

VACCINE COVID-19 CARRIER BOX MENGGUNAKAN MODUL THERMOELECTRIC COOLER DAN HEAT PIPE SEBAGAI ALTERNATIF ALAT DISTRIBUSI VACCINE COVID-19

Stevan Graciano Boyana¹, Awaludin Martin²

Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

¹stevan2906@gmail.com, ²awaludinmartin01@gmail.com

ABSTRACT

Secretary General of the Ministry of Health (Kemenkes) Oscar Primadi stated that the obstacle in distributing the covid-19 vaccine in Indonesia is that there are still many remote areas that are difficult to access by vehicles that have cooling rooms such as planes, ships or box cars equipped with refrigeration boxes. In this study discussed about the design of vaccine carrier box using thermoelectric cooler module and heat pipe as an alternative distribution tool vaccine covid-19 where thermoelectric cooler used is type TEC2-25408 which is coupling with heat pipe made of copper with working fluid is water. Excellent heat absorption by heat pipe is the reason for this study. When heat flux heat pipe evaporator operation is achieved and able to absorb heat disposed heat side TEC then the heat side temperature can be maintained constantly, so the workload of TEC can be reduced and the use of the number of peltier elements and power can be reduced. The result of this study is the design and manufacture of vaccine carrier box measuring 36.5 cm x 22 cm x 21 cm based on empty bunches of palm oil capable of carrying 100 vials of covid-19 vaccine in accordance with sop distribution of vaccine 2-8 °C by using peltier elements type TEC2-25408 which is coupling with heatsink heat pipe as a cooling system. Based on the test obtained the highest experimental COP value of 0.314 and design COP of 0.364 with a difference of 0.0492 or 13.5 %

Keywords: vaccine carrier box, 2-8°C, thermoelectric cooler, heat pipe, COP, saving power

1. Pendahuluan

Organisasi kesehatan dunia (WHO) menetapkan covid-19 sebagai pandemik pada tanggal 12 maret 2020, Penyakit yang disebabkan oleh coronavirus jenis baru (SARS-CoV-2) ini berkembang sangat pesat dan telah menyebar ke 222 negara hingga saat ini. (Data WHO, 23 Desember 2020)

Dikutip *Worldometers* pada 25 Desember 2020, kasus positif virus Corona dunia telah mencapai 79.734.164 dan jumlah yang meninggal dunia akibat COVID-19 sebanyak 1.749.528 orang. Berdasarkan laporan Kemenkes RI, pada tanggal 31 Desember 2020 tercatat 743.198 orang kasus konfirmasi dengan angka kematian 22.138 jiwa (CFR 4,3) (Data Kemenkes RI, 31 Desember 2020). Berbagai upaya telah dilakukan untuk memutus rantai persebaran covid 19 di indonesia seperti menerapkan adaptasi kebiasaan baru, melakukan pembatasan sosial berskala besar termasuk penyediaan vaksin untuk seluruh warga negara Indonesia. Namun ada hal yang harus diperhatikan dalam pendistribusian vaksin hingga sampai ke masyarakat dimana vaksin harus disimpan di ruang dingin yakni 2-8 derajat Celcius (nasional, 2020).

Hal ini tentunya menjadi masalah apabila vaksin ingin didistribusikan ke daerah terpencil Indonesia yang relatif sulit diakses dengan kendaraan yang memiliki ruang pendingin seperti pesawat, kapal ataupun mobil box karena selama ini hanya menggunakan *ice pack* dan beberapa komponen lainnya (Farmakope, 2018) yang tidak memproduksi pendinginan itu sendiri. Komponen dari media yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Box cooler with ice pack

Distribusi vaksin menggunakan *ice pack* dapat dikatakan beresiko. *Ice pack* harus diganti secara berkala karena *ice pack* mudah

menyesuaikan dengan temperatur lingkungan. Cara ini tidak mudah dan efektif. Menggunakan kapas, busa dan bahan lainnya untuk membuat box pada suhu konstan juga menyebabkan dimensi menjadi besar, volume kecil, dan biaya tinggi, dll (Yang et al., 1991). Untuk menjawab permasalahan tersebut, kotak thermoelectric cooler (TEC) adalah pilihan yang tepat. TEC adalah teknologi pendingin yang didasarkan pada efek Peltier. Sisi dingin termoelektrik dapat digunakan untuk menyerap panas (Ananta et al. (2017). TEC tidak menghasilkan suara, portabel, memiliki rentang operasional temperatur yang luas, dan ramah lingkungan karena tidak menggunakan refrigerant yang berpotensi merusak lapisan ozon (midiani,2020).

