

Unjuk Kerja Vaccine Covid-19 Carrier Box Menggunakan Thermoelectric Cooler dan Heat Pipe Pada Variasi Pembebanan dan Variasi Input Tegangan

Nathaniel Andrew Sahala Sitompul¹, Awaludin Martin²

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

¹nathanielandrew44@gmail.com, ²awaludinmartin01@gmail.com

Abstract

The vaccination program is targeted to last until March 2022. Based on vaccination targets, the widely used vaccine is a vaccine with a distribution temperature of 2-8 ° C of 276.5 million. The thing that really needs to be observed is how to distribute the covid-19 vaccine from one place to another that is able to keep the temperature so that the vaccine can be maintained and not damaged before vaccination. From this problem one solution to distribute the covid-19 vaccine at a distribution temperature of 2-8 ° C with a cooling box using an environmentally friendly cooling system and has low power, one of which is adding Heat pipe and Thermoelectric Cooler, which can maintain the temperature of the vaccine. Heat pipe used by cooper as heat absorption, while in Thermoelectric Cooler type TEC2-25408 which can later maintain the temperature of the distribution of the covid-19 vaccine 2-8 ° C. Based on the calculation of the highest COP is 0.354. After testing, the Vaccine Covid-19 Carrier Box with Thermoelectric Cooler and Heat pipe that is run can maintain the vaccine temperature of 2-8 °C.

Keywords : Vaccine covid-19 carrier box, thermoelectric cooler, heat pipe, coefficient of performace (COP)

1. Pendahuluan

WHO dan Pemerintah Indonesia telah menetapkan pandemi *Corona Virus Disease 2019 (COVID-19)* sebagai bencana global non-alam. Sejak diumumkannya kasus konfirmasi pertama pada Maret 2020, dalam rentang waktu satu bulan, seluruh provinsi telah melaporkan kasus konfirmasi. Penyebaran *Covid-19* tidak hanya terjadi di Daerah Khusus Ibukota Jakarta dan kota padat penduduk lainnya, namun telah menyebar hingga ke pedesaan di daerah terpencil. Sampai dengan tanggal 27 Desember 2020, sebanyak 706.837 kasus konfirmasi *Covid-19* telah dilaporkan di Indonesia dan tercatat sejumlah 20.994 orang meninggal [1].

Melihat situasi seperti ini, salah satu cara yang sangat memungkinkan untuk mencegah semakin luasnya penyebaran pandemi ini adalah dengan pengembangan pembuatan vaksin. Pada tanggal 13 Januari 2021 pemerintah mulai melakukan program vaksinasi dengan Presiden Joko Widodo sebagai penerima suntikan pertama vaksin sinovac, pada saat yang sama sejumlah pejabat, tokoh agama, organisasi profesi serta perwakilan masyarakat turut mengikuti vaksinasi, program vaksinasi ditargetkan berlangsung hingga Maret 2022. Berdasarkan target vaksinasi pemerintah, vaksin yang banyak digunakan adalah vaksin dengan temperatur pendistribusian 2-8°C sebesar 276,5 Juta yaitu (Sinovac, Novavax, Covax, dan AstraZeneca). Program Vaksinasi *Covid-19* bertujuan untuk mengurangi transmisi/penularan *Covid-19*, menurunkan angka kesakitan dan kematian akibat *Covid-19*, mencapai kekebalan kelompok di masyarakat (*herd immunity*) 70 % dari total

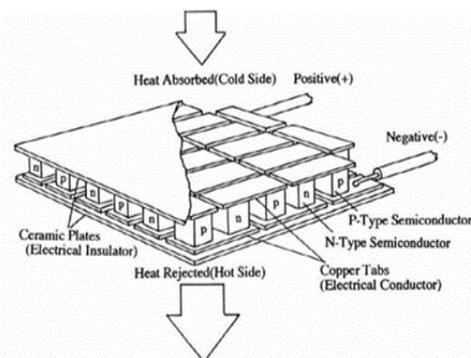
penduduk Indonesia, total sasaran vaksinasi sebanyak 181 juta jiwa dapat melindungi masyarakat dari *Covid-19* agar tetap produktif secara sosial dan ekonomi [1]. Kekebalan kelompok hanya dapat terbentuk apabila cakupan vaksinasi tinggi dan merata di seluruh wilayah. Hal yang sangat perlu dicermati adalah bagaimana cara pendistribusian vaksin covid – 19 dari suatu tempat ke tempat yang lain. Ini dikarenakan vaksin covid 19 rentan terhadap temperatur panas dan juga belum tentu kebutuhan penduduk akan vaksin covid – 19 tersedia di puskesmas atau fasilitas pelayanan kesehatan sekitaran wilayah tempat tinggal penduduk. Pada saat ini media yang umumnya digunakan untuk pendistribusian vaksin di Indonesia menggunakan sebuah *cold box*, *Vaccine carrier* berbahan dasar plastik dengan *ice pack* sebagai media pendingin untuk dapat menjaga temperatur vaksin 2-8 °C selama mungkin dalam rentang temperatur sesuai dengan standar operasional prosedur (SOP)-nya [1]. Akan tetapi kenyataannya temperatur *ice pack* lama kelamaan akan menyesuaikan temperatur dengan lingkungan yang mengakibatkan vaksin melewati temperatur SOP nya dan menjadi rusak serta tidak dapat digunakan lagi

