0	10					
	20					
	30					
	40					
	10					
10	20					
	30					
	40					
	10					
	20	20				
30						
40						
10						
30		20				
	30					
	40					
	10					
	40	20				
30						
40						
10						
50		20				
	30					
	40					
	10					
	60	20				
30						
40						

Sumber:(Ansyori, 2017)

### 3.11. Bagan Alir Penelitian

Diagram alir penelitian bertujuan untuk mengetahui aliran tahapan-tahapan penelitian, berikut diagram alir penelitian:



Gambar 3.13 Bagan Alir Penelitian

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

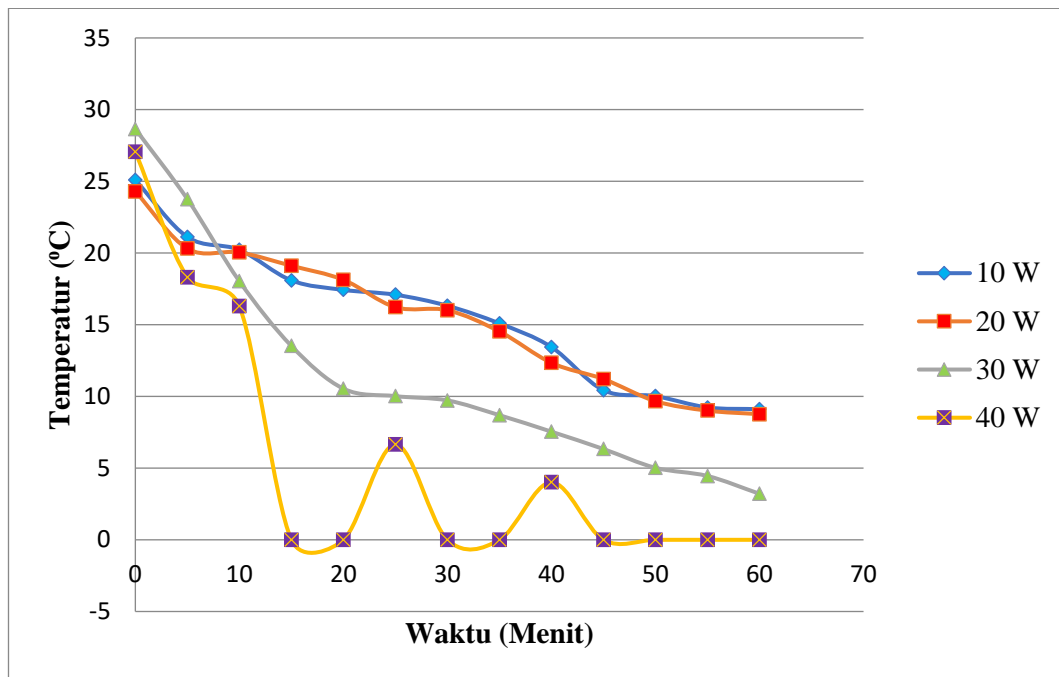
#### 4.1. Analisis dan Evaluasi

Berikut adalah data-data dan analisa hasil pengujian *cool box* yang dilengkapi heatsink-fan. Penyajian data yang diperoleh akan digambarkan dalam grafik berupa penurunan temperatur terhadap waktu pendinginan. *Cool box* selalu difungsikan dengan setting yang tetap ketika dilakukan pengambilan data, peltier dan kipas selalu dioperasikan dengan tegangan tetap peltier yaitu 12 volt. Variasi pengujian dilakukan dengan besar daya yang masuk yaitu 10 W, 20 W, 30 W, & 40 W dan hanya dilakukan pada beban berupa cairan vaksin (120 ml). Lamanya pengambilan pada saat pengujian adalah 1 jam (60 menit). Data diambil berdasarkan jumlah menit sampai dengan batas tertinggi yaitu 60 menit. Data-data yang diambil pada pengujian ini akan di analisis pada penelitian ini yang terbagi menjadi terbagi menjadi dua bagian yaitu:

1. Hasil pengumpulandata melalui pengujian *cool box* dengan beban dan penggunaan beban yaitu cairan vaksin. Pengujian *cool box* tersebut juga akan dilakukan dengan pengujian daya listrik yang bervariasi yang berguna untuk mencari daya (Watt), yang optimal untuk mencapai temperatur mencapai dibawah  $8^{\circ}$  C.
2. Hasil pengumpulan data dan pembuatan *cool box* tersebut juga akan dianalisis mulai dari :
  - a. Konduktivitas Termal Termoelektrik
  - b. Koefisien Seebeck
  - c. COP (Coefficient Of Performance)
  - d. Beban Pendingin
  - e. Perpindahan Bentuk Kalor
  - f. Daya Listrik
  - g. Effisiensi Sistem Pendingin

#### 4.2. Analisis Grafik Distribusi Temperatur Tanpa Beban

Berikut ini merupakan data temperatur kulkas, dengan beban kosong dari berbagai variasi daya pengujian pada rangkaian peltier paralel.



Sumber : Pengolahan Data

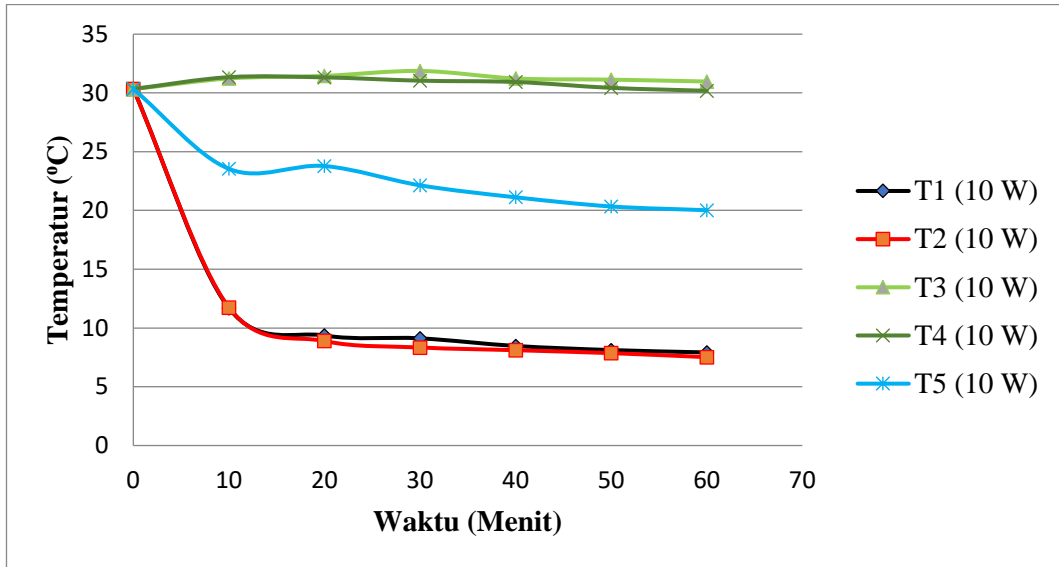
Gambar 4.1. Pengujian *cool box* dengan beban kosong

Dari gambar grafik 4.1 dapat dilihat bahwa semua titik pengujian memperlihatkan trend penurunan temperatur yang mempunyai jalur penurunannya masing – masing. Variasi penggunaan daya listrik yang bervariasi menunjukkan penurunan suhu yang sangat signifikan. Suhu diukur secara keseluruhan dengan beban kosong. Untuk mencapai suhu cabin sebesar 1 °C dibutuhkan daya listrik sebesar 40 W. Sedangkan pada penggunaan daya 10 W dibutuhkan waktu sekitar 60 menit untuk mencapai suhu 9 °C. Sedangkan pada 30 W untuk waktu yang sama temperaturnya sekitar 3 °C, untuk 20 W temperatur terendah yang dicapai sekitar 8 °C. Dari grafik tersebut dapat dinyatakan bahwa besarnya daya sangat berpengaruh terhadap kerja pendinginan. Daya yang paling optimal pada daya listrik tersebut berada di daya 30 & 40 W, yang dimana daya tersebut dapat mempertahankan suhu berkisar antara 3 °C sampai dengan 1 °C, secara konsisten.

#### 4.3. Analisis Grafik Temperatur Dengan Beban

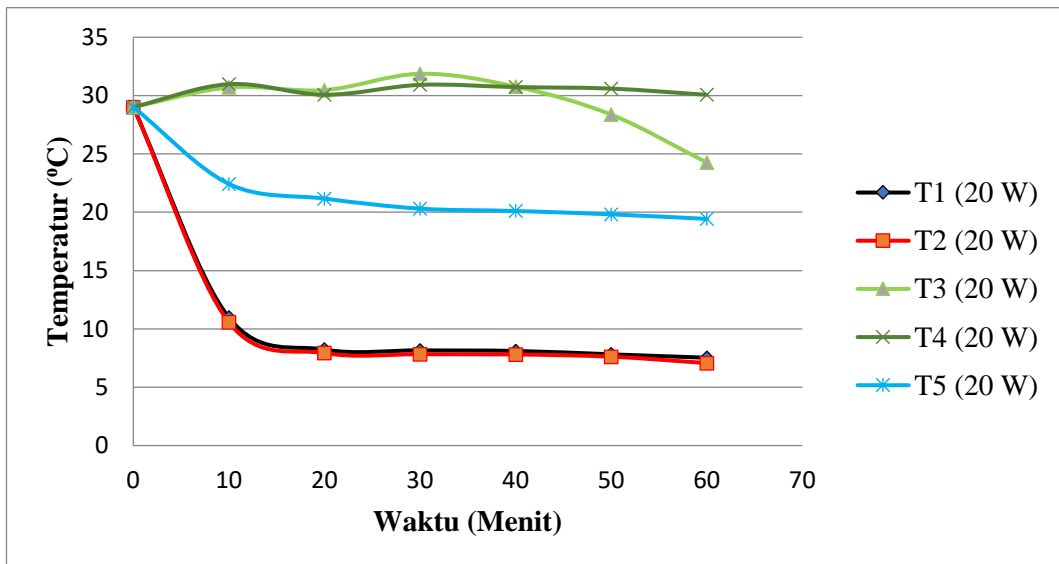
Berikut ini merupakan data temperatur kulkas, dengan beban cairan vaksin (120 ml) dengan pengukuran temperatur dengan berbagai variasi titik pengujian pada

rangkaian peltier paralel. Pada analisa grafik temperatur ini uji dengan variasi daya listrik yaitu 10, 20, 30 & 40 W :