Penelitian mengenai Box pendingin *Thermoelectric Cooler* telah dilakukan yaitu oleh Lesmana dan Fharozi (2020) merancang dan membuat *Blood Carrier Box* dengan kapasitas 2,45 liter atau setara dengan 75 vial vaksin menggunakan 4 buah *Thermoelectric Cooler* tipe TEC1-12706 dengan maksimum daya sebesar 282,35 watt. Dari hasil pengujian didapat temperature kabin terendah tanpa beban adalah 3,67 °C (Lesmana & Fharozi,2020). Beberapa penelitian juga telah dilakukan untuk meningkatkan performa pendinginan TEC yaitu dengan menggunakan heat pipe sebagai unit yang menyerap dan membuang kalor dari sisi panas TEC seperti dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 penelitian terdahulu menggunakan TEC dan *Heat pipe*

Referensi	Volume (m ³)	ΔT	Jumlah TEC	Temperatur kabin	Daya (Watt)	COP
(Iskandar,2009)	0,00486	51	4	-9 °C	192	0,29
(Mirmanto,2018)	0.00489	42	1	5	36.05	0.002
(Midiani,2020)	0,00520	30,5	1	5	37	0,103

Berdasarkan tabel 1 diatas dapat dilihat bahwa heat pipe mampu meningkatkan performa sistem pendingin termoelectric cooler. Selain itu, material box terbuat dari tandan kosong kelapa sawit yang memiliki nilai konduktivitas termal yang rendah yaitu 0,13 w/mk (Hadi & perdana,2018).

Melihat permasalahan yang ada dan potensi yang dimiliki *heat pipe* dalam pertukaran kalor, maka penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat *vaccine carrier box*

berukuran 36,5 cm x 22 cm x 21 cm berbahan dasar tandan kosong kelapa sawit yang mampu membawa 100 vial vaksin *covid-19* sesuai SOP pendistribusian vaksin 2-8 °C dengan menggunakan elemen peltier tipe TEC2-25408 yang dikopel dengan *heatsink heat pipe* sebagai sistem pendingin yang dioptimalkan sehingga mampu meningkatkan COP cool box dengan penggunaan daya yang lebih rendah.

Nomenclature		
Ra_0	Rayleigh Number	I current intensity in amperes (A)
Ra	Nusselt Number	K_m thermal conductance of thermoelectric module (WK^{-1})
h	Koefisien lapisan udara (W/m^2K)	Q_c power absorbed in cooling (W)
A	luas permukaan (m^2)	Q_h power generated in heating (W)
T_{amb}	Temperaturluar (K)	R_m electrical resistance of thermoelectric (ohm)
T_{in}	Temperaturdalam (K)	S_m seebeck coefficient of thermoelectric (VK^{-1})
U_p	Koef. perpindahan panas total (W/m^2K)	T_c temperature of the cold face
m	Massa(Kg)	T_h temperature of the hot face
C_p	Kalor specific(kj/kg.k)	V voltage in volts (V)
$\dot{Q}_{trans}$	Beban Kalor Transmisi (Watt)	W_e electrical power consumed(W)
$\dot{Q}_{vaksin}$	Beban kalor vaksin (Watt)	ΔT_{max} maximum temperature difference between faces
$\dot{Q}_{vial}$	Beban kalor vial vaksin (Watt)	r_e Diameter dalam heat pipe (mm)
$\dot{Q}_{infiltrasi}$	Beban kalor infiltrasi	r_c Diameter luar heat pipe (mm)
R_{th}	Hambatan termal (K/W)	L_e panjang evaporator heat pipe (mm)
P_0	standard sea pressure (Kpa)	k konduktivitas termal (w/mk)
ACH	pertukaran udara per jam	k_{eff} konduktivitas termal efektif (w/mk)
V	volume box (m^3)	
R	konstantagas (kj/kg.k)	
COP	Coefficient of Performance	