Berdasarkan fakta tersebut, maka muncul sebuah gagasan untuk membuat sebuah *box* menggunakan sistem pendingin *Thermoelectric Cooler* dan *Heat Pipe* yang digunakan untuk menjaga temperatur distribusi vaksin covid-19 2-8 ° C yang dapat menampung 100 vial vaksin yang berguna sebagai wadah untuk proses pendistribusian vaksin. Sedangkan untuk saat ini *box* yang digunakan berbahan dasar plastik dan memanfaatkan es atau *ice pack* sebagai media pendinginan dalam proses pendistribusian vaksin antar puskesmas.

Pada tahun 2018 Syafrul Hadi [2] melakukan penelitian mengenai nilai konduktivitas material beberapa komposit. Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa komposit berbahan dasar tandan kosong kelapa sawit dan resin epoksi memiliki nilai konduktivitas termal terkecil yaitu 0,13 W/m.K, apabila dikonversikan menjadi hambatan termal adalah 7,69 m.K/W [2]. Nilai konduktivitas dari tandan kosong kelapa sawit dan resin epoksi ini tergolong kecil apabila dibandingkan dengan bahan dasar *box* untuk distribusi yang biasa digunakan saat ini yaitu plastik dengan nilai konduktivitas termal 0,4 W/m.K, apabila dikonversi menjadi hambatan termal adalah 2,5 m.K/W jadi material ini dapat menggantikan material plastik jika dilihat dari nilai hambatan termalnya [3].

Termoelektrik merupakan komponen yang dapat menggantikan fungsi dari refrigeran dan juga memiliki kelebihan seperti kriteria yang dibutuhkan diatas. Dalam termoelektrik terdapat suatu elemen yang dinamakan elemen peltier [4]. Peltier ini umumnya digunakan dalam aplikasi ukuran kecil serta memiliki karakteristik yang dapat mendinginkan tanpa merusak lingkungan dengan memanfaatkan efek peltier [4].

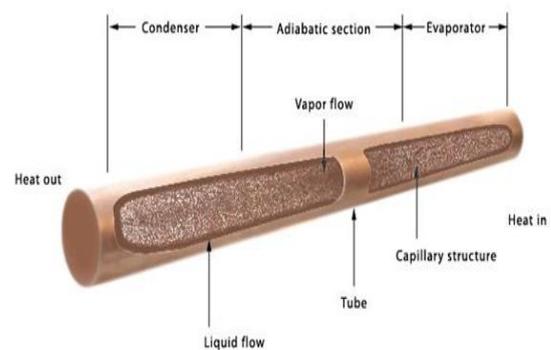
Transformasi perbedaan suhu menjadi arus listrik dan sebaliknya disebut sebagai efek termoelektrik. Prinsip *thermoelectricity* ditemukan pada tahun 1823 oleh ilmuwan Jerman, Thomas Seebeck, ia menemukan bahwa arus listrik terus mengalir jika rangkaian dekat dari dua konduktor berbeda terbentuk dan sambungannya disimpan pada persimpangan yang panas dan dingin [5]. Efek Peltier ditemukan oleh pembuat jam tangan Prancis, Jean Charles Athanase Peltier, Peltier menggunakan arus sebagai antarmuka antara logam konduktor yang berbeda dalam hasil sirkuit, penyerapan panas pada satu sambungan dan pelepasan panas pada sambungan lainnya; persis membalikkan fenomena efek Seebeck. Ketika arus (I) mengalir dari tipe N ke P dan elektron (e^-) berpindah dari bahan semikonduktor tipe P ke N; elektron melompat dari tingkat energi yang rendah (tipe P) ke tingkat energi yang lebih tinggi (tipe N) menyerap panas dari sekitarnya dan sebaliknya [5]. Proses penyerapan kalor pada TEC seperti pada gambar 1.



