

PROYEK AKHIR

**KOTAK VAKSIN BERBASIS THERMOELEKTRIK
DENGAN *PCM* SEBAGAI *THERMAL ENERGY
STORAGE***



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I MADE SUGIANTARA

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK PENDINGIN DAN TATA
UDARA**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2022**

PROYEK AKHIR

**KOTAK VAKSIN BERBASIS THERMOELEKTRIK
DENGAN *PCM* SEBAGAI *THERMAL ENERGY
STORAGE***



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I MADE SUGIANTARA
NIM. 1915223009

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK PENDINGIN DAN TATA
UDARA**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

KOTAK VAKSIN BERBASIS THERMOELEKTRIK DENGAN *PCM* SEBAGAI *THERMAL ENERGY STORAGE*

Oleh

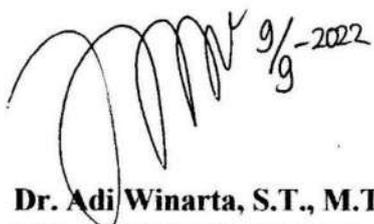
I MADE SUGIANTARA

NIM. 1915223009

Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Proyek Akhir
Program D3 pada Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Bali

Disetujui oleh:

Pembimbing I



Dr. Adi Winarta, S.T., M.T.
NIP. 197206021999032002

Pembimbing II



Dr. Ida Ayu Anom Arsani, S.Si., M.Pd.
NIP. 197008191998022001

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg.
NIP. 196609241993031003

LEMBAR PERSETUJUAN

KOTAK VAKSIN BERBASIS THERMOELEKTRIK DENGAN *PCM* SEBAGAI *THERMAL ENERGY STORAGE*

Oleh

I MADE SUGIANTARA

NIM. 1915223009

Proyek Akhir ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima untuk dapat dicetak sebagai Buku Proyek Akhir pada hari/tanggal:
Senin, 29 Agustus 2022

Tim Penguji

Ketua Penguji : Ir. I Made Sugina, M.T.
NIP : 196707151997021004

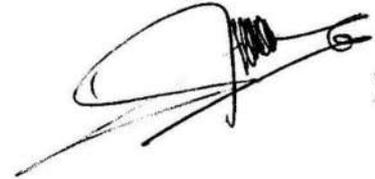
Penguji I : Dr. I Made Rai Jaya Widanta, S.S.M.Hum.
NIP : 197310272001121002

Penguji II : Ir. I Nyoman Gunung, M.Pd.
NIP : 195905021989031002

Tanda Tangan

()

()

()

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : I Made Sugiantara

NIM : 1915223009

Program Studi : D3 Teknik Pendingin Dan Tata Udara

Judul Proyek Akhir : Kotak Vaksin Berbasis Thermoelektrik Dengan *PCM* sebagai *Thermal Energy Storage*.

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Buku Proyek Akhir ini bebas plagiat. Apabila dikemudian hari terbukti plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai Peraturan Mendiknas RI No.17 Tahun 2010 dan Perundang-undangan yang berlaku.

Badung, 29 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



I Made Sugiantara

NIM : 1915223009

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Proyek Akhir ini, penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak baik yang bersifat moral maupun material. Penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada semua pihak yang telah membantu. Dengan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, penulis pada kesempatan ini menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE., M.eCom., selaku Direktur Politeknik Negeri bali
2. Bapak Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin
3. Bapak I Kadek Ervan Hadi Wiryanta, ST., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin
4. Bapak Ir. I Wayan Adi Subagia, MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara
5. Bapak Dr. Adi Winarta, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing-1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Buku Proyek Akhir ini dapat terselesaikan.
6. Ibuk Dr. Ida Ayu Anom Arsani, S.Si., M.Pd, selaku dosen pembimbing-2 yang selalu memberikan dukungan, perhatian, semangat dari awal menjadi mahasiswa hingga saat ini.
7. Segenap dosen dan seluruh staf akademik yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada penulis hingga dapat menunjang dalam penyelesaian Proyek Akhir ini.
8. Kedua orang tua tercinta yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa demi kelancaran dan kesuksesan dalam menyelesaikan Proyek Akhir ini.
9. Saudara tercinta yang telah memberikan dukungan serta perhatian kepada penulis.
10. Teman-teman seperjuangan dalam menyelesaikan Proyek Akhir tahun 2022 yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan kepada penulis.