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode analitik. Fokus dalam perancangan *vaccine carrier box* dimulai dengan perancangan dimensi dari kotak pendingin, menghitung beban pendinginan serta menghitung pendinginan termoelektrik dan *heat pipe*. Berdasarkan hasil perhitungan dapat ditentukan jumlah elemen peltier yang akan digunakan.

Dimensi Vaccine Carrier Box

Penentuan volume ruang pendinginan dilakukan dengan meninjau ukuran kardus vaksin *covid-19* dengan yang ditentukan adalah 10 kardus vaksin sehingga menghasilkan ukuran ruang (panjang x lebar x tinggi). Untuk parameter awal yang dibutuhkan pada perancangan *vaccine carrier box* berbahan dasar komposit tandan kosong kelapa sawit seperti dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Dimensi Kardus Vaksin Covid-19

T_i = 2-8 °C (Temperatur yang ingin dicapai sesuai keputusan Direktur Jenderal Pencegahan Dan Pengendalian Penyakit Kementerian Kesehatan nomor Hk.02.02/4/ 1 /2021 tentang SOP pendistribusian vaksin covid-19)
 T_o = 33 °C = 306 K (Temperatur lingkungan rata-rata Kota Pekanbaru sesuai dengan laporan BMKG)
 $v_{@275K}$ = $1,3556 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ (Tabel A-15 *Properties of Air*)
 $v_{@306K}$ = $1,6362 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ (Tabel A-15 *Properties of Air*)
 $Pr_{@275K}$ = 0,73572 (Tabel A-15 *Properties of Air*)
 $Pr_{@306K}$ = 0,72736 (Tabel A-15 *Properties of Air*)
 $k_{f@275K}$ = 0,023788 W/mK (Tabel A-15 *Properties of Air*)
 $k_{f@306K}$ = 0,026102 W/mK (Tabel A-15 *Properties of Air*)
 $k_{isolasi}$ = 0,02 W/mK (PT Centras Cipta Karya)
 $x_{isolasi}$ = 0,04 m (PT Centras Cipta Karya)
 $k_{komposit}$ = 0,13 W/mK (Hadi dan Perdana, 2018)
 $x_{komposit}$ = 0,01 m (PT Centras Cipta Karya)
 V_{vaksin} = $100 \times 5 \text{ ml} = 500 \text{ mL}$
 m_{vaksin} = 0,49 kg (Perhitungan dari 500 ml vaksin)
 Cp_{vaksin} = 4,178 kJ/kg.K (*saturated water properties @306K*)

Berdasarkan pengukuran dimensi kardus vaksin kardus vaksin yang akan dibawa spesifikasi diatas maka diperoleh dimensi vaccine carrier yang akan di kerjakan berukuran (365 mm x 220 mm x 210 mm) dengan ketebalan dinding komposit 1 cm, armaflex 4 cm , volume 3,498 liter.

a. Beban Pendinginan

Perhitungan *cooling load vaccine carrier box* terbagi menjadi 3 yakni beban pendinginan transmisi, beban pendinginan produk dan beban pendinginan infiltrasi .

1. Beban Transmisi

Vaccine carrier box dirancang agar mampu menurunkan dan menjaga temperatur ruangan penyimpanan didalam *box* pada 2-8 °C sesuai SOP pendistribusian vaksin dengan menggunakan sistem pendingin termoelektrik yang dikopel dengan *heatsink heat pipe*. Untuk mendapatkan besar beban panas transmisi maka terlebih dahulu menghitung nilai dari bilangan Rayleigh (cengel,2020)

$$Ra_l = \frac{g \times \beta \times (T_h - T_c) L^3}{\nu^2} \times Pr \quad (1)$$