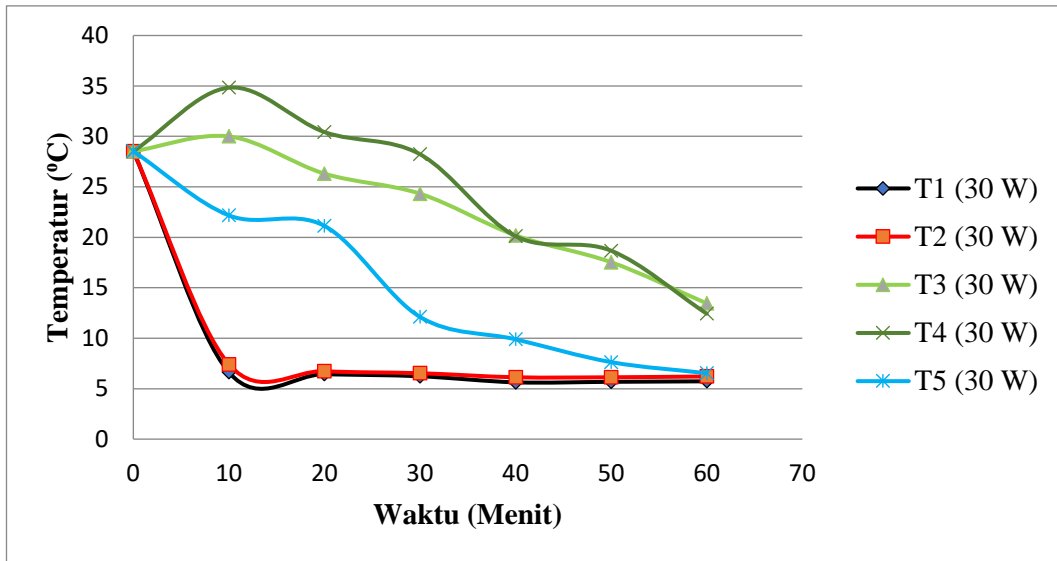
Sumber : Pengolahan Data

Gambar 4.2. Pengujian cool box berisi beban cairan vaksin dan daya 10W



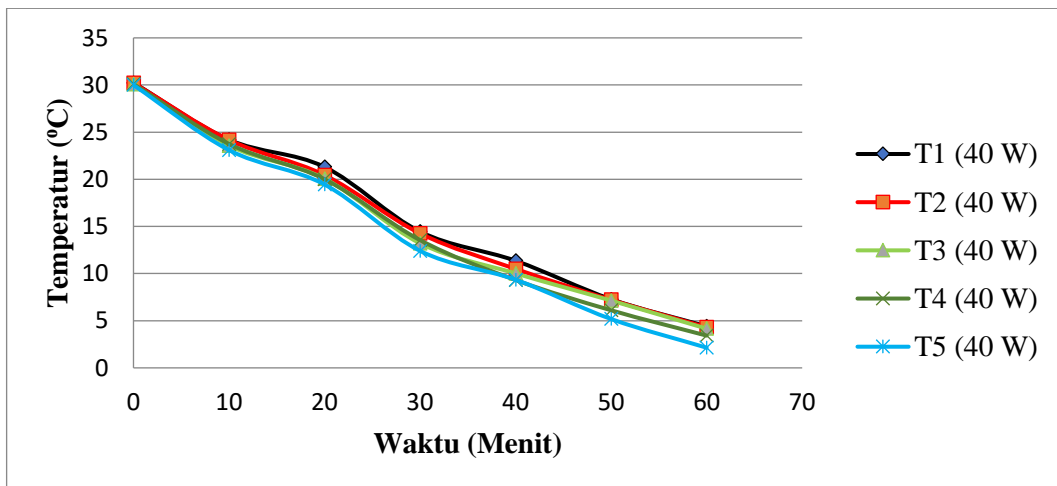
Sumber : Pengolahan Data

Gambar 4.3. Pengujian cool box berisi beban cairan vaksin dan daya 20W



Sumber : Pengolahan Data

Gambar 4.4. Pengujian cool box berisi beban cairan vaksin dan daya 30W



Sumber : Pengolahan Data

Gambar 4.5. Pengujian cool box berisi beban cairan vaksin dan daya 40W

Dari gambar grafik 4.2 dapat dilihat bahwa semua titik pengujian memperlihatkan trend penurunan temperatur yang mempunyai jalur penurunannya yang bervariasi dengan penggunaan daya listrik sebesar 10 W. Temperatur diukur dengan titik point pengukuran yang sudah ditandai dengan titik temperatur yaitu T1, T2, T3, T4 & T5 dan diukur menggunakan alat pengukur temperatur yaitu thermocouple dengan beban cairan vaksin. Suhu cabin yang mengalami penurunan paling signifikan terjadi pada titik pengukuran T1, dan T2 yang

mencapai temperatur mencapai 7 °C. Untuk mencapai temperatur 7 °C dibutuhkan waktu sekitar 60 menit, sedangkan titik pengukuran T3 temperatur terendah hanya mencapai 30 °C, titik pengukuran T4 temperatur terendah hanya mencapai 30 °C dan titik pengukuran T5 hanya mencapai temperatur terendah yaitu 20 °C. Dari grafik tersebut dapat dinyatakan bahwa titik temperatur terendah berada di titik pengukuran T1 dan T2.

Dari gambar grafik 4.3 dapat dilihat bahwa semua titik pengujian memperlihatkan trend penurunan temperatur yang mempunyai jalur penurunannya yang bervariasi dengan penggunaan daya listrik sebesar 20 W. Temperatur diukur dengan titik point pengukuran yang sudah ditandai dengan titik temperatur yaitu T1, T2, T3, T4 & T5 dan diukur menggunakan alat pengukur temperatur yaitu thermocouple dengan beban cairan vaksin. Suhu cabin yang mengalami penurunan paling signifikan terjadi pada titik pengukuran T1, dan T2 yang mencapai temperatur mencapai 7 °C. Untuk mencapai temperatur 7 °C dibutuhkan waktu sekitar 60 menit, sedangkan titik pengukuran T3 temperatur terendah hanya mencapai 24 °C, titik pengukuran T4 temperatur terendah hanya mencapai 30 °C dan titik pengukuran T5 hanya mencapai temperatur terendah yaitu 19 °C. Dari grafik tersebut dapat dinyatakan bahwa titik temperatur terendah berada di titik pengukuran T1 dan T2

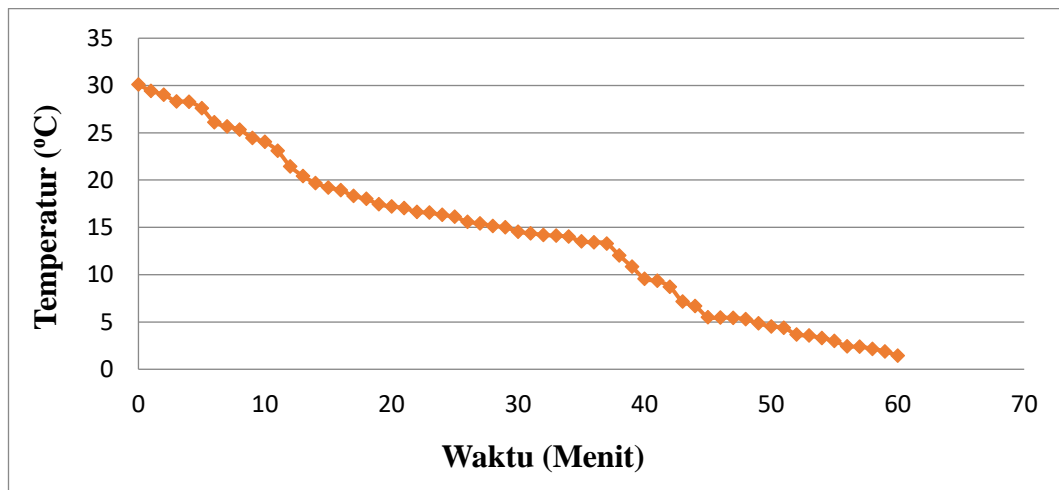
Dari gambar grafik 4.4 dapat dilihat bahwa semua titik pengujian memperlihatkan trend penurunan temperatur yang mempunyai jalur penurunannya yang bervariasi dengan penggunaan daya listrik sebesar 30 W. Temperatur diukur dengan titik point pengukuran yang sudah ditandai dengan titik temperatur yaitu T1, T2, T3, T4 & T5 dan diukur menggunakan alat pengukur temperatur yaitu thermocouple dengan beban cairan vaksin. Suhu cabin yang mengalami penurunan paling signifikan terjadi pada titik pengukuran T1, T2 dan T5 yang mencapai temperatur untuk T1 5 °C, T2 6 °C T5 6 °C dan dibutuhkan waktu sekitar 60 menit untuk mencapai temperatur tersebut. Sedangkan titik pengukuran T3 temperatur terendah hanya mencapai 13 °C, titik pengukuran T4 temperatur terendah hanya mencapai 12 °C. Dari grafik tersebut dapat dinyatakan bahwa titik temperatur terendah berada di titik pengukuran T1, T2, dan T5.



Dari gambar grafik 4.5 dapat dilihat bahwa semua titik pengujian memperlihatkan trend penurunan temperatur yang mempunyai jalur penurunannya yang bervariasi dengan penggunaan daya listrik sebesar 40 W. Temperatur diukur dengan titik point pengukuran yang sudah ditandai dengan titik temperatur yaitu T1, T2, T3, T4 & T5 dan diukur menggunakan alat pengukur temperatur yaitu thermocouple dengan beban cairan vaksin. Temperatur cabin yang mengalami penurunan paling signifikan terjadi pada titik pengukuran T1, T2, T3, T4, T5 yang mencapai temperatur yang mengalami penurunan yang sangat signifikan yang rata-rata temperatur mencapai 4 °C, 3 °C dan 2 °C, dengan waktu yang dibutuhkan sekitar 60 menit untuk mencapai temperatur tersebut. Dari grafik tersebut dapat dinyatakan bahwa titik temperatur tersebut dinyatakan optimal dengan pemerataan distribusi yang mencapai 4 °C, 3 °C dan 2 °C

#### 4.4. Analisa Grafik Tes Jalan

Pada pengujian *cool box* dengan tes jalan menggunakan daya optimal yaitu 40 W, hasil yang didapatkan terjadi penurunan temperatur yang signifikan dalam 1 jam, dimana suhu dihitung mulai dari waktu kosong 0, sampai dengan waktu 60 menit. Berikut merupakan grafik tes jalan pengujian *cool box*;



Sumber : Pengolahan Data

Gambar 4.6. Pengujian *cool box* tes jalan

Dari gambar grafik 4.6 dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan penurunan temperatur yang signifikan pada saat dilakukan tes jalan selama 60 menit dengan

penggunaan daya listrik sebesar 40 W. Temperatur terendah mencapai 1 °C dengan waktu yang dibutuhkan sekitar 60 menit untuk mencapai temperatur tersebut.

#### 4.5. Analisis Perhitungan *Cool box*

Berikut ini merupakan perhitungan *cool box* yang akan dianalisis mulai dari perhitungan, Konduktivitas Termal Termoelektrik, Koefisien Seebeck COP (*Coefficient Of Performance*), Beban Pendingin, Perpindahan Bentuk, Kalor Daya Listrik, Effisiensi Sistem Pendingin. Penjabaran formulasi dan perhitungan akan dijabarkan sebagai berikut;