11. Sahabat-sahabat TPTU 6 A angkatan 2019 terima kasih telah menjadi sahabat terbaik bagi penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, motivasi, serta doa hingga penulis dapat menyelesaikan buku Proyek Akhir ini.
12. Pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian Buku Proyek Akhir ini yang yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Semoga Buku Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya, peneliti atau penulis, dan khususnya kepada civitas akademik Politeknik Negeri Bali.

Badung, 29 Agustus 2022
I Made Sugiantara

ABSTRAK

Thermoelektrik suatu perangkat yang dapat mengubah energi kalor, menjadi energi listrik secara langsung. Selain itu thermoelektrik juga dapat mengkonversikan energi listrik menjadi proses pompa kalor. *Phase Change Materials (PCM)* adalah zat dengan perubahan panas yang tinggi dimana zat ini meleleh atau membeku pada suhu tertentu dan mampu menyimpan atau melepaskan sejumlah energi. Panas diserap atau dilepaskan ketika bahan berubah dari padat ke cair dan sebaliknya.

Tujuan penelitian ini adalah membuat sebuah kotak vaksin berbasis thermoelektrik yang menggunakan *PCM* sebagai *energy storage* dan dapat mengetahui penambahan *PCM* pada *COP* kotak vaksin yang menggunakan Thermoelektrik. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah rancang bangun Kotak Vaksin berbasis Thermoelektrik dengan *PCM* sebagai *Thermal Energy Storage*. Instrumen yang dipergunakan untuk pengambilan data yaitu *thermocouple*, *data logger*, PZEM-17.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu membuat kotak vaksin dengan volume 220 x 200 x 230 mm dengan ketebalan 20mm menggunakan pendinginan thermoelektrik dengan *PCM* sebagai *thermal energy storage*. Hasil pengujian dengan *PCM* mendapatkan hasil konsumsi energi sebesar 360.13 (Wh), dan hasil tidak menggunakan *PCM* sebesar 368.25 (Wh), Jadi pemakaian konsumsi energi menggunakan *PCM* lebih efisien dibandingkan tidak menggunakan *PCM*. Hasil pengujian *COP* tidak menggunakan *PCM* adalah 0,45 dan hasil *COP* menggunakan *PCM* adalah 0,49. Dari perbandingan penggunaan *COP* tidak menggunakan *PCM* lebih efisien dibandingkan dengan penggunaan *PCM*.

Kata kunci: thermoelektrik, *PCM*, *thermal energy*, kotak vaksin.

THERMOELECTRIC BASED VACCINE BOX WITH PCM AS THERMAL ENERGY STORAGE

ABSTRACT

Thermoelectric is a device that can convert heat energy into electrical energy directly. In addition, thermoelectric can also convert electrical energy into a heat pump process. Phase Change Materials (PCM) are substances with high heat changes where these substances melt or freeze at a certain temperature and are able to store or release a certain amount of energy. Heat is absorbed or released when a material changes from solid to liquid and vice versa.

The purpose of this research is to make a thermoelectric-based vaccine box that uses PCM as energy storage and can find out the addition of PCM to the COP of a vaccine box that uses Thermoelectric. The method used in this research is the design of a Thermoelectric Vaccine Box with PCM as Thermal Energy Storage. The instruments used for data collection are thermocouple, data logger, PZEM-17.