Setelah menentukan nilai bilangan Rayleigh, selanjutnya menentukan nilai dari bilangan Nusselt dengan menggunakan persamaan (2);

Pada plat vertikal:

$$Nu = \left[0,825 + \frac{0,387 Ra_l^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right]^2 \quad (2)$$

Pada plat horizontal:

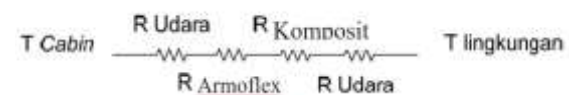
$$Nu = 0,54 \times Ra_l^{1/4} \quad (3)$$

Setelah nilai dari bilangan Nusselt didapatkan, maka kita akan menghitung nilai koefisien lapisan udara luar dan udara dalam :

$$h_o = \frac{K}{L} \times Nu \quad (4)$$

Selanjutnya menghitung nilai dari koefisien perpindahan panas total

$$U_v = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{1}{h_i}} \quad (5)$$



Gambar 3 hambatan termal vaccine carrier box

Terakhir menghitung beban kalor pada setiap dinding :

$$q = U.A.(T_{In} - T_{Out}) \quad (6)$$

2. Beban Pendinginan Produk

Beban Pendinginan produk adalah beban kalor yang harus diserap oleh sistem pendingin untuk mencapai temperatur sesuai yang telah ditentukan. Pada penelitian ini ada beberapa beban produk seperti vaksin, vial vaksin dan kardus vaksin.

a. Beban Produk Vaksin

$$q_{vaksin} = \frac{m \times C_p \times (T_{out} - T_{In})}{t} \quad (7)$$

b. Beban Produk Vial Vaksin

$$q_{vial \text{ vaksin}} = \frac{(T_{out} - T_{In})}{R_{Total}} \quad (8)$$

$$R_{Total} = R_{conv1} + R_{cyl} + R_{conv2} \quad (9)$$

c. Beban Produk Kardus vaksin

Pada perhitungan beban produk kardus vaksin dapat diperoleh dengan melakukan langkah yang sama dengan persamaan 1-6

$$q = U.A.(T_{In} - T_{Out}) \quad (10)$$

3. Beban Infiltrasi

Beban panas infiltrasi dihitung berdasarkan volume dan jumlah pertukaran udara

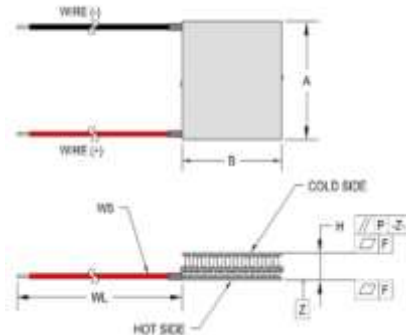
pada box (Cengel & J.Ghajar, Heat and Mass Transfer Fundamentals & Applications, 2020)

$$q_{infiltrasi} = \dot{m} \times c_p \times \Delta T \quad (11)$$

$$\dot{m} = \frac{P_o \times \dot{V}_{udara}}{R \times T_h} \quad (12)$$

b. Pendinginan Termoelektrik Cooler

Dengan menggunakan data manufaktur dari TEC2 25408 seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3 dapat menentukan karakteristik dari elemen peltier (mirmanto,2018).



- Condition: 100% Brand New
- Item Type: Refrigeration Cooling Sheet
- Working Temperature: -40 °C ~ 90 °C
- Maximum Temperature Difference Current: 8A
- Maximum Working Voltage: 16V
- Maximum Temperature Difference: 95°C (Th=50°C), 84 °C (Th=27°C)
- Rated Voltage: 12V
- Rated Current: 5A
- (Couple)Logarithm: 254
- Number of Levels: 2

Gambar 3 Spesifikasi TEC2-25408

Persamaan untuk menghitung kalor yang diserap dan dilepaskan oleh elemen Peltier dapat ditemukan di [puy et al,2017] seperti yang ditunjukkan di persamaan. (13)–(20):