##### 4.5.1. Konduktivitas Termal Termoelektrik

Formulasi dalam menghitung Konduktivitas Termal Termoelektrik, perhitungan menggunakan daya 40 W dengan waktu yang diambil pada waktu 1 menit ;

$$K = \frac{Q_{max}}{(0,5 \times Z \times (T_c)^2 - (T_h - T_c))}$$

$$K = \frac{50 \text{ W}}{(0,5 \times 0,0067349 \times (317,355^0 K)^2 - (317,360^0 K - 317,355^0 K))}$$

$$K = \frac{50 \text{ W}}{100245125}$$

$$K = 0,498777372 \text{ WK}^{-1}$$

##### 4.5.2. Koefisien Seebeck

Formula dalam perhitungan Koefisien Seebeck, dengan menggunakan daya 40 W dengan waktu yang diambil pada waktu 1 menit ;

$$(\alpha_{pn}) = \sqrt{\frac{Z \times K \times R}{n^2}}$$

$$(\alpha_{pn}) = \sqrt{\frac{0,0067349 \times 0,498777372 \times 6,916}{127^2}}$$

$$(\alpha_{pn}) = 0,00120017 \text{ V/K}$$

#### 4.5.3. COP (*Coefficient Of Performance*)

Formula dalam perhitungan COP (*Coefficient Of Performance*), perhitungan menggunakan daya 40 W dengan waktu yang diambil pada waktu 1 menit

$$COP = \frac{Q_c}{W}$$

$$COP = \frac{96,171619 W}{39,83798906 W}$$

$$COP = 2,414068105$$

#### 4.5.4. Beban Pendingin

Formula dalam perhitungan beban pendingin cairan vaksin, adalah sebagai berikut;

$$Q = \frac{m \cdot C \cdot (\Delta T)}{t}$$

$$Q = \frac{120 \text{ ml} \cdot 4186 \text{ j/Kg}^{\circ}\text{C} \cdot (30,09^{\circ}\text{C} - 4,16^{\circ}\text{C})}{3600}$$

$$Q = 3,6 W$$

#### 4.5.5. Perpindahan Bentuk Kalor

Formula dalam perhitungan perpindahan bentuk kalor, adalah sebagai berikut;

$$S_{dinding} = \frac{0,0872}{0,01} = 8,72 m$$

$$S_{tepi} = 4(0,54 \times 0,16) + 4(0,54 \times 0,1) + 4(0,54 \times 0,26)$$

$$S_{tepi} = 0,58 m$$

$$S_{sudut} = 0,012 m$$

$$Q_{dinding} = 0,02 W/m^{\circ}\text{K} \cdot 9,3152 \cdot (302,01^{\circ}\text{K} - 300,92^{\circ}\text{K})$$

$$Q_{dinding} = 0,2 W$$

#### 4.5.6. Daya Listrik

Formula dalam perhitungan daya listrik yang digunakan, adalah sebagai berikut;

$$P = V.I$$

$$P = 16,6 V. 2,40 A$$

$$P = 39,84 W$$

#### 4.5.7. Effisiensi Sistem Pendingin

Formula dalam perhitungan Effisiensi sistem pendingin, adalah sebagai berikut;

$$\eta = \frac{Q_T}{P} = 100\%$$

$$\eta = \frac{Q_{dinding} + Q_{aluminium} + Q_{udara} + Q_{vakum}}{P} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,2030714 W + 0,2660103 W + 0,0510767 W + 3,6180993}{39,84 W} \times 100\%$$

$$\eta = 61\%$$

#### 4.6. Analisis Perbandingan *Cool box*

Untuk dapat mengetahui tolak ukur dari produk cool box pada penelitian ini maka dilakukanlah analisis perbandingan. Analisis perbandingan atau yang disebut dengan *benchmarking* adalah suatu proses mengidentifikasi “praktek terbaik” terhadap dua produk, yang diperlukan untuk membantu manajemen atau individu dalam memahami proses dan keunggulan produk dengan cara membandingkannya dengan produk yang sejenis dan dalam katagori produk yang sama.

Pada penelitian ini proses perbandingan akan dibandingkan dengan produk *cool box* portabel pasaran yang dianalisis pada beberapa literatur penelitian, sehingga dapat membandingkan produk pesaing dengan produk sendiri untuk mengetahui letak keunggulan suatu produk. Secara garis besarnya perbandingan produk, dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini;

Tabel 4.1 Perbandingan Cool box Portabel

Deskripsi	Coolbox Portabel Pasaran	Coolbox Pada Penelitian Ini
Penggunaan Sensor	No	Yes
Monitor LCD	No	Yes
Andruiono Control	No	Yes
Bobot	3000 Gram	3000 Gram
Semi konduktor	12	12
Daya Optimal	48 Watt	30 Watt
Temperatur panas	65 <sup>0</sup> C	68 <sup>0</sup> C
Temperatur dingin	18 <sup>0</sup> C	1 <sup>0</sup> C
Rangkaian Listrik	Seri	Paralel
Waktu Pendinginan	60 Menit	60 Menit
Jumlah Peltier	2	1

Sumber : (Aziz et al., 2015)

Dari tabel 4.1 dapat dilihat bahwa dari perbandingan dua buah *cool box* yang berkategori portabel dapat dilihat bahwa *cool box* pada penelitian ini lebih unggul dibandingkan *cool box* pasaran pada penelitian lain, diketahui bahwa dalam waktu 60 menit *cool box* pada penelitian ini dapat mencapai suhu 1<sup>0</sup>C, sedangkan *cool box* pasaran, dalam waktu 60 menit hanya mencapai suhu sebesar 18<sup>0</sup>C, selain itu diketahui bahwa efisiensi *cool box* pada penelitian ini mencapai 61% yang dapat diartikan bahwa *cool box* pada penelitian ini lebih optimal dari segi daya dan juga penggunaannya dalam pendinginan.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil percobaan dan uraian analisis pada penelitian maka didapatkan kesimpulan yang bisa diambil dari hasil penelitian ini sebagai berikut;

1. Temperatur yang paling optimal untuk menjaga kestabilan vaksin pada peltier rangkaian paralel, ialah dengan pemberian daya sebesar 30 & 40W. Pemberian daya tersebut terbukti mendapatkan temperatur yaitu 3<sup>0</sup>C sampai dengan 1<sup>0</sup>C, yang sangat sesuai untuk menjaga kestabilan vaksin dan menghindari kerusakan vaksin
2. Pada perhitungan efisiensi sistem pendingin didapatkan bahwa efisiensi sistem pendingin pada coolbox sudah dikategorikan baik, dikarenakan efisiensi sistem pendingin pada penggunaan daya 40 W mendapatkan nilai efisiensi sebesar 61%
3. Waktu yang ditempuh coolbox untuk mencapai temperatur yang sesuai untuk pendinginan vaksin ialah pada pemberian daya 10W memerlukan waktu 60 menit untuk mencapai temperatur 7<sup>0</sup>C, pada 20W memerlukan waktu 46 menit untuk mencapai temperatur 7<sup>0</sup>C, pada 30W memerlukan waktu 9 menit untuk mencapai temperatur 6<sup>0</sup>C, dan pada pemberian daya 40W memerlukan waktu 49 menit untuk mencapai temperatur 7<sup>0</sup>C

#### 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penambahan modul TEC yang lebih dari satu dapat meningkatkan penurunan temperatur ke keadaan minus dengan lebih cepat
2. Penggunaan variasi daya listrik disarankan menggunakan arus daya yang konstan
3. Diharapkan penelitian berikutnya untuk bervariasi dengan jumlah volume vaksin serta peningkatan ukuran dan dimensi coolbox.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amirullah. (2015). Populasi dan Sampel (Pemahaman, Jenis dan Teknik). *Bayumedia Publishing Malang*, 17(1993), 100–108. <https://doi.org/10.1007/BF00353157>
- Amurulah. (2013). *Uji eksperimental kinerja termoelektrik pada pendingin dispenser air minum*.
- Ansyori. (2017). *Rancang Bangun Sistem Generator Termoelektrik Sederhana Sebagai Pembangkit Listrik Dengan Menggunakan Metode Seebeck Effect*.
- Aziz, A., Subroto, J., & Silpana, V. (2015). Aplikasi modul pendingin termoelektrik sebagai media pendingin kotak minuman. *Technology*, 1–7.
- Edo, F. I. U. (2018). *Profil Penyimpanan Vaksin Pada Unit Pelaksana Teknis Dinas (UPTD) Instalasi Farmasi di Kabupaten Ende*. 1–40.
- Effendrik, P., Joelianto, G., & Sucipto, H. (2014). Karakterisasi Thermocouple Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Matlab – Simulink. *ELTEK*, 133–145.
- Fimansyah, F. (2009). *UNIVERSITAS INDONESIA PENGEMBANGAN COOL BOX RAMAH LINGKUNGAN DEPOK*.
- Goupil, C., Ouerdane, H., Zabrocki, K., Seifert, W., Hinsche, N. F., & Müller, E. (2016). Thermodynamics and Thermoelectricity. *Continuum Theory and Modeling of Thermoelectric Elements*, 1–74. <https://doi.org/10.1002/9783527338405.ch1>
- Government of India Ministry of Health & Family Welfare. (2016). *Handbook for Vaccine & Cold Chain Handlers*. [http://www.unicef.org/india/Cold\\_chain\\_book\\_Final\\_\(Corrected19-04-10\).pdf](http://www.unicef.org/india/Cold_chain_book_Final_(Corrected19-04-10).pdf)
- H. Julian Goldsmid. (2010). Introduction To Thermoelectricity. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. Springer US.

- Jun Kelvin D. Kimayong. (2019). Mobile Phone Power Bank Out Of Scrap Laptop Battery Packs. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*.
- L.T. Hebei. (2013). *Hebei I. T. ( Shanghai ) Co ., Ltd . Hebei I. T. ( Shanghai ) Co ., Ltd . Thermoelectric Cooler TEC1-12706*. 2–4.
- Ministry of Health Indonesia. (2013). *Peraturan Menteri Kesehatan nomer 42 tahun 2013 tentang penyelenggaraan imunisasi*. 966, 17–97.
- Nakahama, H. (2007). *Estimation method for temperature uncertainty of temperature chambers (JTM K 08)*. 26, 1–14.
- Panjaitan, M., Sembiring, R., & Febriyanti. (2016). Hubungan Penyimpanan Vaksin Dengan Kerusakan Vaksin Di Puskesmas Helvetia Tahun 2015. *Reproductive Health*, 1(2), 29–40.
- Siagian, S. (2017). Perhitungan Beban Pendingin Pada Cold Storage Untuk Penyimpanan Ikan Tuna Pada Pt . X. *Bina Teknika*, 13(1), 139–149.
- Sinaga, A. A., & Wijianti, E. S. (2016). *SEDERHANA MENGGUNAKAN ELEMEN PELTIER ( TERMOELEKTRIK ) SEBAGAI MEDIA PENDINGIN DARAH*. 3–7.
- Surya, G. G., Produk, J. D., Unggul, U. E., & Toltomang, K. J. (2009). *Konsep Produk Isi Ulang Baterai Yang Ramah*.



## Lampiran I

### I. Data Cool box Beban Kosong

Beban Kosong dengan Daya 10 W

<u>Daya (W)</u>	<u>Waktu</u>	<u>Temperatur (<sup>0</sup>C)</u>
10	0	25,09
10	5	21,12
10	10	20,22
10	15	18,09
10	20	17,43
10	25	17,09
10	30	16,32
10	35	15,09
10	40	13,44
10	45	10,43
10	50	10,02
10	55	9,23
10	60	9,11

Beban Kosong dengan Daya 20 W

<u>Daya (W)</u>	<u>Waktu</u>	<u>Temperatur (<sup>0</sup>C)</u>
20	0	24,29
20	5	20,31
20	10	20,04
20	15	19,11
20	20	18,13
20	25	16,22
20	30	16,01
20	35	14,53
20	40	12,34
20	45	11,21
20	50	9,67
20	55	9,01
20	60	8,76

Beban Kosong dengan Daya 30 W

Daya (W)	Waktu	Temperatur (°C)
30	0	28,65
30	5	23,76
30	10	18,03
30	15	13,52
30	20	10,54
30	25	10,02
30	30	9,72
30	35	8,69
30	40	7,54
30	45	6,33
30	50	5,02
30	55	4,45
30	60	3,21

Beban Kosong dengan Daya 40 W

Daya (W)	Waktu	Temperatur (°C)
40	0	27,05
40	5	18,31
40	10	16,29
40	15	10,43
40	20	7,34
40	25	6,65
40	30	4,21
40	35	4,06
40	40	4,01
40	45	3,78
40	50	2,16
40	55	1,89
40	60	1,42

II. Data Cool box Kosong Data Pengukuran T1 – T5 Dengan Waktu 60 Menit Dengan Daya 10 – 40 W

Tabel 1. Beban Berisi Cairan Vaksin dengan Daya 10 W

Daya (W)	Waktu	T1	T2	T3	T4	T5
10	0	30,34	30,33	30,32	30,34	30,33
	1	29,04	28,43	30,43	30,42	30,12
	2	27,74	26,53	30,54	31,34	29,91

