

Pembuatan Sistem Pendingin pada *Cooling Box* untuk Penyimpanan Vaksin Sinovac dengan *Thermoelectric* (TEC) 1-12706 yang disusun Paralel

Yurieta Khalda Luqiana¹, Bambang Puguh Manunggal², Ika Yuliyani³

¹Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
Email : yurieta.khalda.tken18@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
Email : bambang.puguh@polban.ac.id

³urusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
Email : ika.yuliyani@polban.ac.id

ABSTRAK

Sistem pendingin yang digunakan pada cooling box untuk penyimpanan vaksin sinovac ini menggunakan komponen thermoelectric (TEC)1-12706. Untuk membantu proses pendinginan di dalam box tidak hanya menggunakan thermoelectric saja namun dibantu dengan konveksi paksa oleh kipas (fan) dc dan juga heatsink. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sistem pendingin pada cooling box untuk penyimpanan vaksin sinovac dengan thermoelectric (TEC)1-12706 yang dapat menjaga suhu vaksin sinovac tetap pada range temperatur standarnya yaitu 2-8 °C. Metode pengujian yang dilakukan yaitu metode pengujian tanpa beban dan dengan beban selama kurun waktu 90 menit. Beban yang digunakan yaitu beban tiruan (dummy load) vaksin sinovac berupa botol multi dosis vaksin sinovac berkapasitas 10 ml yang diisi dengan 5 ml air. Dari hasil pengujian tanpa beban didapatkan hasil capaian suhu terendah sebesar 5,6 °C sedangkan pada pengujian dengan beban didapatkan hasil capaian suhu terendah sebesar 6,3 °C.

Kata Kunci

Thermoelectric, suhu, waktu pendinginan, vaksin

1. PENDAHULUAN

Saat ini Indonesia mengalami musibah besar yaitu adanya COVID-19, pandemi ini telah banyak merugikan negara dan masyarakat oleh sebab itu dibutuhkan tindakan efektif yang dapat memutuskan rantai penyebaran virus ini selain dengan menerapkan protocol kesehatan yaitu dengan melakukan vaksinasi.

Vaksin ini harus didistribusikan keseluruh wilayah Indonesia termasuk wilayah terpencil oleh karena itu dibutuhkan *box* penyimpanan vaksin *portable* yang mampu menjaga suhu vaksin *sinovac* yaitu 2-8 °C . Mayoritas mesin pendingin yang dipakai untuk *box* penyimpanan vaksin yaitu memakai kompresor pendingin, namun kompresor pendingin ini sulit diterapkan dalam skala kecil sehingga kurang mampu menjangkau ke daerah-daerah terpencil, disamping itu juga karena kompresor pendingin biasanya menggunakan *refrigerant* berupa *freon* yang merupakan cairan yang dapat merusak lingkungan.

Maka dari itu dibutuhkan alternatif mesin pendingin lain yang lebih ramah lingkungan yang dapat diaplikasikan pada *box* penyimpanan yang *portable*. Salah satu

alternatif yang dapat digunakan adalah *Thermoelectric Cooler* (TEC).

2. LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

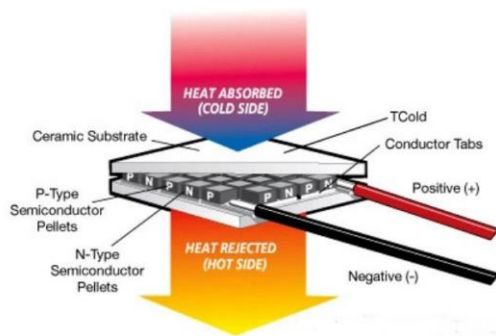
Penelitian membuat sistem pendingin dengan *thermoelectric cooling* (TEC) ini telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Pada tahun 2017, Gianita,F.S telah melakukan kaji eksperimental *portable cool box* menggunakan TEC1-12705 Cascade, kotak pendingin yang dibuat dalam penelitian ini menggunakan bahan *plastic* dan *polyurethane*. *Box* pendingin yang digunakan dalam penelitian ini memiliki panjang 290 mm, lebar 210 mm dan tinggi 160 mm. Rangkaian sistem pendinginannya dibuat dengan dua buah TEC1-12705, *heatsink* dan *fan*. Pengukuran dilakukan selama satu jam dan diperoleh hasil pengujian temperatur terendah di dalam *cool box* yaitu sebesar 19 °C dengan rata-rata nilai laju perpindahan panas sebesar 1,215 watt.