1. Seebeck Coefficient (α_m)

$$\alpha_m = \frac{V_{max}}{T_h} \quad (13)$$

2. Konduktansi Panas (K_m)

$$K_m = \frac{(T_h - \Delta T_{max}) V_{max} I_{max}}{2 T_h \Delta T_{max}} \quad (14)$$

3. Resistansi Listrik (R_m)

$$R_m = \frac{(T_h - \Delta T_{max}) V_{max}}{T_h I_{max}} \quad (15)$$

4. Daya Electric (We)

$$We = I^2 R_m (T_h - T_c) + R_m I^2 \quad (16)$$

5. Kalor yang diserap (Q_c)

Q_c yang merupakan besarnya daya yang diserap untuk melakukan pendinginan pada sisi dingin elemen peltier (Puy et al, 2017)

$$Q_c = S_m T_c I - \frac{I^2 R_m}{2} - K_m (\Delta T) \quad (17)$$

6. Jumlah Kalor yang Dilepas

$$Q_h = \alpha_m T_h \times I + \frac{I^2 R_m}{2} - K_m \Delta T \quad (18)$$

7. Coefficient of Performance (COP)

COP sistem pendingin dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$COP = \frac{Q_{load}}{We} \quad (19)$$

8. Jumlah Elemen Peltier

Menentukan jumlah elemen peltier dapat melalui persamaan berikut :

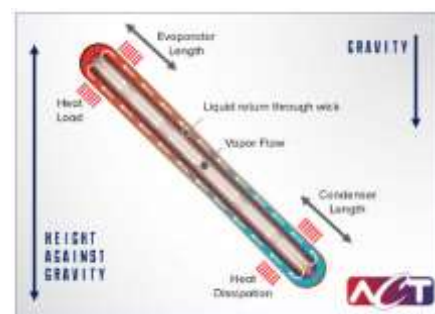
$$n = \frac{Q_{load}}{Q_c} \quad (20)$$

c. Parameter Kinerja Heat pipe

Adapun heatsink-heat pipe yang dipilih adalah vga cooler tipe IS-40X dengan spesifikasi seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2 dengan bagian bagian heat pipe yang dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 2 Spesifikasi heat pipe pada vga cooler tipe IS-40X

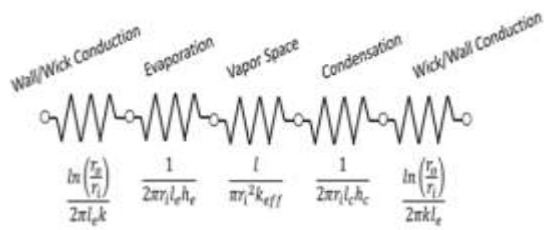
Spesifikasi vga cooler tipe IS-40X	
TDP	100 Watt
Power small fan	1,3 Watt
Power large fan	1,3 Watt
Heat pipe	4 x Ø6mm cooper heat pipe
Working Fluida	Water
Condensor length	85 mm
Evaporator length	45 mm
Adiabatic length	60 mm
Total Length	190 mm
Inner heat pipe diameter	2 mm
Outer heat pipe diameter	3 mm
Evaporator temperature	35°C
Condensor temperature	32 °C
Differential Temperature	3 °C



Gambar 4 Bagian bagian heat pipe

Untuk mengetahui performance heat pipe dalam menyerap kalor dapat diperoleh dengan persamaan berikut sesuai skema yang dapat dilihat pada Gambar 5 dan sesuai perancangan seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6.