Tabel 1. Beban Berisi Cairan Vaksin dengan Daya 10 W

Daya (W)	Waktu	T1	T2	T3	T4	T5
	3	26,44	24,63	30,65	30,43	29,7
	4	25,14	22,73	30,76	31,34	29,49
	5	23,84	20,83	30,87	30,44	29,28
	6	22,54	18,93	30,98	31,34	27,07
	7	21,24	17,03	31,09	30,45	27,86
	8	19,94	15,13	31,2	31,34	28,65
	9	18,64	13,23	31,31	30,46	24,44
10	10	11,69	11,74	31,23	31,34	23,54
	11	11,22	11,34	31,15	30,47	23,49
	12	10,75	10,94	31,07	32,34	23,44
	13	10,28	10,54	30,99	30,48	23,39
	14	9,81	10,14	30,91	33,34	23,34
	15	9,34	9,74	30,83	30,49	23,29
	16	9,87	9,34	30,75	31,34	23,24
	17	9,4	9,24	30,67	30,5	23,19
	18	9,93	9,14	30,59	31,34	23,14
	19	9,46	8,9	30,51	30,51	23,09
10	20	9,36	8,89	31,45	31,32	23,78
	21	9,34	8,83	31,44	31,3	23,61
	22	9,32	8,77	31,43	31,28	23,44
	23	9,3	8,71	31,42	31,26	23,27
	24	9,28	8,65	31,41	31,24	23,1
	25	9,26	8,59	31,4	31,22	22,93
	26	9,24	8,53	31,39	31,2	22,76
	27	9,22	8,47	31,38	31,18	22,59
	28	9,2	8,41	31,37	31,16	22,42
	29	9,18	8,35	31,36	31,14	22,25
10	30	9,12	8,34	31,87	31,04	22,14
	31	9,08	8,32	31,8	31,01	22,03
	32	9,04	8,3	31,73	30,98	21,92
	33	9	8,28	31,66	30,95	21,81
	34	8,96	8,26	31,59	30,92	21,7
	35	8,92	8,24	31,52	30,89	21,59
	36	8,88	8,22	31,45	30,86	21,48
	37	8,84	8,2	31,38	30,83	21,37
	38	8,8	8,18	31,31	30,8	21,26
	39	8,76	8,16	31,24	30,77	21,15
10	40	8,47	8,11	31,23	30,93	21,08
	41	8,43	8,07	31,22	30,87	21,01
	42	8,39	8,03	31,21	30,81	20,94

Tabel 1. Beban Berisi Cairan Vaksin dengan Daya 10 W

Daya (W)	Waktu	T1	T2	T3	T4	T5
10	43	8,35	7,99	31,2	30,75	20,87
	44	8,31	7,95	31,19	30,69	20,8
	45	8,27	7,91	31,18	30,63	20,73
	46	8,23	7,87	31,17	30,57	20,66
	47	8,19	7,83	31,16	30,51	20,59
	48	8,15	7,79	31,15	30,45	20,52
	49	8,11	7,75	31,14	30,39	20,45
	50	8,12	7,86	31,13	30,43	20,34
	51	8,11	7,82	31,12	30,41	20,31
	52	8,1	7,78	31,11	30,39	20,28
	53	8,09	7,74	31,1	30,37	20,25
	54	8,08	7,7	31,09	30,35	20,22
	55	8,07	7,66	31,08	30,33	20,19
	56	8,06	7,62	31,07	30,31	20,16
	57	8,05	7,58	31,06	30,29	20,13
	58	8,04	7,54	31,05	30,27	20,1
	10	59	7,98	7,5	31,04	30,25
60		7,92	7,52	30,97	30,18	20,02

Tabel 2. Beban Berisi Cairan Vaksin dengan Daya 20 W

Daya (W)	Waktu	T1	T2	T3	T4	T5
20	0	29,02	29,02	29,02	29,02	29,02
	1	27,04	27,07	29,12	29,24	28,28
	2	25,06	25,12	29,22	29,46	27,54
	3	23,08	23,17	29,32	29,68	26,8
	4	21,1	21,22	29,42	29,9	26,06
	5	19,12	19,27	29,52	30,12	25,32
	6	17,14	17,32	29,62	30,34	24,58
	7	15,16	15,37	29,72	30,56	23,84
	8	13,18	13,42	29,82	30,78	23,1
20	9	11,2	11,47	29,92	30,97	22,36
	10	10,97	10,57	30,71	30,98	22,43
	11	10,66	10,38	30,68	30,87	22,28
	12	10,35	10,19	30,65	30,76	22,13
	13	10,04	10	30,62	30,65	21,98
	14	9,73	9,81	30,59	30,54	21,83
	15	9,42	9,62	30,56	30,43	21,68
	16	9,11	9,43	30,53	30,32	21,53

Tabel 2. Beban Berisi Cairan Vaksin dengan Daya 20 W

Daya (W)	Waktu	T1	T2	T3	T4	T5
20	17	8,81	9,24	30,51	30,21	21,38
	18	8,49	9,05	30,47	30,11	21,23
	19	8,38	8,86	30,44	30,09	21,18
	20	8,23	7,93	30,47	30,07	21,17
	21	8,22	7,92	30,59	30,16	21,08
	22	8,21	7,91	30,71	30,25	20,99
	23	8,2	7,9	30,83	30,34	20,9
	24	8,19	7,89	30,95	30,43	20,81
	25	8,18	7,88	31,07	30,52	20,72
	26	8,17	7,87	31,19	30,61	20,63
20	27	8,16	7,86	31,31	30,71	20,54
	28	8,15	7,85	31,43	30,79	20,45
	29	8,14	7,84	31,55	30,88	20,36
	30	8,16	7,83	31,87	30,92	20,31
	31	8,15	7,82	31,71	30,89	20,29
	32	8,14	7,81	31,55	30,86	20,27
	33	8,13	7,8	31,39	30,83	20,25
	34	8,12	7,79	31,23	30,8	20,23
	35	8,12	7,78	31,07	30,77	20,21
	36	8,11	7,77	30,91	30,74	20,19
20	37	8,12	7,76	30,75	30,71	20,17
	38	8,12	7,75	30,59	30,68	20,15
	39	8,11	7,74	30,43	30,65	20,13
	40	8,11	7,81	30,77	30,73	20,11
	41	8,09	7,79	30,51	30,72	20,09
	42	8,07	7,77	30,25	30,71	20,07
	43	8,05	7,75	29,99	30,7	20,05
	44	8,03	7,73	29,73	30,69	20,03
	45	8,01	7,71	29,47	30,68	20,01
	46	7,99	7,69	29,21	30,67	19,99
20	47	7,97	7,67	28,95	30,66	19,97
	48	7,92	7,65	28,69	30,65	19,95
	49	7,86	7,63	28,43	30,64	19,93
	50	7,82	7,62	28,37	30,6	19,82
	51	7,8	7,57	27,92	30,56	19,79
	52	7,78	7,52	27,47	30,52	19,76
	53	7,76	7,47	27,02	30,48	19,73
	54	7,74	7,42	26,57	30,44	19,7
	55	7,72	7,37	26,12	30,4	19,67
	56	7,7	7,32	25,67	30,32	19,64

Tabel 2. Beban Berisi Cairan Vaksin dengan Daya 20 W

Daya (W)	Waktu	T1	T2	T3	T4	T5
20	57	7,68	7,27	25,22	30,28	19,61
	58	7,66	7,22	24,77	30,18	19,58
	59	7,64	7,17	24,32	30,09	19,55
	60	7,53	7,07	24,27	30,07	19,43

Tabel 3. Beban Berisi Cairan Vaksin dengan Daya 30 W

Daya (W)	Waktu	T1	T2	T3	T4	T5
30	0	28,53	28,53	28,53	28,53	28,53
	1	26,11	26,22	28,79	29,07	27,82
	2	23,69	23,91	29,05	29,61	27,11
	3	21,27	21,6	29,31	30,15	26,4
	4	18,85	19,29	29,57	30,69	25,69
	5	16,43	16,98	29,83	31,23	24,98
	6	14,01	14,67	30,09	31,77	24,27
	7	11,59	12,36	30,35	32,31	23,56
	8	9,17	10,05	30,61	32,85	22,85
30	9	6,75	7,74	30,87	33,39	22,14
	10	6,62	7,41	30	34,83	22,17
	11	6,61	7,34	29,87	34,38	22,04
	12	6,6	7,27	29,45	33,93	21,91
	13	6,59	7,2	29,03	33,48	21,78
	14	6,58	7,13	28,61	33,03	21,65
	15	6,57	7,06	28,19	32,58	21,52
	16	6,56	6,99	27,77	32,13	21,39
	17	6,55	6,92	27,35	31,68	21,26
	18	6,54	6,85	26,93	31,23	21,13
	19	6,53	6,78	26,51	30,78	21,13
30	20	6,43	6,73	26,31	30,43	21,13
	21	6,41	6,71	26,12	30,21	21,12
	22	6,39	6,69	25,93	29,99	21,11
	23	6,37	6,67	25,74	29,77	21,11
	24	6,35	6,65	25,55	29,55	21,12
	25	6,33	6,63	25,36	29,33	21,12
	26	6,31	6,61	25,17	29,11	21,13
	27	6,29	6,59	24,98	28,89	21,13
	28	6,27	6,57	24,79	28,67	21,12
	29	6,25	6,55	24,61	28,45	21,11
30	30	6,23	6,53	24,32	28,23	12,11
	31	6,16	6,49	23,92	27,35	11,84

Tabel 3. Beban Berisi Cairan Vaksin dengan Daya 30 W

Daya (W)	Waktu	T1	T2	T3	T4	T5	
30	32	6,09	6,45	23,52	26,47	11,57	
	33	6,02	6,41	23,12	25,59	11,3	
	34	5,95	6,37	22,72	24,71	11,03	
	35	5,88	6,33	22,32	23,83	10,76	
	36	5,81	6,29	21,92	22,95	10,49	
	37	5,74	6,25	21,52	22,07	10,22	
	38	5,67	6,21	21,12	21,19	9,95	
	39	5,64	6,17	20,72	20,31	9,92	
	40	5,63	6,13	20,19	20,11	9,89	
	41	5,64	6,12	19,92	19,97	9,67	
	42	5,65	6,11	19,65	19,83	9,45	
	43	5,66	6,12	19,38	19,69	9,23	
	44	5,67	6,12	19,11	19,55	9,01	
	45	5,68	6,13	18,84	19,41	8,79	
	46	5,69	6,12	18,57	19,27	8,57	
	30	47	5,68	6,13	18,3	19,13	8,35
		48	5,69	6,13	18,03	18,99	8,13
49		5,68	6,13	17,76	18,85	7,91	
50		5,68	6,13	17,53	18,67	7,63	
51		5,69	6,14	17,06	18,03	7,51	
52		5,7	6,15	16,59	17,39	7,39	
53		5,71	6,16	16,12	16,75	7,27	
54		5,72	6,17	15,65	16,11	7,15	
55		5,73	6,18	15,18	15,47	7,03	
56		5,74	6,19	14,71	14,83	6,91	
57		5,75	6,2	14,24	14,19	6,79	
58		5,74	6,21	13,77	13,55	6,67	
59		5,74	6,22	13,53	12,91	6,55	
30		60	5,73	6,21	13,45	12,43	6,53

Tabel 4. Beban Berisi Cairan Vaksin dengan Daya 40 W

Daya (W)	Waktu	T1	T2	T3	T4	T5
40	0	30,23	30,22	30,09	30,11	30
	1	29,62	29,48	29,38	29,38	29,95
	2	29,01	28,74	28,67	27,92	29,01
	3	28,4	28	27,96	27,92	28,07
	4	27,79	27,26	27,25	27,19	27,13
	5	27,18	26,52	26,54	26,46	26,19
	6	26,57	25,78	25,83	25,73	25,25