2.2 Vaksin dan jenis-jenis vaksin

Vaksin adalah bahan *antigenic* yang digunakan untuk menghasilkan kekebalan aktif terhadap suatu penyakit sehingga dapat mencegah atau mengurangi pengaruh infeksi oleh organisme alami. Vaksin dapat dibedakan menjadi beberapa jenis jika dilihat dari antigen penyusunnya. Adapun beberapa jenis vaksin tersebut yaitu : *Live attenuated vaccine*, *Inactivated vaccine*, *Vaccine idiotipe*, *Vaccine rekombinan*, dan *Vaksin DNA (Plasmid DNA Vaccine)*.

2.3 Thermoelectric Cooling (TEC)

Thermoelectric Cooler (TEC) merupakan komponen elektronika yang bekerja berdasarkan prinsip efek peltier untuk dapat menghasilkan aliran panas pada sambungan kedua kawat logam yang berbeda. *Thermoelectric Cooler* (TEC) ini bekerja sebagai *heat pump* yang dapat memindahkan panas dari sisi permukaan yang satu ke sisi permukaan lainnya, perbedaan panas ini tergantung dari arah aliran arusnya. *Thermoelectric Cooler* (TEC) juga dikenal dengan sebutan *Peltier*.



Gambar 1. Proses perpindahan panas pada peltier

2.4 Sirip (*fin*)

Sistem pendingin *thermoelectric* tentunya tidak terlepas dari sirip (*fin*). Sirip ini berfungsi untuk mempercepat proses pendinginan dengan cara memperluas permukaan bendanya agar laju perpindahan kalornya pun semakin besar. Ada 2 jenis sirip yaitu sirip untuk sisi panas yang disebut *heatsink* dan sirip untuk sisi dingin yang disebut dengan *coldsink*. Salah satu contoh pemakaian sirip yaitu sirip pada CPU komputer, sirip pada sepeda motor.

2.5 Kipas (*fan*)

Kipas, pada berbagai sistem perpindahan kalor berfungsi untuk membantu pelepasan panas. Ada 2 jenis kipas, yaitu *Viscous fan* dan *Electric fan*. *Viscous fan* banyak digunakan untuk mesin berukuran besar seperti

motor bakar. Kipas jenis *electric fan* digerakkan dengan tenaga listrik.

2.6 Catu Daya (*Power Supply*)

Catu daya atau *power supply* adalah sebuah peralatan penyedia tegangan atau sumber daya untuk peralatan elektronika dengan prinsip mengubah tegangan listrik yang tersedia dari jaringan distribusi transmisi listrik ke level yang diinginkan sehingga berimplikasi pada perubahan daya listrik. Baterai adalah jenis catu daya yang tidak tergantung pada ketersediaan induk listrik, cocok untuk peralatan portable dan digunakan dalam lokasi tanpa daya listrik. Energy listrik yang ada di dalam aki/baterai bisa diisi ulang atau di charge apabila energy yang tersimpan di dalamnya sudah habis dalam waktu tertentu. Adapun rumus untuk menentukan lama waktu pemakaian baterai adalah sebagai berikut :

$$\text{Total waktu pemakaian baterai} = \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{\text{Arus Kerja}}$$

Waktu pemakaian baterai = Total waktu pemakaian baterai – dieffisiensi baterai 20%