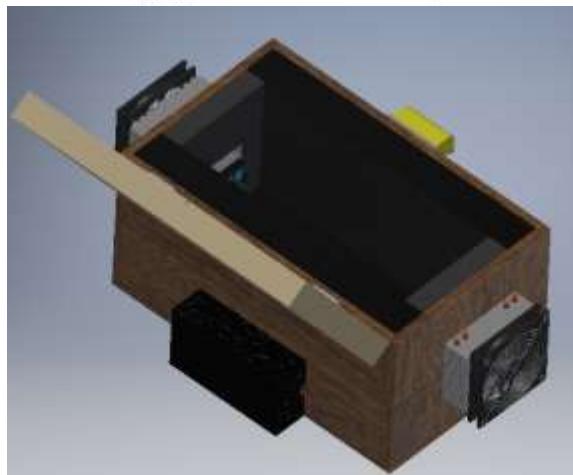
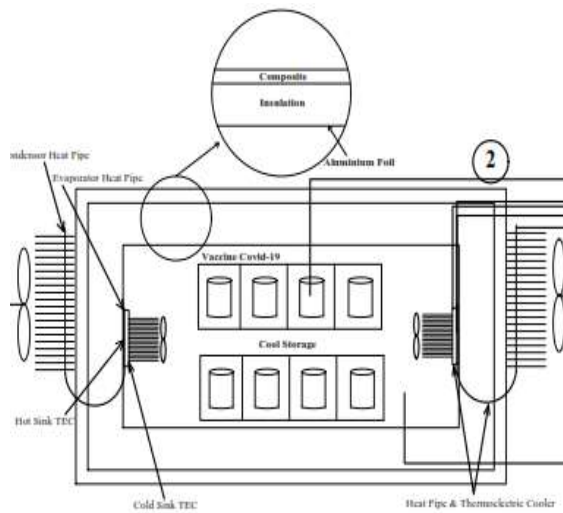
1. Menghitung Nilai Hambatan Termal



Gambar 5 Skema hambatan termal pada *heat pipe*

2. Menghitung nilai penyerapan kalor pada *heat pipe*

$$Q_{absorbed} = \frac{\Delta T}{R_{Total}} \quad (21)$$



Gambar 6 gambar perancangan Vaccine carrier box

d. Pembuatan Vaccine Carrier box

Adapun pembuatan box memiliki tahapan seperti yang dapat dilihat pada Gambar 7 berikut :



Gambar 7 Diagram Alir Pembuatan Box Komposit

3. Hasil dan Pembahasan

vaccine carrier box dikondisikan agar temperatur dalam ruangan box mengalami penurunan hingga stabil pada 2-8 °C sesuai perancangan dengan menggunakan sistem pendingin termoelektrik, *heatsink heat pipe* dan *fan*. Hasil dari perancangan *vaccine carrier box* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Rekapitulasi Hasil Perancangan

No	Parameter		Nilai
1	Dimensi Box	Panjang	365 mm
		Lebar	220 mm
		Tinggi	210 mm
		Tebal dinding komposit	10 mm
		Tebal insulasi armoflex	40 mm
		Volume kabin box	3,498 liter
2	Beban Pendinginan	Transmisi	5,13 Watt
		Produk	36,26 Watt
		Infiltrasi	0,0173 Watt
		Total	41,41 Watt
3	Kinerja Termoelektrik	Rated voltage	12 Volt
		Rated Current	4 Ampere
		Seebeck Coefficient	0,0385 V/K

		Tahanan listrik	2,139 ohm
		konduktansi termal	0,1918 W/K
		kalor yang diserap (Q_c)	18,419 Watt
		kalor yang dilepas (Q_h)	58,2 watt
		Kebutuhan daya (w_e)	48 Watt
		Kebutuhan termoelektrik	2 buah
4	Kinerja termal heat pipe	Kebutuhan daya (w_e)	2,6 Watt
		Wall/wick conduction	0.00357 K/W
		evaporation	0,05652 k/w
		Vapor Space	0,0322 k/w
		Condensation	0,0299 k/w
		Wall/wick conduction	0.00189 K/W
		Qabsorbed pada heat pipe	24,15 Watt
5	Total daya yang dibutuhkan		50,6 Watt
6	COP Perancangan vaccine carrier box		0.364

Untuk mengetahui kinerja *vaccine carrier box*, maka dilakukan pengujian dalam skala laboratorium pada keadaan tanpa beban dan beban maksimal dengan tegangan 12 volt dan arus 4 ampere untuk setiap TEC. Beban yang diberikan yaitu 100 vial vaksin dengan kapasitas 5 ml pada setiap vialnya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur termokopel dan data akuisisi OMEGA TC-08 seperti yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Kondisi pengujian *vaccine carrier box*