Gambar 1 Kontruksi *Thermoelectric Cooler* [5]

Aliran elektron dari semikonduktor tipe P akan menyerap kalor di bagian yang didinginkan lalu elektron mengalir menuju semikonduktor tipe N melalui konduktor penghubung yang permukaannya mengalami penurunan temperatur (T_c) [6]. Kalor yang diserap akan berpindah melalui semikonduktor bersamaan dengan pergerakan elektron ke sisi panas modul (T_h) [6]. Pada kondisi ideal, jumlah kalor yang diserap pada sisi dingin dan dilepas pada sisi panas bergantung pada koefisien peltier dan arus listrik yang digunakan [6].

Heat pipe (Pipa kalor) adalah sebuah teknologi penghantar kalor dengan menggunakan pipa berukuran tertentu, berisi cairan khusus sebagai penghantar kalor dari ujung panas atau disebut sebagai evaporator ke ujung lain sebagai pendingin atau disebut sebagai kondensor [7]. Pipa kalor biasanya terbuat dari bahan aluminium, tembaga atau tembaga berlapis nikel. Pada dinding bagian dalam pipa kalor biasanya diisi sumbu pipa kapiler (*wick*) yang berfungsi sebagai lintasan dan pompa kapiler dari cairan kondensat untuk kembali dari kondensor ke bagian evaporator. Secara menyeluruh, *Heat pipe* dapat menghantarkan panas dalam jumlah yang besar dalam waktu yang cepat [8]. Hal ini diakibatkan karena menggunakan *fluida* pada *Heat pipe* dan memanfaatkan perubahan fase *fluida* dalam prosesnya. Perubahan fase *fluida* memanfaatkan panas laten yang menyebabkan *fluida* menyerap kalor dalam jumlah yang besar pada saat menghantarkan panas di dalam *heat pipe* [8]. Konstuksi fase *fluida* pada *heat pipe* seperti pada gambar 2.



Gambar 2 Konstruksi *Heat Pipe* [8]

Terkait tentang penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai temperatur yang dapat dicapai oleh *box* dengan *thermoelectric* dan *heat pipe* adalah sebagai berikut Mirmanto pada 2018 [9] melakukan pengujian kotak pendingin *thermoelectric cooler* TEC2-25408 dengan studi perbandingan dua unit penghilang panas (*heat sink fin-fan* dan *double fan heat pipe*) dengan ukuran kotak 285 mm x 245 mm x 200 mm dan terbuat dari *styrofoam*. Hasil pengujian diperoleh dua unit pelepas panas didapatkan temperatur sisi dingin (*cold side*) TEC untuk penggunaan *heat sink fin-fan*

sebesar $-4,6^{\circ}\text{C}$, sedangkan penggunaan *double fan Heat pipe* temperatur menurun menjadi -5°C , dan temperatur kabin yang dihasilkan untuk penggunaan heat sink fin-fan sebesar 18°C , sedangkan penggunaan *double fan Heat pipe* temperatur sebesar 16°C selama 10000 s, total daya yang digunakan sebesar 65 Watt didapatkan *Coefficient of Performance (COP)* sebesar 0,020.