2.7 Beban Pendinginan

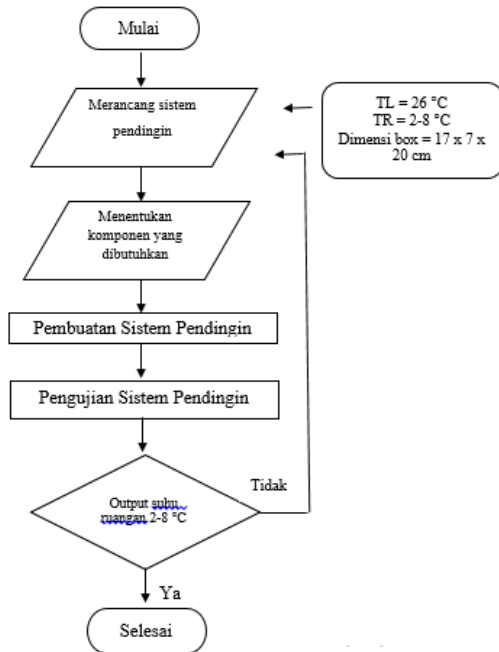
Beban pendinginan merupakan suatu energy panas yang harus dikeluarkan oleh suatu sistem pendingin agar temperatur suatu produk dapat mencapai temperatur yang diinginkan. Ada beberapa macam beban pendinginan yaitu beban produk, beban transmisi, beban elektrik, beban orang, dan juga beban infiltrasi.

Beban produk atau beban pendinginan yang dihasilkan oleh produk merupakan aliran panas yang terjadi karena adanya penyerapan oleh sistem. Adapun rumus untuk menghitung beban pendinginan produk yaitu seperti dibawah ini:

$$Q_{\text{produk}} = m \times C_p \times \Delta T$$

3. METODA PENELITIAN

3.1 Metoda Pembuatan Alat



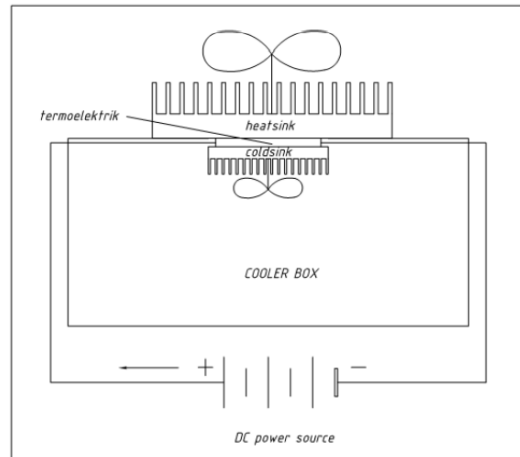
3.2 Perancangan Sistem Pendingin Untuk Cooling Box

Sebelum membuat suatu sistem pendingin hal pertama yang dilakukan yaitu merancang sistem pendingin agar sesuai dengan apa yang diharapkan oleh pembuat. Adapun hal-hal penting yang mendasari perancangan sistem pendingin untuk *cooling box* penyimpanan vaksin *sinovac* yaitu :

- Ruang penyimpanan vaksin *sinovac* berukuran 2,380 liter atau memiliki panjang 17 cm, lebar 7 cm, tinggi 20 cm.
- Suhu ruangan tempat penyimpanan vaksin *sinovac* sebesar 2-8 °C.
- Terdapat 2 sumber daya yang digunakan untuk menghidupkan sistem pendingin yaitu menggunakan adaptor (untuk operasi *non-mobile*) dan aki (untuk operasi *mobile*).
- Cooling box* direncanakan beroperasi selama 3 jam dengan menggunakan aki sebagai *supply* daya untuk kebutuhan saat *mobile*.

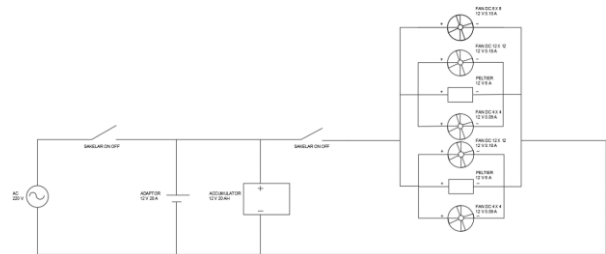
Dari beberapa hal yang telah direncanakan di atas, maka selanjutnya yaitu merancang sistem pendingin untuk penyimpanan vaksin *sinovac*, berikut di bawah ini merupakan rancangan dari sistem pendingin :