Tabel 4. Beban Berisi Cairan Vaksin dengan Daya 40 W

Daya (W)	Waktu	T1	T2	T3	T4	T5
40	7	25,96	25,04	25,12	25	24,31
	8	25,35	24,31	24,41	24,27	23,37
	9	24,74	24,24	23,7	23,87	23,43
	10	24,2	24,18	23,58	23,75	23,1
	11	24,18	23,81	23,24	23,36	23,08
	12	23,89	23,44	22,9	22,97	22,66
	13	23,6	23,07	22,56	22,58	22,24
	14	23,31	22,7	22,22	22,19	21,82
	15	23,02	22,33	21,88	21,8	21,4
	16	22,73	21,96	21,54	21,41	20,98
40	17	22,44	21,59	21,2	21,02	20,56
	18	22,15	21,22	20,24	20,63	20,14
	19	21,43	20,85	20,15	20,24	19,72
	20	21,31	20,45	20,07	20,01	19,45
	21	20,57	19,89	19,21	19,34	18,82
	22	19,83	19,33	18,35	18,67	18,19
	23	19,09	18,77	17,49	18	17,56
	24	18,35	18,21	16,63	17,33	16,93
	25	17,61	17,65	15,77	16,66	16,3
	26	16,87	17,09	14,91	15,99	15,67
40	27	16,13	16,53	14,05	15,32	15,04
	28	15,39	15,97	13,19	14,65	14,41
	29	14,65	15,41	13,25	13,98	13,78
	30	14,45	14,26	13,21	13,55	12,41
	31	12,92	13,86	13,03	13,13	12,11
	32	13,45	13,46	12,85	12,71	11,81
	33	12,93	13,06	12,67	12,29	11,51
	34	13,45	12,66	12,49	11,87	11,21
	35	12,94	12,26	12,31	11,45	10,91
	36	13,45	11,86	12,13	11,03	10,61
40	37	12,95	11,46	11,95	10,61	10,31
	38	12,45	11,06	11,77	10,19	10,01
	39	12,96	10,66	11,59	9,77	9,71
	40	11,36	10,5	10,02	9,32	9,35
	41	11,01	10,43	10,01	9,01	9,01
	42	10,66	10,11	9,76	8,7	8,67
	43	10,31	9,79	9,51	8,39	8,33
	44	9,96	9,47	9,26	8,08	7,99
	45	9,61	9,15	9,01	7,77	7,65
	46	9,26	8,83	8,76	7,46	7,31



Tabel 4. Beban Berisi Cairan Vaksin dengan Daya 40 W

Daya (W)	Waktu	T1	T2	T3	T4	T5
40	47	8,91	8,51	8,51	7,15	6,97
	48	8,56	8,19	8,26	6,84	6,63
	49	7,41	7,87	8,01	6,53	5,35
	50	7,28	7,22	7,14	6,11	5,18
	51	6,97	7,01	6,89	5,89	4,98
	52	6,66	6,8	6,64	5,67	4,78
	53	6,35	6,59	6,39	5,45	4,58
	54	6,04	6,38	6,14	5,23	4,38
	55	5,73	6,17	5,89	5,01	4,18
	56	5,42	5,96	5,64	4,79	3,98
	57	5,11	5,75	5,39	4,57	3,78
	58	4,8	5,54	5,14	4,35	3,58
	59	4,49	4,33	4,89	4,13	2,78
40	60	4,4	4,31	4,16	3,42	2,14

### III. Data Pengukuran Temperatur Berisi Vaksin Dengan Tes Jalan

Kenaikan Suhu/Menit	Temperatur (°C)	Kenaikan Suhu/Menit	Temperatur (°C)
0	30,11	31	14,37
1	29,42	32	14,21
2	29,03	33	14,11
3	28,32	34	14,01
4	28,29	35	13,51
5	27,58	36	13,41
6	26,12	37	13,29
7	25,67	38	12,04
8	25,32	39	10,83
9	24,45	40	9,57
10	24,03	41	9,34
11	23,09	42	8,72
12	21,45	43	7,14
13	20,42	44	6,68
14	19,68	45	5,51
15	19,21	46	5,47
16	18,93	47	5,42
17	18,31	48	5,29
18	18,02	49	4,85
19	17,43	50	4,53
20	17,21	51	4,39

21	17,04	52	3,67
22	16,63	53	3,55
23	16,55	54	3,3
24	16,31	55	2,98
25	16,12	56	2,43
26	15,59	57	2,39
27	15,42	58	2,16
28	15,15	59	1,89
29	15,01	60	1,42
30	14,54		

---

## Lampiran II

### I. Data Perhitungan I

Tabel 5. Perhitungan Cool box

Waktu (Menit)	Daya (W)	I A	R ( $\Omega$ )	Tc (K)	Th (K)	Z (/K)	K (WK-1)	$\alpha_{pn}$ (V/K)	Qc (W)	W (W)	COP = Qc/W
0	10			318,49	318,51						
	20			316,53	316,53						
	30			315,8	315,8						
	40			318,11	318,34						
1	10	1,09	8,348	316,65	318,48	0,0067651	0,501036	0,00132453	52,179623	10,254714	5,088355003
	20	1,72	6,744	313,58	316,74	0,0068983	0,510949	0,00121399	71,5618567	20,790754	3,44200399
	30	2,12	6,65	312,22	316,33	0,0069583	0,51542	0,00121601	85,1608998	31,231734	2,726742631
	40	2,4	6,916	317,36	317,36	0,0067349	0,498777	0,00120017	96,1716187	39,837989	2,414068105
2	10	1,09	8,348	314,8	319,3	0,0068447	0,506968	0,00134015	51,1628733	10,752159	4,758381499
	20	1,72	6,744	310,62	316,95	0,0070301	0,520782	0,00123727	70,6787707	21,662254	3,262761584
	30	2,12	6,65	308,65	316,86	0,0071204	0,527512	0,00124444	84,1379248	32,638552	2,577869436
	40	2,4	6,916	316,16	316,38	0,0067861	0,50259	0,00120932	96,5038673	39,919095	2,417486337
3	10	1,09	8,348	312,96	318,28	0,0069256	0,512997	0,00135604	51,0561973	10,917853	4,676395433
	20	1,72	6,744	307,67	317,16	0,0071658	0,530902	0,00126123	69,7461777	22,567356	3,090578112
	30	2,12	6,65	305,07	317,39	0,0072882	0,540036	0,00127388	83,0386144	34,111564	2,434324472
	40	2,4	6,916	314,96	315,4	0,0068379	0,506446	0,00121858	96,837819	40,001443	2,420858151
4	10	1,09	8,348	311,11	319,09	0,007008	0,519144	0,00137223	49,998643	11,433177	4,373119088

Tabel 5. Perhitungan Cool box

Waktu (Menit)	Daya (W)	I A	R ( $\Omega$ )	Tc (K)	Th (K)	Z (/K)	K (WK-1)	$\alpha_{pn}$ (V/K)	Qc (W)	W (W)	COP = Qc/W
	20	1,72	6,744	304,71	317,37	0,0073055	0,541321	0,0012859	68,7616619	23,507539	2,925089819
	30	2,12	6,65	301,5	317,92	0,0074621	0,553012	0,00130438	81,8583292	35,654334	2,295887171
	40	2,4	6,916	313,76	314,42	0,0068903	0,510347	0,00122794	97,1734839	40,085053	2,424182468
5	10	1,09	8,348	309,27	318,08	0,0070919	0,525392	0,0013887	49,8620659	11,612838	4,293702049
	20	1,72	6,744	301,76	317,58	0,0074493	0,552051	0,0013113	67,7226732	24,484357	2,765956745
	30	2,12	6,65	297,92	318,45	0,0076423	0,566463	0,00133599	80,5921105	37,270659	2,162347331
	40	2,4	6,916	312,56	313,44	0,0069433	0,514294	0,00123741	97,510872	40,169949	2,427458195
6	10	1,09	8,348	307,42	317,88	0,0071772	0,531758	0,00140548	49,2929909	11,952384	4,124113632
	20	1,72	6,744	298,8	317,79	0,0075973	0,563103	0,00133746	66,6265185	25,499452	2,612860824
	30	2,12	6,65	294,35	318,98	0,007829	0,580413	0,00136877	79,2346552	38,964582	2,033504573
	40	2,4	6,916	311,36	312,46	0,006997	0,518286	0,00124699	97,8499931	40,256152	2,430684222
7	10	1,09	8,348	305,58	317,38	0,0072642	0,53824	0,00142255	48,8620204	12,242947	3,991034063
	20	1,72	6,744	295,85	318	0,0077499	0,574493	0,00136441	65,4703524	26,554549	2,465504164
	30	2,12	6,65	290,77	319,51	0,0080227	0,594886	0,00140277	77,7802881	40,740414	1,909167834
	40	2,4	6,916	310,16	311,48	0,0070512	0,522325	0,00125668	98,1908573	40,343685	2,433859422
8	10	1,09	8,348	303,73	318,67	0,0073527	0,544852	0,00143996	47,447047	12,895303	3,679405278
	20	1,72	6,744	292,89	318,21	0,007907	0,586232	0,00139218	64,2511669	27,651472	2,323607485
	30	2,12	6,65	287,2	320,04	0,0082237	0,609909	0,00143805	76,2229306	42,602757	1,789154881
	40	2,4	6,916	308,96	310,51	0,0071061	0,526412	0,00126649	98,5308455	40,434501	2,436801304
9	10	1,09	8,348	301,89	315,68	0,0074428	0,551561	0,00145765	48,3472298	12,70185	3,80631414

Tabel 5. Perhitungan Cool box

Waktu (Menit)	Daya (W)	I A	R ( $\Omega$ )	Tc (K)	Th (K)	Z (/K)	K (WK-1)	$\alpha_{pn}$ (V/K)	Qc (W)	W (W)	COP = Qc/W
	20	1,72	6,744	289,94	318,41	0,008069	0,598336	0,00142082	62,974751	28,787484	2,187574012
	30	2,12	6,65	283,62	320,57	0,0084323	0,62551	0,00147468	74,5560682	44,556524	1,67329186
	40	2,4	6,916	308,59	309,86	0,0071232	0,52768	0,00126954	98,817529	40,329527	2,450252603
10	10	1,09	8,348	300,36	316,11	0,0075189	0,557236	0,00147259	47,4893728	13,129936	3,616877621
	20	1,72	6,744	289,26	319,2	0,008107	0,60118	0,00142754	62,2206427	29,28923	2,124352277
	30	2,12	6,65	283,33	320,42	0,0084499	0,626823	0,00147777	74,5347763	44,644887	1,669503064
	40	2,4	6,916	308,3	309,29	0,0071363	0,528659	0,00127189	99,0777003	40,219955	2,463396604
11	10	1,09	8,348	299,92	315,22	0,0075409	0,558879	0,00147693	47,8079452	13,046359	3,664466491
	20	1,72	6,744	288,85	319,12	0,0081297	0,602879	0,00143156	62,1042309	29,415597	2,111268743
	30	2,12	6,65	283,28	320,06	0,0084526	0,627021	0,00147823	74,7396114	44,526183	1,678554212
	40	2,4	6,916	307,9	309,09	0,0071549	0,530042	0,0012752	99,1291379	40,296749	2,459978565
12	10	1,09	8,348	299,48	317,06	0,0075631	0,560545	0,0014813	46,5929599	13,524176	3,445160616
	20	1,72	6,744	288,45	319,03	0,0081526	0,604586	0,00143559	61,9868721	29,54264	2,098217076
	30	2,12	6,65	283,24	319,42	0,0084553	0,627216	0,0014787	75,126343	44,291919	1,696163633
	40	2,4	6,916	307,3	308,61	0,0071828	0,532124	0,0012802	99,2950635	40,34733	2,461007077
13	10	1,09	8,348	299,04	315,18	0,0075854	0,562196	0,00148566	47,4666586	13,237616	3,585740638
	20	1,72	6,744	288,04	318,95	0,0081755	0,6063	0,00143965	61,8685595	29,670363	2,085197236
	30	2,12	6,65	283,19	318,77	0,008458	0,627412	0,00147916	75,5133118	44,057508	1,713971475
	40	2,4	6,916	306,7	308,14	0,007211	0,53422	0,00128523	99,4613773	40,398304	2,462018629
14	10	1,09	8,348	298,6	318,01	0,0076078	0,563884	0,00149008	45,6849462	13,923036	3,281248934