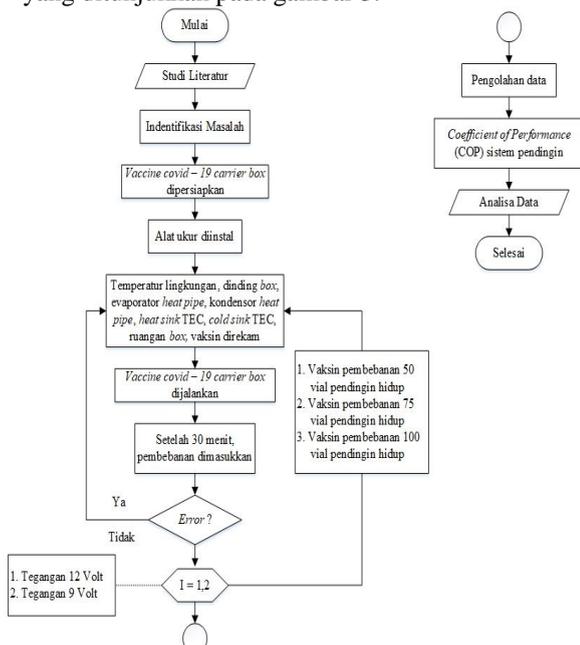
Midiani pada 2020 [10] melakukan pengujian dengan kinerja dan suhu distribusi kotak pendingin dengan dimensi $240\text{ mm} \times 180\text{ mm} \times 130\text{ mm}$ berbahan polyurethane dengan *Thermoelectric Cooler TEC2-25408* dan Heat pipe dengan dan tanpa kipas internal. Didapatkan temperature sisi dingin (*cold side*) TEC terendah sebesar $-7,5^{\circ}\text{C}$ tanpa menggunakan kipas sedangkan pada kabin temperatur terendah 10°C dengan penggunaan daya sebesar 37 Watt didapatkan *Coefficient of Performance (COP)* sebesar 0,103.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan sistem pendingin *vaccine carrier box* dalam mempertahankan temperatur vaksin $2-8^{\circ}\text{C}$ pada variasi input tegangan 9 volt dan 12 volt serta menentukan *coefficient of performance (COP)* dan konsumsi daya yang digunakan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode analitik. Dalam penelitian dilakukan pada kondisi didalam mobil, temperatur awal vaksin $2-8^{\circ}\text{C}$, variasi tegangan, dan variasi pembebanan digunakan sebagai acuan dalam pengujian, menghitung nilai *coefficient of performance (COP)* pendinginan termoelektrik. Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan didapat temperatur akhir vaksin setelah diuji selama 2 jam dan nilai *coefficient of performance (COP)* nya.

Diagram alir keseluruhan dari penelitian ini yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Adapun alat ukur yang digunakan dalam pengujian *vaccine covid-19 carrier box* terdiri dari dari *thermocouple* untuk mengukur temperatur pada lingkungan *box*, *heat sink TEC*, *cold sink TEC*, dan darah. *USB data logger* sebagai pengubah sinyal yang didapat dari *thermocouple* untuk diteruskan ke computer dan watt meter yang digunakan untuk mengukur konsumsi daya, tegangan dan arus.

2.2 Parameter Perhitungan

Dengan menggunakan data manufaktur dari Tipe TEC2-25408 dapat menentukan karakteristik dari *thermoelectric*. Sesuai dengan penelitian *thermoelectric* yang dilakukan M. I. Puy [5] dari Universidad de Nevara, hal tersebut dapat diungkapkan dengan persamaan-persamaan berikut ini:

- 1). Seebeck Coefficient (S_m)

$$S_m = \frac{V_{max}}{T_h}$$

Dengan :

V_{max} : Tegangan listrik maksimal (Volt)

T_h : Temperatur sisi panas TEC (K)

- 2). Konduktansi Panas (K_m)

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

Dengan:

ΔT_{max} : Selisih temperatur panas dan dingin (K)

T_h : Temperatur sisi panas TEC (K)

V_{max} : Tegangan listrik maksimal (Volt)

I_{max} : Arus listrik maksimal (Ampere)

- 3). Resistansi Listrik (R_m)

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

Dengan:

ΔT_{max} : Selisih temperatur panas dan dingin (K)

T_h : Temperatur sisi panas TEC (K)

V_{max} : Tegangan listrik maksimal (Volt)

I_{max} : Arus listrik maksimal (Ampere)

4). Daya Electric (W_e)

$$W_e = I \times V$$

Dengan:

I : Arus listrik (Ampere)

V : Tegangan listrik (Volt)

5). Kalor Yang Diserap (Q_c)

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

Dengan:

S_m : Koefisien Seebeck (V/K)

T_c : Temperatur Sisi Dingin TEC (K)

I : Arus listrik (Ampere)

R_m : Resistansi Listrik (Ohm)

K_m : Konduktansi Panas (WK^{-1})

6). Coefficient of Performance (COP)

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

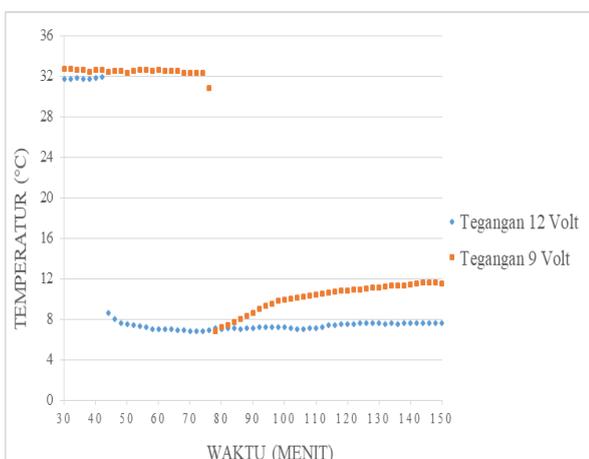
Dengan:

Q_c : Kalor Yang Diserap (Watt)

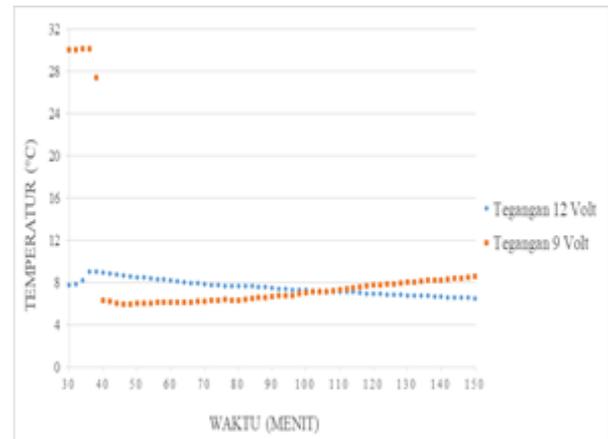
W_e : Daya Electric (Watt)

3. Hasil

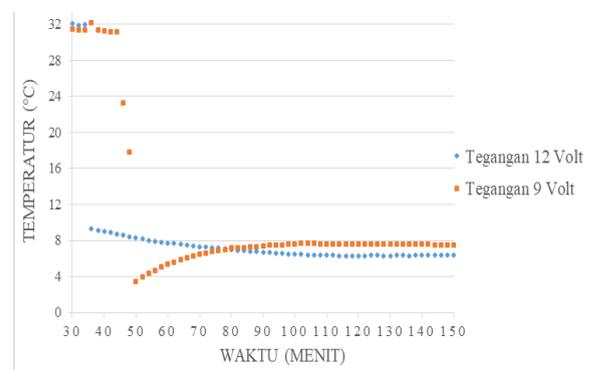
Hasil dari pengujian *vaccine covid-19 carrier box* dengan menggunakan sistem pendingin *thermoelectric* dengan variasi input tegangan, dan variasi pembebanan setelah diplot kedalam tabel untuk mempermudah analisa dapat dilihat pada grafik, yang ditunjukkan pada gambar 4, 5 dan 6.



Gambar 4 Grafik Perbandingan Temperatur Vaksin Dengan Variasi Input Tegangan 12 dan 9 Volt, Pembebanan 50 Vial



Gambar 5 Grafik Perbandingan Temperatur Vaksin Dengan Variasi Input Tegangan 12 dan 9 Volt, Pembebanan 75 Vial



Gambar 6 Grafik Perbandingan Temperatur Vaksin Dengan Variasi Input Tegangan 12 dan 9 Volt, Pembebanan 100 Vial

Kaji yang telah dilakukan menghasilkan berbagai variasi data temperatur pada *vaccine covid-19 carrier box*. Untuk mengetahui kinerja dari *vaccine covid-19 carrier box* di Laboratorium Konversi Energi, Universitas Riau. Pengujian dilakukan dengan cara memasang *thermocouple* untuk mengukur temperatur evaporator *heat pipe*, kondensor *heat pipe*, *cold sink thermoelectric cooler*, *hot sink thermoelectric cooler*, ruangan box, vaksin, dan lingkungan. *Thermocouple* tersebut dihubungkan ke *data logger OMEGA TC-08* yang sudah terhubung ke PC. Hal tersebut untuk merekam perubahan temperatur yang terjadi pada objek ukur. Pengujian dijalankan dengan persiapan 30 menit dan uji kerja 2 jam setelahnya. Persiapan 30 menit dibutuhkan untuk menyesuaikan ruangan sampai temperatur sesuai dengan SOP pendinginan vaksin 2-8 °C. Selain itu, masuknya vaksin ke dalam *box* juga bagian dari persiapan. Vaksin yang dimasukkan ke dalam *box* memiliki temperatur lebih kurang 2-8 °C. Uji kerja selama 2 jam diambil sesuai dengan batasan masalah dari penelitian ini. Perekaman data pada pengujian tersebut dilakukan dengan interval 2 menit.