3.2.1 Skema 1 Set mesin pendingin



Gambar 2. Rangkaian Skematik Mesin Pendingin

3.2.2 Skema Rangkaian Sistem Pendingin



Gambar 3. Rangkaian Skematik Sistem Pendingin

3.2.3 Perhitungan tegangan dan arus total

Perhitungan tegangan dan arus total digunakan untuk dapat menghitung kapasitas baterai yang dibutuhkan. Berikut dibawah ini merupakan perhitungan tegangan dan arus total dari sistem pendingin :

- Tegangan total (V total)
Karena beban terhubung secara paralel dengan sumber listrik maka tegangannya pun akan sama dengan sumber listriknya yaitu sebesar 12 V.
- Arus total (I total)

$$I_{total} = I_{Fan\ DC\ 6x6} + (2 \times I_{Fan\ DC\ 4x4}) + (2 \times I_{Fan\ DC\ 12x12}) + (2 \times I_{Peltier})$$

$$I_{total} = 0.10\ A + (2 \times 0.09\ A) + (2 \times 0.18\ A) + (2 \times 6\ A)$$

$$I_{total} = 0.10\ A + 0.18\ A + 0.36\ A + 12\ A$$

$$I_{total} = 12.64\ A$$

3.2.4 Perhitungan kapasitas baterai

Untuk mengetahui berapa kapasitas baterai yang harus digunakan agar sesuai dengan rancangan maka dilakukan perhitungan kapasitas baterai/aki. Berikut di bawah ini merupakan perhitungan kapasitas baterai yang dibutuhkan :

Total waktu pemakaian baterai = Waktu pemakaian baterai – dieffisiensi baterai

$$\begin{aligned} \text{Total waktu pemakaian baterai} &= \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{\text{Arus Kerja}} - \left(20\% \times \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{\text{Arus Kerja}}\right) \\ 3 \text{ jam} &= \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{12,64 \text{ A}} - \left(20\% \times \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{12,64 \text{ A}}\right) \\ 3 \text{ jam} &= \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{12,64 \text{ A}} - \frac{20 \times \text{Kapasitas Baterai}}{1264 \text{ A}} \\ 3 \text{ jam} &= \frac{(100 \times \text{Kapasitas Baterai}) - (20 \times \text{Kapasitas Baterai})}{1264 \text{ A}} \\ 3 \text{ jam} &= \frac{80 \times \text{Kapasitas Baterai}}{1264 \text{ A}} \\ \frac{3792 \text{ Ah}}{80} &= \text{Kapasitas Baterai} \\ \text{Kapasitas Baterai} &= 47,4 \text{ Ah} \end{aligned}$$

3.2.5 Perhitungan beban produk

Diketahui :

Spesifik heat air = 4,217 kJ/kg.K

Temperatur awal = 8 °C

Temperatur yang diinginkan = 2 °C

Massa total 42 botol = 0,63 kg

Waktu pendinginan = 90 menit = 5400 s

Maka,

$$Q_{\text{produk}} = m \times C_p \times \Delta T$$

$$Q_{\text{produk}} = 0,63 \text{ kg} \times 4,217 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot \text{K} \times (8 - 2) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{produk}} = 15,94 \text{ kJ} = 15940 \text{ J}$$

$$Q_{\text{produk}} = \frac{15940 \text{ J}}{5400 \text{ s}} = 2,95 \text{ J/s} = 2,95 \text{ Watt}$$

3.3 Pembuatan Sistem Pendingin

Berikut di bawah ini merupakan langkah-langkah untuk membuat sistem pendingin untuk *cooling box* penyimpanan vaksin *sinovac* :

- Siapkan alat dan bahan yang digunakan untuk pembuatan sistem pendingin.
- Susun komponen dc fan 4 x 4 cm untuk bagian sisi dingin, *coldsink* 4 x 4 cm, TEC1-12706 yang sudah dilapisi penyekat dan *thermal paste*, *heatsink* 12 x 10 cm, dan dc fan 12 x 12 cm secara berurutan lalu kencangkan dengan mur dan baut sehingga terbentuk 2 set mesin pendingin seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 4. Satu Set Mesin Pendingin

- Pasang semua komponen sistem pendingin pada *cooling box* yang sudah dibuat lalu kencangkan dengan menggunakan mur dan baut.