Tabel 5. Perhitungan Cool box

Waktu (Menit)	Daya (W)	I A	R ( $\Omega$ )	Tc (K)	Th (K)	Z (/K)	K (WK-1)	$\alpha_{pn}$ (V/K)	Qc (W)	W (W)	COP = Qc/W
	20	1,72	6,744	287,64	318,86	0,0081986	0,608021	0,00144372	61,7492865	29,798771	2,072209185
	30	2,12	6,65	283,15	318,13	0,0084607	0,627608	0,00147963	75,9005178	43,822948	1,73198111
	40	2,4	6,916	306,1	307,66	0,0072393	0,536327	0,00129029	99,62808	40,449676	2,46301306
15	10	1,09	8,348	298,16	315,14	0,0076302	0,565543	0,00149448	47,1203793	13,431088	3,508306875
	20	1,72	6,744	287,23	318,78	0,0082217	0,60975	0,00144781	61,6290462	29,927867	2,059252881
	30	2,12	6,65	283,1	317,48	0,0084633	0,627804	0,0014801	76,2879614	43,588239	1,750195988
	40	2,4	6,916	305,5	307,19	0,0072677	0,538447	0,00129537	99,7951724	40,501448	2,463990211
16	10	1,09	8,348	297,72	315,96	0,0076528	0,567233	0,00149892	46,4662333	13,704015	3,390702196
	20	1,72	6,744	286,83	318,69	0,0082449	0,611486	0,00145192	61,5078319	30,057656	2,046328287
	30	2,12	6,65	283,06	316,84	0,008466	0,628001	0,00148056	76,6756426	43,353382	1,768619637
	40	2,4	6,916	304,9	306,71	0,0072964	0,54058	0,00130049	99,9626551	40,553625	2,464949922
17	10	1,09	8,348	297,58	315,1	0,00766	0,567765	0,00150033	46,8971244	13,556997	3,459256196
	20	1,72	6,744	286,43	318,62	0,0082677	0,613186	0,00145594	61,3838233	30,187426	2,033423583
	30	2,12	6,65	283,01	316,19	0,0084687	0,628197	0,00148103	77,0635616	43,118376	1,787255669
	40	2,4	6,916	304,3	306,24	0,0073252	0,542726	0,00130564	100,130529	40,60621	2,465892029
18	10	1,09	8,348	297,44	315,91	0,0076672	0,568309	0,00150175	46,3744482	13,758985	3,370484751
	20	1,72	6,744	286,02	318,53	0,0082917	0,61498	0,00146018	61,2593802	30,320926	2,020366403
	30	2,12	6,65	282,97	315,55	0,0084714	0,628393	0,0014815	77,4517185	42,883221	1,806107775
	40	2,4	6,916	303,7	305,76	0,0073541	0,544884	0,00131082	100,298795	40,659206	2,466816371
19	10	1,09	8,348	297,16	315,06	0,0076817	0,569383	0,00150459	46,7403903	13,646473	3,425089532

Tabel 5. Perhitungan Cool box

Waktu (Menit)	Daya (W)	I A	R ( $\Omega$ )	Tc (K)	Th (K)	Z (/K)	K (WK <sup>-1</sup> )	$\alpha_{pn}$ (V/K)	Qc (W)	W (W)	COP = Qc/W
	20	1,72	6,744	285,81	318,49	0,0083036	0,615869	0,00146229	61,1947831	30,388567	2,013743595
	30	2,12	6,65	282,92	314,9	0,0084741	0,62859	0,00148197	77,8401136	42,647917	1,825179738
	40	2,4	6,916	303,1	304,86	0,0073833	0,547053	0,00131602	100,702406	40,540132	2,484017731
20	10	1,09	8,348	297,62	316,21	0,0076579	0,567619	0,00149993	46,2815246	13,779246	3,358784891
	20	1,72	6,744	285,2	318,51	0,0083395	0,61855	0,00146863	60,9128674	30,637522	1,988178648
	30	2,12	6,65	282,8	314,53	0,0084816	0,629147	0,00148328	78,0296109	42,559376	1,833429403
	40	2,4	6,916	302,74	304,54	0,0074011	0,54838	0,00131921	100,822771	40,559929	2,485772862
21	10	1,09	8,348	297,55	316,11	0,0076613	0,567868	0,00150059	46,3131665	13,772628	3,362696354
	20	1,72	6,744	285,18	318,67	0,0083403	0,618616	0,00146878	60,8042333	30,696413	1,980825359
	30	2,12	6,65	282,77	314,23	0,0084834	0,629279	0,00148359	78,2071874	42,454202	1,842154204
	40	2,4	6,916	301,75	303,52	0,0074495	0,551984	0,00132785	101,234991	40,550509	2,496515938
22	10	1,09	8,348	297,49	316	0,0076646	0,568117	0,00150125	46,3448313	13,766004	3,366614747
	20	1,72	6,744	285,17	318,84	0,0083412	0,618683	0,00146894	60,6955753	30,755316	1,973498651
	30	2,12	6,65	282,74	313,93	0,0084852	0,629411	0,0014839	78,3848365	42,348984	1,850926007
	40	2,4	6,916	300,77	302,5	0,0074984	0,555624	0,00133659	101,650038	40,540949	2,507342355
23	10	1,09	8,348	297,42	315,9	0,007668	0,568367	0,00150191	46,3765189	13,759373	3,370540087
	20	1,72	6,744	285,15	319	0,0083421	0,61875	0,0014691	60,5868935	30,814232	1,966198381
	30	2,12	6,65	282,71	313,63	0,008487	0,629544	0,00148422	78,5625582	42,243722	1,859745196
	40	2,4	6,916	299,78	301,48	0,0075477	0,5593	0,00134541	102,06794	40,531247	2,518253136
24	10	1,09	8,348	297,36	315,79	0,0076713	0,568616	0,00150256	46,4082295	13,752736	3,374472393

Tabel 5. Perhitungan Cool box

Waktu (Menit)	Daya (W)	I A	R ( $\Omega$ )	Tc (K)	Th (K)	Z (/K)	K (WK-1)	$\alpha_{pn}$ (V/K)	Qc (W)	W (W)	COP = Qc/W
	20	1,72	6,744	285,14	319,17	0,008343	0,618817	0,00146925	60,4781877	30,873161	1,958924406
	30	2,12	6,65	282,68	313,33	0,0084888	0,629676	0,00148453	78,7403526	42,138414	1,868612154
	40	2,4	6,916	298,8	300,46	0,0075976	0,563013	0,00135432	102,488727	40,521402	2,529249323
25	10	1,09	8,348	297,29	315,69	0,0076747	0,568866	0,00150322	46,4399629	13,746094	3,378411683
	20	1,72	6,744	285,12	319,33	0,0083438	0,618884	0,00146941	60,3694581	30,932101	1,951676583
	30	2,12	6,65	282,65	313,03	0,0084906	0,629808	0,00148484	78,9182196	42,033062	1,87752727
	40	2,4	6,916	297,81	299,44	0,0076479	0,566763	0,00136332	102,91243	40,51141	2,540331978
26	10	1,09	8,348	297,23	315,58	0,0076781	0,569116	0,00150388	46,4717193	13,739444	3,382357977
	20	1,72	6,744	285,11	319,5	0,0083447	0,618951	0,00146957	60,2607045	30,991055	1,944454773
	30	2,12	6,65	282,62	312,73	0,0084924	0,629941	0,00148516	79,0961593	41,927665	1,886490938
	40	2,4	6,916	296,83	298,42	0,0076988	0,570551	0,0013724	103,339079	40,50127	2,551502178
27	10	1,09	8,348	297,16	315,48	0,0076814	0,569366	0,00150454	46,5034986	13,732789	3,386311292
	20	1,72	6,744	285,09	319,67	0,0083456	0,619018	0,00146972	60,1488334	31,051626	1,937059039
	30	2,12	6,65	282,59	312,43	0,0084942	0,630073	0,00148547	79,2741717	41,822223	1,895503556
	40	2,4	6,916	295,84	297,4	0,0077501	0,574377	0,00138158	103,768704	40,49098	2,562761019
28	10	1,09	8,348	297,1	315,37	0,0076848	0,569617	0,0015052	46,535301	13,726128	3,390271648
	20	1,72	6,744	285,08	319,83	0,0083465	0,619085	0,00146988	60,0431256	31,108999	1,930088631
	30	2,12	6,65	282,56	312,13	0,008496	0,630206	0,00148579	79,452257	41,716736	1,904565525
	40	2,4	6,916	294,86	296,38	0,007802	0,578241	0,00139085	104,201337	40,480536	2,574109617
29	10	1,09	8,348	297,03	315,27	0,0076881	0,569867	0,00150586	46,5671263	13,71946	3,394239063



Tabel 5. Perhitungan Cool box

Waktu (Menit)	Daya (W)	I A	R ( $\Omega$ )	Tc (K)	Th (K)	Z (/K)	K (WK-1)	$\alpha_{pn}$ (V/K)	Qc (W)	W (W)	COP = Qc/W
	20	1,72	6,744	285,06	319,99	0,0083474	0,619152	0,00147004	59,9343002	31,16799	1,922944022
	30	2,12	6,65	282,53	311,84	0,0084978	0,630339	0,0014861	79,6241164	41,615206	1,913341871
	40	2,4	6,916	293,87	295,36	0,0078544	0,582145	0,00140022	104,63701	40,469937	2,585549107
30	10	1,09	8,348	297,28	315,11	0,0076755	0,56892	0,00150337	46,7605054	13,629926	3,430723269
	20	1,72	6,744	285,08	320,33	0,0083465	0,619088	0,00146988	59,7306367	31,27118	1,910085792
	30	2,12	6,65	282,5	311,44	0,0084996	0,63047	0,00148641	79,8653451	41,469603	1,92587677
	40	2,4	6,916	292,76	294,58	0,0079143	0,586615	0,00141093	104,911475	40,621006	2,582690202
31	10	1,09	8,348	297,22	315,03	0,0076783	0,569132	0,00150393	46,7853075	13,625058	3,433769507
	20	1,72	6,744	285,06	320,16	0,0083474	0,619153	0,00147004	59,8321891	31,220985	1,916409368
	30	2,12	6,65	282,41	310,6	0,0085051	0,630869	0,00148736	80,3626874	41,176613	1,951658521
	40	2,4	6,916	292,19	292,85	0,0079452	0,588911	0,00141645	105,83653	40,123263	2,637784704
32	10	1,09	8,348	297,17	314,94	0,0076812	0,569344	0,00150449	46,8101244	13,620185	3,436819992
	20	1,72	6,744	285,05	319,98	0,0083482	0,619217	0,00147019	59,9337622	31,17078	1,922754626
	30	2,12	6,65	282,32	309,76	0,0085105	0,631268	0,0014883	80,8606395	40,883248	1,977842828
	40	2,4	6,916	291,62	293,18	0,0079763	0,591234	0,00142202	105,551476	40,514479	2,605277907
33	10	1,09	8,348	297,11	314,86	0,007684	0,569555	0,00150504	46,8349562	13,615309	3,439874731
	20	1,72	6,744	285,03	319,81	0,0083491	0,619282	0,00147035	60,035356	31,120565	1,929121678
	30	2,12	6,65	282,23	308,92	0,0085159	0,631667	0,00148925	81,3592022	40,589509	2,004439192
	40	2,4	6,916	291,05	292,46	0,0080076	0,593564	0,00142761	105,885669	40,451875	2,617571351
34	10	1,09	8,348	297,06	314,77	0,0076868	0,569767	0,0015056	46,8598029	13,610428	3,442933734