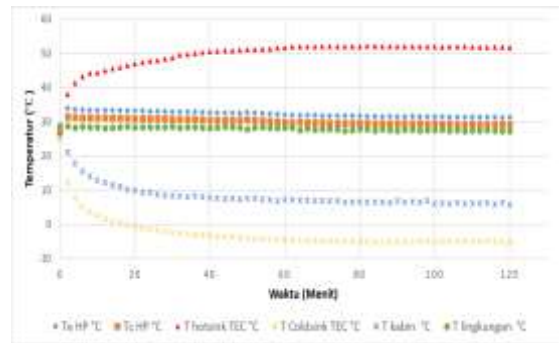
Adapun kondisi pengujian dapat dilihat pada 4.

Tabel 4 Kondisi Pengujian *Vaccine Carrier Box*

No	jumlah vial vaksin	Temperatur vaksin Masuk (°C)	Kondisi pengujian	tegangan	Keterangan
I	0	-	Didalam ruangan	12 volt	Menggunakan daya pendinginan TEC pada waktu persiapan dan waktu uji distribusi.
II	50	4			
III	75	2			
IV	100	24			

Kondisi pengujian tanpa beban

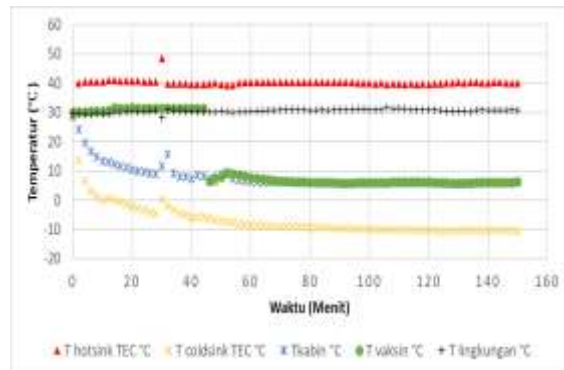
Temperatur *coldsink* menurun drastis dari temperatur lingkungan (30 °C) menjadi di bawah 0°C dalam waktu 15 menit bersamaan dengan turunnya temperatur dari kabin. Setelah 30 menit terlihat temperatur ruangan sudah berada pada 8°C dan dapat dijadikan waktu persiapan jika pengujian akan dilakukan menggunakan beban seperti yang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Grafik Pengujian Kondisi 1

Kondisi pengujian dengan beban 100 vial

Pengujian dilakukan dengan beban maksimum yakni 100 vial vaksin dengan volume 500 ml. Gambar 4.2 memperlihatkan penurunan temperatur ruang *box* dari 31 °C menjadi 7°C dalam waktu 30 menit seperti yang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Pengujian dengan beban 100 vial vaksin

Vaksin dimasukkan kedalam kabin *box* pendingin pada menit ke 48 dengan temperatur 6,66°C. Pada saat vaksin dimasukkan kedalam *box* terjadi peningkatan temperatur kabin, hal ini dikarenakan terjadi perpindahan panas akibat beban infiltrasi. Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa *vaccine carrier box* mampu menjaga temperatur vaksin selama 150 menit dengan temperatur akhir vaksin 6,33 °C. Semua temperatur

menurun bersamaan dengan lamanya waktu pengujian Ananta et al. (2017).

Penyerapan panas yang sangat baik oleh *heat pipe* menjadi alasan untuk fenomena ini. Ketika fluks panas operasi evaporator *heat pipe* tercapai dan mampu menyerap kalor yang dibuang sisi panas TEC akibatnya, temperatur sisi panas dapat dijaga secara konstan. Ini menegaskan bahwa *Heat Pipe Heat Sink* (HPHE) adalah pendingin yang efektif untuk sisi panas termoelektrik (midiani,2020)

Coefficient of Performance (COP)