Pengujian dilakukan dengan melakukan variasi pada kondisi di dalam mobil dengan variasi

pembebanan 50, 75 dan 100 vial vaksin dan input tegangan 9 volt dan 12 volt. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan variasi input tegangan 9 volt dan variasi pembebanan tidak dapat mempertahankan temperatur vaksin 2-8 °C selama 2 jam pengujian vaksin. Sedangkan pada tegangan input 12 volt temperatur vaksin 2-8 °C mampu dipertahankan dengan variasi pembebanan 50, 75 dan 100 vial.

Untuk menghitung nilai *Coefficient of Performance* (COP) dari *vaccine covid-19 carrier box* dibutuhkan parameter yang didapatkan dari pengujian dan kemudian dimasukkan kedalam persamaan. Adapun nilai *Coefficient of Performance* (COP) yang didapatkan dari pengolahan data seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengolahan data *Coefficient of Performace* (COP) TEC dan *Heat pipe*

No	Tegangan (Volt)	Variasi beban	Sm	Km	Rm	We	Qc	COP
			(V/K)	(W/K)	(Ω)	(W)	(W)	
1	9 Volt	50 Vial	0,0288	0,117	1,985	29,07	9,729	0,334
		75 Vial	0,029	0,119	1,988	29,07	9,726	0,334
		100 Vial	0,0289	0,118	1,987	29,07	9,681	0,333
2	12 Volt	50 Vial	0,0382	0,2004	2,003	51,12	15,95	0,312
		75 Vial	0,0382	0,2	2,003	51,12	16,16	0,316
		100 Vial	0,0382	0,2006	2,003	51,12	17,02	0,332

5. Simpulan

Adapun simpulan yang didapat dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh kondisi variasi terhadap temperatur akhir vaksin membentuk sebuah pola dimana kondisi akhir vaksin pada pengujian dengan tegangan 12 volt mampu mempertahankan temperatur vaksin 2-8 °C lebih rendah dari pada tegangan 9 volt.

2. Variasi tegangan dapat meningkatkan Nilai *coefficient of performance* (COP) dengan variasi tegangan 9 volt pembebanan 75 Vial yang diperoleh yaitu sebesar 0,334 dan variasi tegangan 12 volt pembebanan 100 vial yang diperoleh yaitu sebesar 0,332.

3. *Vaccine covid-19 carrier box* yang telah diuji dapat digunakan sebagai media pendistribusian vaksin dengan temperature 2-8 °C karena selama pengujian temperatur vaksin berada pada rentang 2-8 °C pada tegangan 12 volt dalam waktu 2 jam pengujian. Oleh karena itu *vaccine covid-19 carrier box* sudah memenuhi SOP pendistribusian vaksin.

Daftar Pustaka

[1] Kemenkes RI. (2021). *Surat Keputusan Petunjuk Teknis Pelaksanaan Vaksinasi Dalam Rangka*

Penanggulangan Pandemi Corona Virus Disease 2019 (Covid -19). Jakarta: Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit.

- [2] Hadi, S., & Perdana, M. (2018). Pengaruh Bahan Komposit Ramah Lingkungan Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Termal Komposit Alam. *JTM-ITP*, 8 (1), 33-38.
- [3] Din, A.T., Hafiz, N.M., & Rus, A.N.M. (2018). Exploration to Find Green Building Materials from Recycled Solid Wastes. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 47 (1), 35-44.
- [4] Irwanda, F., & Martin, A. (2019). Perancangan Dan Pembuatan *Blood carrier box* Menggunakan Termoelektrik Peltier Pada Beban 1 Liter. *Jom FTEKNIK*, 6 (2), 1-5.
- [5] Patidar, S. (2018). Application of Thermoelectric Energy: A Review . *International Jurnal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 6 (5), 1992-1996.
- [6] Puy , M., Busto, J., Gomez, C., Arbizu, M., & Fernandez, J. (2017). Thermoelectric Cooling Heating Under Real Conditions . *ELSEVIER* , 303-314.
- [7] Lee, H. S. (2010). *Thermal Design : Heat Sink, Thermoelectric, Heat pipes, Compact Heat Exchangers, and Solar Cells*. Canada: John Wiley & Sons.
- [8] Putra, N., & Septiadi, W. N. (2014). *Teknologi Pipa Kalor Teori, Desain, dan Aplikasi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [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.
- [10] Midiani, L., Subagia, I., Suastawa, I., Saptaka, 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.