Tabel 5. Perhitungan Cool box

Waktu (Menit)	Daya (W)	I A	R ( $\Omega$ )	Tc (K)	Th (K)	Z (/K)	K (WK-1)	$\alpha_{pn}$ (V/K)	Qc (W)	W (W)	COP = Qc/W
	20	1,72	6,744	285,02	319,63	0,00835	0,619346	0,0014705	60,1369706	31,070338	1,935510637
	30	2,12	6,65	282,14	308,08	0,0085213	0,632067	0,00149019	81,8583763	40,295394	2,031457414
	40	2,4	6,916	290,48	292,78	0,008039	0,595915	0,00143324	105,602548	40,843101	2,585566361
35	10	1,09	8,348	297	314,69	0,0076897	0,569979	0,00150616	46,8846645	13,605544	3,44599701
	20	1,72	6,744	285,01	319,46	0,0083503	0,619366	0,00147055	60,2430712	31,01611	1,942315523
	30	2,12	6,65	282,05	307,24	0,0085268	0,632467	0,00149114	82,3581629	40,000903	2,058907611
	40	2,4	6,916	289,91	292,07	0,0080707	0,598273	0,00143889	105,931661	40,785674	2,597276199
36	10	1,09	8,348	296,95	314,6	0,0076925	0,570191	0,00150672	46,909541	13,600656	3,449064568
	20	1,72	6,744	285	319,28	0,0083512	0,619431	0,0014707	60,3447208	30,965865	1,948749696
	30	2,12	6,65	281,96	306,4	0,0085322	0,632867	0,00149209	82,8585626	39,706035	2,086800222
	40	2,4	6,916	289,34	292,38	0,0081025	0,600652	0,00144459	105,650498	41,176909	2,565770492
37	10	1,09	8,348	296,89	314,52	0,0076954	0,570404	0,00150728	46,9344325	13,595764	3,452136416
	20	1,72	6,744	285	319,11	0,0083509	0,619408	0,00147065	60,4552933	30,907641	1,955998318
	30	2,12	6,65	281,87	305,56	0,0085377	0,633268	0,00149304	83,3595763	39,41079	2,11514603
	40	2,4	6,916	288,77	291,68	0,0081345	0,603038	0,00145032	105,974426	41,124754	2,576901165
38	10	1,09	8,348	296,84	314,43	0,0076982	0,570616	0,00150784	46,9593389	13,590868	3,455212564
	20	1,72	6,744	285	318,93	0,0083512	0,619428	0,0014707	60,5614149	30,853401	1,962876488
	30	2,12	6,65	281,78	304,72	0,0085431	0,633669	0,00149399	83,8612049	39,115168	2,143956167
	40	2,4	6,916	288,2	290,98	0,0081667	0,605439	0,00145607	106,299943	41,072174	2,588125535
39	10	1,09	8,348	296,78	314,35	0,0077011	0,570828	0,0015084	46,9842603	13,585969	3,458293021

Tabel 5. Perhitungan Cool box

Waktu (Menit)	Daya (W)	I A	R ( $\Omega$ )	Tc (K)	Th (K)	Z (/K)	K (WK-1)	$\alpha_{pn}$ (V/K)	Qc (W)	W (W)	COP = Qc/W
	20	1,72	6,744	284,98	318,76	0,008352	0,619493	0,00147085	60,6631073	30,803134	1,969380997
	30	2,12	6,65	281,73	303,88	0,0085462	0,633889	0,00149451	84,3766059	38,800526	2,174625333
	40	2,4	6,916	287,63	291,29	0,0081991	0,607861	0,00146187	106,013882	41,469208	2,556448177
40	10	1,09	8,348	296,73	314,47	0,007704	0,571042	0,00150896	46,8893277	13,624935	3,441434891
	20	1,72	6,744	285,02	319,14	0,00835	0,619342	0,0014705	60,4433966	30,911303	1,955381701
	30	2,12	6,65	281,7	303,25	0,008548	0,63402	0,00149482	84,7658336	38,560916	2,198231832
	40	2,4	6,916	287	289,61	0,0082352	0,61054	0,00146831	106,927259	41,006479	2,607569903
41	10	1,09	8,348	296,68	314,38	0,0077063	0,571216	0,00150942	46,9242388	13,615614	3,44635485
	20	1,72	6,744	284,99	318,87	0,0083518	0,619472	0,0014708	60,5941215	30,838101	1,964910939
	30	2,12	6,65	281,7	302,91	0,0085477	0,633994	0,00149477	84,9828379	38,421743	2,211842349
	40	2,4	6,916	286,52	289,23	0,0082628	0,6126	0,00147325	107,080168	41,053074	2,60833492
42	10	1,09	8,348	296,64	314,28	0,0077086	0,57139	0,00150988	46,9591688	13,606288	3,451284416
	20	1,72	6,744	284,96	318,61	0,0083535	0,619601	0,00147111	60,7449078	30,764867	1,974489509
	30	2,12	6,65	281,71	302,57	0,0085474	0,633969	0,00149471	85,1998247	38,28258	2,225550758
	40	2,4	6,916	286,04	288,72	0,0082906	0,614669	0,00147821	107,310127	41,043657	2,614536192
43	10	1,09	8,348	296,59	314,19	0,007711	0,571564	0,00151034	46,9941177	13,596955	3,456223619
	20	1,72	6,744	284,93	318,34	0,0083553	0,619731	0,00147142	60,8957555	30,691603	1,984117796
	30	2,12	6,65	281,72	302,23	0,0085465	0,633898	0,00149455	85,4200075	38,138815	2,239713196
	40	2,4	6,916	285,56	288,21	0,0083184	0,616749	0,0014832	107,540918	41,034169	2,620765095
44	10	1,09	8,348	296,55	314,09	0,0077133	0,571738	0,0015108	47,0290854	13,587617	3,461172485

Tabel 5. Perhitungan Cool box

Waktu (Menit)	Daya (W)	I A	R ( $\Omega$ )	Tc (K)	Th (K)	Z (/K)	K (WK-1)	$\alpha_{pn}$ (V/K)	Qc (W)	W (W)	COP = Qc/W
	20	1,72	6,744	284,9	318,08	0,008357	0,61986	0,00147173	61,0466648	30,618308	1,993796186
	30	2,12	6,65	281,73	301,89	0,0085459	0,63385	0,00149444	85,6385422	37,997382	2,253801098
	40	2,4	6,916	285,08	287,7	0,0083465	0,61884	0,00148821	107,772546	41,02461	2,627021826
45	10	1,09	8,348	296,5	314	0,0077156	0,571913	0,00151126	47,0640721	13,578273	3,466131044
	20	1,72	6,744	284,87	317,81	0,0083588	0,61999	0,00147204	61,1976356	30,544981	2,003525073
	30	2,12	6,65	281,75	301,55	0,0085449	0,63378	0,00149428	85,8586338	37,853675	2,268171691
	40	2,4	6,916	284,6	287,19	0,0083747	0,620941	0,00149325	108,005016	41,01498	2,633306584
46	10	1,09	8,348	296,46	313,9	0,007718	0,572087	0,00151172	47,0990776	13,568922	3,471099323
	20	1,72	6,744	284,84	317,55	0,0083606	0,620119	0,00147235	61,348668	30,471624	2,013304852
	30	2,12	6,65	281,75	301,21	0,0085446	0,633754	0,00149422	86,0755113	37,714579	2,282287464
	40	2,4	6,916	284,12	286,68	0,008403	0,623053	0,00149831	108,238331	41,005277	2,639619569
47	10	1,09	8,348	296,41	313,81	0,0077203	0,572261	0,00151218	47,1341021	13,559567	3,476077351
	20	1,72	6,744	284,81	317,28	0,0083623	0,620249	0,00147266	61,499762	30,398235	2,023135924
	30	2,12	6,65	281,75	300,87	0,0085449	0,633774	0,00149427	86,2892221	37,580065	2,296143499
	40	2,4	6,916	283,64	286,17	0,0084314	0,625176	0,0015034	108,472498	40,995502	2,645960985
48	10	1,09	8,348	296,37	313,71	0,0077227	0,572436	0,00151264	47,1691455	13,550205	3,481065158
	20	1,72	6,744	284,75	317,02	0,0083658	0,62051	0,00147328	61,6377844	30,336665	2,031791695
	30	2,12	6,65	281,76	300,53	0,0085443	0,633726	0,00149416	86,5076473	37,4387	2,310647752
	40	2,4	6,916	283,16	285,66	0,0084601	0,627309	0,00150852	108,707519	40,985653	2,652331036
49	10	1,09	8,348	296,32	313,62	0,007725	0,57261	0,0015131	47,2042078	13,540837	3,48606277

Tabel 5. Perhitungan Cool box

Waktu (Menit)	Daya (W)	I A	R ( $\Omega$ )	Tc (K)	Th (K)	Z (/K)	K (WK-1)	$\alpha_{pn}$ (V/K)	Qc (W)	W (W)	COP = Qc/W
	20	1,72	6,744	284,68	316,75	0,00837	0,620816	0,001474	61,7715445	30,27899	2,04007941
	30	2,12	6,65	281,75	300,19	0,0085449	0,633769	0,00149426	86,719803	37,306458	2,324525259
	40	2,4	6,916	282,21	284,35	0,0085171	0,631562	0,00151872	109,364829	40,826779	2,678752301
50	10	1,09	8,348	296,43	313,6	0,0077196	0,572202	0,00151202	47,2577895	13,513144	3,497171943
	20	1,72	6,744	284,63	316,67	0,0083726	0,621013	0,00147447	61,8015141	30,270991	2,04160855
	30	2,12	6,65	281,75	299,87	0,0085449	0,633766	0,00149426	86,9224267	37,177702	2,338025812
	40	2,4	6,916	281,7	283,89	0,0085477	0,633843	0,00152419	109,563878	40,853574	2,681867644
51	10	1,09	8,348	296,38	313,57	0,0077219	0,572376	0,00151248	47,2585397	13,516333	3,496402416
	20	1,72	6,744	284,59	316,2	0,0083753	0,621208	0,00147493	62,073645	30,137309	2,059694315
	30	2,12	6,65	281,76	299,08	0,008544	0,633692	0,00149409	87,427249	36,853059	2,372319981
	40	2,4	6,916	281,38	283,48	0,0085671	0,635293	0,00152767	109,770695	40,81166	2,689689521
52	10	1,09	8,348	296,34	313,53	0,0077242	0,572551	0,00151294	47,2592879	13,519524	3,495632646
	20	1,72	6,744	284,54	315,73	0,0083779	0,621402	0,0014754	62,3459428	30,003543	2,077952666
	30	2,12	6,65	281,78	298,29	0,0085431	0,633617	0,00149393	87,9319522	36,528489	2,407215679
	40	2,4	6,916	281,06	283,06	0,0085866	0,636748	0,00153116	109,978122	40,769553	2,697555265
53	10	1,09	8,348	296,29	313,5	0,0077266	0,572726	0,0015134	47,2600341	13,522716	3,494862635
	20	1,72	6,744	284,5	315,26	0,0083806	0,621597	0,00147586	62,6184075	29,869692	2,096386083
	30	2,12	6,65	281,79	297,5	0,0085422	0,633543	0,00149376	88,4365364	36,203992	2,442728877
	40	2,4	6,916	280,74	282,65	0,0086062	0,638209	0,00153466	110,18616	40,72725	2,705465254
54	10	1,09	8,348	296,25	313,46	0,0077289	0,572901	0,00151387	47,2607784	13,52591	3,494092381