Gambar 5. Pemasangan Komponen Sistem Pendingin pada *Cooling Box*

- Rangkai semua komponen sistem pendingin seperti pada gambar 3.3 *Skema Rangkaian Sistem Pendingin*



Gambar 6. Proses Merangkai Rangkaian Sistem Pendingin

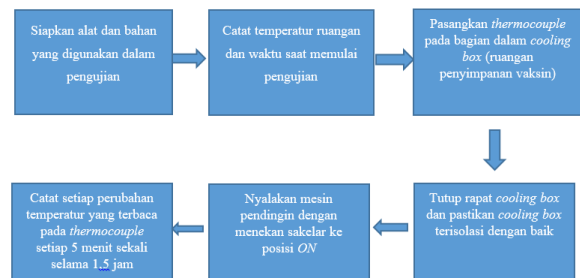
- Rapikan kembali peralatan yang digunakan.

3.4 Pengujian Sistem Pendingin

Pengujian dilakukan dengan dua metode yaitu pengujian tanpa beban dan pengujian dengan beban dalam kurun waktu masing-masing yaitu 1,5 jam atau 90 menit.

3.4.1 Pengujian Tanpa Beban

Pengujian ini dilakukan dengan membiarkan ruang tempat penyimpanan vaksin *sinovac* kosong dan ditutup rapat. Berikut disamping ini merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan untuk melakukan pengujian sistem pendingin tanpa beban :



3.4.2 Pengujian Dengan Beban

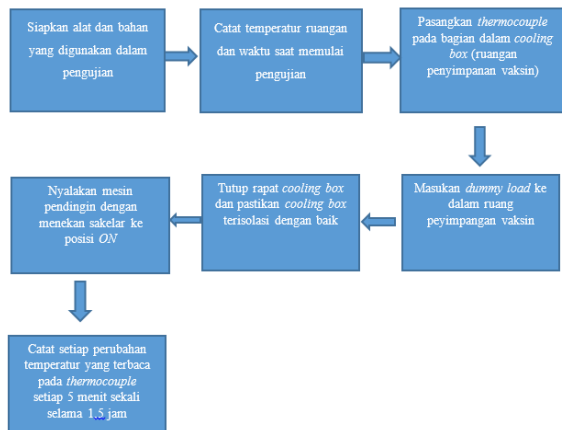
Pengujian ini dilakukan dengan kondisi ruang penyimpanan vaksin di dalam *cooling box* sudah di isi

dengan *dummy load* (beban tiruan) vaksin sinovac yang berupa botol multi vaksin yang berkapasitas 10 ml yang diisi dengan air sebanyak 5 ml. *Box vaksin* diisi oleh *dummy load* vaksin sinovac sebanyak 42 buah.



Gambar 7. *Dummy Load* Vaksin Sinovac

Berikut dibawah ini merupakan tahapan-tahapan yang harus dilakukan untuk melakukan pengujian sistem pendingin dengan beban :



4. ANALISA DATA

4.1 Data Hasil Pengujian Sistem Pendingin

Data hasil pengujian sistem pendingin tanpa beban dan dengan beban disajikan dalam bentuk tabel dan grafik agar mudah untuk dibaca dan dianalisa.

4.1.1 Data Hasil Pengujian Sistem Pendingin Tanpa Beban

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Sistem Pendingin Tanpa Beban

Waktu	T dalam (°C)
17.25	25.5
17.30	11.6
17.35	10.5
17.40	9.8
17.45	9.2
17.50	8.7
17.55	8.5
18.00	8.3
18.05	8.0
18.10	7.7

18.15	7.4
18.20	7.1
18.25	6.8
18.30	6.5
18.35	6.2
18.40	6.1
18.45	5.9
18.50	5.6

4.1.2 Data Hasil Pengujian Sistem Pendingin Dengan Beban

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Sistem Pendingin dengan Beban

Waktu	T dalam (°C)
13.38	25.5
13.43	14.3
13.48	12.9
13.53	11.6
13.58	11.0
14.03	10.5
14.08	10.2
14.13	9.9
14.18	9.5
14.23	9.2
14.28	9.0
14.33	8.7
14.38	8.3
14.43	7.9
14.48	7.4
14.53	7.1
14.58	6.5
15.03	6.3

4.2 Analisis

Dari data hasil pengujian pada tabel 1 dan 2 dapat dilihat bahwa pada kedua metode pengujian terdapat kesamaan yaitu penurunan suhu ruangan vaksin turun drastis pada 5 menit pertama dilakukan pengujian dan selanjutnya cenderung melambat hingga menit ke 90 dan berakhir konstan.