Berdasarkan beberapa pengujian diperoleh nilai COP tertinggi untuk vaccine carrier box yaitu sebesar 0,314. Dengan hasil yang diperoleh, diperlukan perbandingan data antara parameter hasil perancangan dengan data aktual hasil pengujian. Adapun perbandingan memiliki unsur yang serupa seperti kuantitas beban dan ukuran dari ruang pendinginan yang digunakan. Oleh karena itu, perbandingan data dilakukan dalam bentuk Oleh karena itu, perbandingan data dilakukan dan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Perbandingan Nilai COP carrier box menggunakan TEC

pengujian	pembebanan	$\Delta T = T_h - T_c (^{\circ}\text{C})$	Q_c (Watt)	Daya (watt)	COP
I	Tanpa beban	52,34	13,12	51,2	0,2734
II	50	45,25	16,09	51,2	0,3148
III	75	45,72	15,94	51,2	0,3119
IV	100	46,71	15,88	51,2	0,3107
Perancangan	100	36	18,41	50,6	0,364

4. Kesimpulan

Perancangan dan pembuatan *vaccine covid-19 carrier box* memiliki beberapa simpulan sebagai berikut :

- 1). Perancangan dan pembuatan *vaccine carrier box* menghasilkan dimensi 36,5 cm x 22 cm x 21 cm dengan tebal dinding yang diterapkan pada dimensi tersebut adalah 1 cm dan tebal insulasi armoflex sebesar 4 cm.
- 2). Untuk menjaga temperatur vaksin pada *range* temperatur 2-8°C membutuhkan *thermoelectric cooler* yang dikopel *heatsink heat pipe* sebanyak 2 set dengan daya yang dibutuhkan 101,2 Watt.
- 3). Vaccine carrier box dapat digunakan sebagai alat distribusi vaksin covid-19

sesuai SOP pendistribusian vaksin dengan nilai COP *thermoelectric cooler* pada *vaccine carrier box* sebesar 0,314.

5. Daftar Pustaka

- Ananta, Y.A. Padang, M. Mirmanto (2017), Unjuk kerja kulkas termoelektrik dengan rangkaian seri dan paralel pada beban air 1500 ml, *Dinamika Teknik Mesin* 7 (2) 80–86.
- Cengel, Y. A., & J.Ghajar, A. (2020). *Heat and Mass Transfer Fundamentals & Applications*. New York: McGraw-Hill.
- Hadi, S., & Perdana, M. (2018). Pengaruh Bahan Komposit Ramah Lingkungan Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Termal Komposit Alam. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 33-38.
- Ibañez-Puy, M., Bermejo-Busto, J., Martín-Gómez, C., Vidaurre-Arbizu, M., & Sacristán-Fernández, J. A. (2017). Thermoelectric cooling heating unit performance under real conditions. *Applied Energy ELSEVIER*, 303-314.
- Lesmana, T. B. (2020). *PERANCANGAN DAN PEMBUATAN BLOOD CARRIER BOX DENGAN THERMOELECTRIC COOLER*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Martin, A., Irwanda, F. A., & Agustina, D. (2019). Blood Carrier Box Menggunakan Elemen Peltier Sebagai Alternatif Alat Pendistribusi Darah. *Prosiding SNTTM XVIII* (hal. 1-7). Pekanbaru : Universitas Riau.
- Midiani, L., Subagia, I., Suastawa, I., Sapteka, A., & Winarta, A. (2020). Preliminary Inverstigation of Performance and Temperature Distribution of Thermoelectric Cooler Box with and Without Internal Fan. *Jurnal of Physics: Conference Series*, 1-9.
- Mirmanto, Alit, I., Sayoga, I., Sutanto , R., Nurchayati, & Mulyono, A. (2018). Experimental cooler box performance using two different heat dissipation units: A heat sink fin-fan, and a double fan heat pipe. *Frontiers in Heat and Mass Transfer (FHMT)*, 10 (34), 1-7.

nasional, k. p. (2020, november 03). *Badan POM Terus Kawal Keamanan, Khasiat, dan Mutu Vaksin COVID-19*. Dipetik january 09, 2021, dari covid19.go.id: <https://covid19.go.id/p/berita/badan-pom-terus-kawal-keamanan-khasiat-dan-mutu-vaksin-covid-19>

Organization, W. H. (2021, january 1). *Draft landscape of COVID-19 candidate vaccines*. Dipetik january 23, 2021, dari internet.