Tabel 5. Perhitungan Cool box

Waktu (Menit)	Daya (W)	I A	R ( $\Omega$ )	Tc (K)	Th (K)	Z (/K)	K (WK-1)	$\alpha_{pn}$ (V/K)	Qc (W)	W (W)	COP = Qc/W
	20	1,72	6,744	284,45	314,79	0,0083832	0,621791	0,00147633	62,8910392	29,735757	2,114997098
	30	2,12	6,65	281,81	296,71	0,0085413	0,633469	0,00149359	88,9410017	35,879567	2,478876116
	40	2,4	6,916	280,42	282,23	0,0086259	0,639674	0,00153817	110,394813	40,684751	2,713419871
55	10	1,09	8,348	296,2	313,43	0,0077313	0,573076	0,00151433	47,2615207	13,529106	3,493321885
	20	1,72	6,744	284,41	314,32	0,0083859	0,621986	0,00147679	63,1638381	29,601736	2,133788289
	30	2,12	6,65	281,82	295,92	0,0085404	0,633395	0,00149342	89,445348	35,555215	2,515674534
	40	2,4	6,916	280,1	281,82	0,0086456	0,641144	0,0015417	110,604082	40,642055	2,721419503
56	10	1,09	8,348	296,16	313,39	0,0077336	0,573252	0,00151479	47,262261	13,532303	3,492551147
	20	1,72	6,744	284,36	313,83	0,0083885	0,622181	0,00147726	63,4492411	29,461176	2,153656102
	30	2,12	6,65	281,84	295,13	0,0085395	0,63332	0,00149326	89,9495754	35,230935	2,553141889
	40	2,4	6,916	279,78	281,4	0,0086654	0,64262	0,00154524	110,81397	40,599161	2,729464541
57	10	1,09	8,348	296,11	313,36	0,007736	0,573427	0,00151525	47,2629993	13,535503	3,491780167
	20	1,72	6,744	284,32	313,36	0,0083912	0,622376	0,00147772	63,7223785	29,326983	2,17282417
	30	2,12	6,65	281,85	294,34	0,0085386	0,633246	0,00149309	90,4536839	34,906727	2,591296594
	40	2,4	6,916	279,46	280,99	0,0086853	0,644101	0,00154879	111,024481	40,556067	2,737555382
58	10	1,09	8,348	296,07	313,32	0,0077383	0,573602	0,00151571	47,2637357	13,538704	3,491008945
	20	1,72	6,744	284,27	312,86	0,0083938	0,62257	0,00147819	64,0143501	29,183018	2,193548013
	30	2,12	6,65	281,85	293,55	0,0085389	0,633262	0,00149314	90,9520532	34,591302	2,629333059
	40	2,4	6,916	279,14	280,57	0,0087052	0,645586	0,00155235	111,235616	40,512774	2,745692427
59	10	1,09	8,348	296,02	313,29	0,0077407	0,573778	0,00151617	47,26447	13,541907	3,490237481

Tabel 5. Perhitungan Cool box

Waktu (Menit)	Daya (W)	I A	R ( $\Omega$ )	Tc (K)	Th (K)	Z (/K)	K (WK-1)	$\alpha_{pn}$ (V/K)	Qc (W)	W (W)	COP = Qc/W
	20	1,72	6,744	284,23	312,37	0,0083965	0,622765	0,00147865	64,3033888	29,040576	2,214260123
	30	2,12	6,65	281,85	292,99	0,0085386	0,633235	0,00149308	91,3077232	34,36399	2,657075736
	40	2,4	6,916	278,52	279,66	0,008744	0,648479	0,00155929	111,718325	40,375592	2,766976732
	10	1,09	8,348	296,01	313,19	0,0077415	0,573836	0,00151633	47,3125139	13,525481	3,49802824
60	20	1,72	6,744	284,07	312,31	0,0084059	0,623472	0,00148032	64,2732356	29,083191	2,2099788
	30	2,12	6,65	281,84	292,67	0,0085395	0,633301	0,00149323	91,5060011	34,241837	2,672344957
	40	2,4	6,916	277,49	279,56	0,008809	0,653339	0,00157093	111,600353	40,824922	2,733632974

## II. Data Perhitungan II

Tabel 6. Perpindahan Bentuk Kalor

Katagori	Nilai
P Kotak	0,16 (Meter)
T Kotak	0,26 (Meter)
N Sudut	12
L Kotak	0,1 (Meter)
Tebal Kotak	0,01 (Meter)
Kalor Dingin	0,02 (W/m <sup>0</sup> K)
A Total	0,0872 (Meter <sup>2</sup> )
S Dinding	8,72 (Meter)
S Tepi	0,5832 (Meter)
S Sudut	0,012 (Mater)
S Total	9,3152 (Mater)
Q Dinding	0,2030714 (Watt)

Tabel 7. Beban Kalor Vaksin

Katagori	Nilai
M. vaksin	0,12 (Kg)
Cp Vaksin	4186 (J/Kg °C)
Delta T	25,93 Watt
Beban Pendingin	3,6181 Watt
Waktu	3600 (Detik)

Tabel 8. Beban Kalor Aluminium

Katagori	Nilai
M. Aluminium	0,04 (Kg)
Cp Aluminium	897 (J/Kg °C)
Delta T	26,69 Watt
Beban Pendingin	3,6181 Watt
Waktu	3600 (Detik)

Tabel 9. Beban Kalor Udara

Katagori	Nilai
M. Udara	0,0066 (Kg)
Cp Udara	1000 (J/Kg °C)
Delta T	27,86 Watt



Tabel 9. Beban Kalor Udara

Beban Pendingin	0,05107667 Watt
Waktu	3600 (Detik)

Tabel 10. Effisiensi Pendingin

Katagori	Nilai (W)
Beban Pendingin	3,618
Cp Udara	0,266
Delta T	0,051

### Lampiran III

#### I. Dokumentasi Pembuatan Cool box



Gambar 1. Proses pemasangan sensor dan andruino



Gambar 2. Proses pemasangan Heatsink, Peltier, & Kipas



Gambar 3. Proses pemasangan Heatsink, Ke Kotak Cool box



Gambar 4. Proses Perakitan Keseluruhan



Gambar 5. Proses Pengujian Temperatur Coolbox

## II. Coolbox



Gambar 6. Cool box Tampak Depan



Gambar 7. Cool box Tampak Bawah



Gambar 8. Cool box Tampak Samping



Gambar 8. Cool box Tampak Dalam

### LEMBAR ASISTENSI PROPOSAL TUGAS AKHIR

PENGEMBANGAN COOLBOX UNTUK PENYIMPANAN VAKSIN  
BERBASIS POWER BANK

Nama : Muhammad Azan Rosandi  
NPM : 1607230100


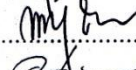

Dosen Pembimbing : H. Muharnif, S.T., M.Sc

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	Jum'at 15/11/2019	Mencari referensi untuk judul tugas akhir	f
2	Jum'at 28/11/2019	Penambahan jurnal internasional, dan perbaikan penulisan	f
3	Jum'at 13/12/2019	Mencari referensi yang berkaitan dengan Vaksin dan Thermoelektrik	f
4	Kamis 02/01/2020	Perbaikan latarbekang dan tujuan penelitian	f
5	Jum'at 17/01/2020	Mencari jurnal ISSN	f
6	Kamis 23/01/2020	Perbaikan kembali isi dan latar belakang	f
7	Jum'at 07/02/2020	Perbaikan rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan, manfaat	f
8	Jum'at 14/02/2020	Melengkapi kembali rumusan masalah	f
9	Kamis 27/02/2020	Ruang lingkup, tujuan, manfaat	f
10	Jum'at 06/03/2020	Perbaikan bab 2 dan penulisannya	f
11	Jum'at 13/03/2020	Perbaikan teori model dan teori pengukuran	f
12	Jum'at 20/03/2020	Perbaikan alat dan bahan penelitian	f
13	Jum'at 20/03/2020	Perbaikan bab 3 dan diagram alir	f

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Rabu/21-07-2021	- Tambah gambar alat - Urangi titik pengambilan Luka	f
2.	Rabu/24-08-2021	- Perbaiki Grafik - Ganti Gambar	f
3.	Rabu/15-09-2021	Perbaiki perhitungan	f
4.	Rabu/22-09-2021	Acc, Seminar Hasil	f

**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2021 – 2022**

Peserta seminar  
 Nama : Muhammad Azam Rosandi  
 NPM : 1607230100  
 Judul Tugas Akhir : Pengembangan Coolbox Untuk Penyimpanan Vaksin Berbasis – Power Bank.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: H. Muharnif.S.T.M.Sc	: 
Pemanding – I	: <del>Chandra A Siregar.S.T.M.T</del> M. YANI, ST. MT.	: 
Pemanding – II	: Affandi.S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 18 Shafar 1443 H  
29 September 2021 M

Ketua Prodi. T. Mesin

  
Chandra A Siregar.S.T.M.T





DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Muhammad Azam Rosandi  
NPM : 1607230100  
Judul T.Akhir : Pengembangan Coolbox Untuk Penyimpanan Vaksin Berbasis Po  
Wer Bank.

Dosen Pembimbing - I : H,Muharnif.S.T.M.Sc  
Dosen Pembanding - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - II : Affandi.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

Revisi bagian yg sudah ditanda pl bagian  
draft skripsi

2. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan 18 Shafar 1443H  
29 September 2021 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin



Chandra A. Siregar.S.T.M.T

Dosen Pembanding- I

M. Yahi, ST. MT

Chandra A Siregar.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

NAMA : Muhammad Azam Rosandi  
NPM : 1607230100  
Judul T.Akhir : Pengembangan Coolbox Untuk Penyimpanan Vaksin Berbasis Po  
Wer Bank.  
  
Dosen Pembimbing - I : H,Muharnif.S.T.M.Sc  
Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - II : Affandi.S.T.M.T

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....  
..... *lihat buku kerja* .....  
..... *buku yg sudah di baca* .....

3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :  
.....  
.....  
.....

Medan 18 Shafar 1443H  
29 September 2021 M

Diketahui :  
Karya Prodi 1. Mesin



Chandra A. Siregar.S.T.M.T

Dosen Pembimbing- II

Affandi.S.T.M.T



**UMSU**

Cerdas | Terpercaya

Menjawab surat ini agar disebutkan  
nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12  
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail : [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor/1853/IL3AU/UMSU-07/F/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 15 November 2019 dengan ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD AZAN ROSANDI  
NPM : 1607230100  
Program Studi : TEKNIK Mesin  
Semester : VII ( TUJUH )  
Judul Tugas Akhir : PENGEMBANGAN COOL BOX UNTUK MENYIMPAN OBAT-  
OBATAN BERBASIS POWER BANK

Judul diganti : Pengembangan Cool Box Untuk menyimpan vaksin  
Berbasis Power Bank

Pembimbing : H. MUHARNIF ST.M.

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal  
Medan, 19 Rabiul Awwal 1441 H  
16 Nopember 2019 M

Dekan

Munawar Alfansury Siregar ST.MT  
NIDN : 0101017202

Cc. File

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : Muhammad Azan Rosandi  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Tempat, Tanggal Lahir : Kelingan, 18 Februari 1999  
Alamat : Perum Dinas Pengadilan Negeri No.03 Jl.Melur, Kota Binjai  
Agama : Islam  
E-Mail : muhammadazan0218@Gmail.Com  
No.Hp : +62856 6802 3289

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Sd N 050685 Tanjung Selamat Tahun 2004-2010
2. Smp N 1 Sawit Seberang Tahun 2010-2013
3. Smk Taman Siswa Sawit Seberang Tahun 2013-2016
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2016-2021