Pada pengujian sistem pendingin dengan metode tanpa beban, didapatkan suhu capaian terendah yaitu 5,6 °C dengan suhu awal ruang vaksin sebesar 25,5 °C sedangkan pada pengujian sistem pendingin dengan metode berbeban didapatkan suhu capaian terendah yang sedikit lebih besar dari metode tanpa beban yaitu 6,3 °C dengan suhu awal ruang vaksin yang sama dengan pengujian tanpa beban yaitu 25,5 °C. Perbedaan suhu ini dikarenakan pada pengujian sistem pendingin dengan beban mesin pendingin tidak hanya bekerja untuk menyerap beban kalor ruang vaksin saja namun ditambah dengan adanya beban kalor dari *dummy load* vaksin itu sendiri.

Ada beberapa faktor yang bisa mempengaruhi kinerja dari sistem pendingin yaitu parameter waktu pendinginan, jumlah sistem pendingin dan volume ruang pendingin.

Jika dibandingkan dengan standarnya yaitu Keputusan Direktur Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Nomor HK.02.02/4/1/2021, hasil pengujian yang telah dilakukan oleh penulis baik pengujian sistem pendingin tanpa beban maupun pengujian sistem pendingin dengan beban sudah memenuhi standar karena masih terdapat pada rentang suhu penyimpanan vaksin sinovac (2-8 °C). Maka dari itu dapat dikatakan bahwa tujuan dari tugas akhir ini sudah tercapai yaitu membuat sistem pendingin untuk *box* penyimpanan vaksin sinovac yang dapat menjaga suhu 2-8 °C.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan terkait pembuatan sistem pendingin untuk penyimpanan vaksin sinovac dengan thermoelectric, didapatkan hasil suhu capaian terendah selama 90 menit pengujian tanpa beban dan dengan beban berturut-turut yaitu 5,6 °C dan 6,3 °C, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem pendingin yang telah dibuat telah sesuai dengan standar untuk penyimpanan vaksin sinovac yang tertera pada Keputusan Direktur Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Nomor HK.02.02/4/1/2021 tentang Petunjuk Teknis Pelaksanaan Vaksinasi dalam Rangka Penanggulangan Pandemi *Corona Virus Disease 2019 (COVID-19)*, yang menyebutkan bahwa suhu penyimpanan untuk vaksin sinovac yaitu 2-8 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Basri, M.H, Musthafa Syukur, dan M, Mahbubi. (2018). *Aplikasi Thermoelektrik Uler untuk Penyimpanan Vaksin*. Probolinggo : Universitas Nurul Jadid.
- [2] Direktur Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit. (2021). *Keputusan Direktur Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Nomor HK.02.02/4/1/2021 tentang Petunjuk Teknis Pelaksanaan Vaksinasi dalam Rangka Penanggulangan Pandemi Corona Virus Disease 2019 (COVID-19)*. Jakarta : Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit.
- [3] Gianita, Fillianti. (2017). *Kaji Eksperimental Portable Cool Box Menggunakan TEC1-17205 Cascade*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [4] Goldsmid, Julian. (2009). *Introduction to Thermoelectricity*. Sydney : Springer.
- [5] Goldsmid, Julian. (2017). *The Physics of Thermoelectric Energy Conversion*. California: IOP Concise Physics .
- [6] Pranata, A. A. (2016). *Perhitungan Beban Pendingin Vaksin Septivet Pada Cold Storage Di Pusvetma Surabaya*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [7] Jatmiko, A. (2014). *Kotak Pendingin Berbasis Thermoelectric*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.