From the results of research that has been carried out, namely making a vaccine box with a volume of 220 x 200 x 230 mm with a thickness of 20mm using thermoelectric cooling with PCM as thermal energy storage. The results of testing with PCM get an energy consumption result of 360.13 (Wh), and the result of not using PCM is 368.25 (Wh), so the use of energy consumption using PCM is more efficient than not using PCM. The results of the COP test not using PCM is 0.45 and the COP results using PCM are 0.49. From the comparison the use of COP does not use PCM is more efficient than the use of PCM.

Keywords: *thermoelectric, PCM, thermal energy, vaccine box.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini yang berjudul "Kotak Vaksin berbasis Thermoelektrik dengan *PCM* sebagai *Thermal Energy Storage*" tepat pada waktunya. Penyusunan buku Proyek Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk kelulusan program pendidikan pada jenjang Diploma 3 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

Penulis menyadari pada pembuatan Proyek Akhir ini ditemukan banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis berharap kritik dan saran dari pembaca sebagai pelajaran bagi penulis agar dapat menyempurnakan karya-karya ilmiah lainnya di masa yang akan datang.

Badung, 29 Agustus 2022

I Made Sugiantara

DAFTAR ISI

Proyek Akhir	ii
Lembar Pengesahan	iii
Lembar Persetujuan.....	iv
Surat Pernyataan Bebas Plagiat	iv
Ucapan Terima Kasih.....	vi
Abstrak	viii
<i>Abstract</i>	ix
Kata Pengantar	x
Daftar Isi.....	xi
Daftar Gambar.....	xiv
Daftar Tabel	xv
Daftar Lampiran	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.4.1 Tujuan umum	3
1.4.2 Tujuan khusus	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Temperatur Vaksin	5
2.2 Thermoelektrik	5
2.2.1 Sejarah thermoelektrik.....	6
2.2.2 Efek <i>seebeck</i>	7
2.2.3 Efek peltier	7
2.3 Pendinginan Thermoelektrik	7
2.4 Prinsip Kerja Thermoelektrik	8
2.5 <i>PCM (Phase Change Material)</i>	9

2.5.1	Jenis – jenis PCM.....	10
2.5.2	Aplikasi PCM.....	10
2.6	<i>Heat Sink</i>	11
2.7	<i>Fan</i>	11
2.8	PZEM-017	12
2.9	Arduino Mega.....	12
2.10	Kelebihan Arduino Mega.....	14
2.11	Data Reduksi.....	15
BAB III METODE PENELITIAN		18
3.1	Jenis Penelitian	18
3.1.1	Ukuran <i>cooler box</i>	18
3.1.2	Skematik perancangan.....	19
3.1.2	Spesifikasi termoelektrik TEC2-19006.....	21
3.1.3	Spesifikasi PCM (<i>phase change material</i>).....	21
3.1.4	Penempatan alat ukur	22
3.2	Alur Penelitian.....	23
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	24
3.3.1	Lokasi dan pembuatan proyek akhir.....	24
3.3.2	Waktu pembuatan proyek akhir.....	24
3.4	Penentuan Sumber Data.....	25
3.5	Sumber Daya Penelitian	25
3.6	Instrumen Penelitian	25
3.6.1	<i>Thermocouple</i>	25
3.6.2	<i>Data logger</i>	26
3.6.3	<i>Thermo controller</i>	26
3.6.4	<i>Power supply</i>	27
3.6.5	<i>Relay</i>	27
3.7	Prosedur Penelitian	28
3.7.1	Langkah persiapan.....	28
3.7.2	Langkah pengambilan data.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		30
4.1	Hasil Perancangan.....	30

4.2 Hasil Penelitian.....	31
4.3 Pembahasan.....	36
BAB V PENUTUP	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Termoelektrik	5
Gambar 2.2 Prinsip kerja termoelektrik	8
Gambar 2.3 <i>PCM (Phase change material)</i>	9
Gambar 2.4 <i>Heat Sink</i>	11
Gambar 2.5 <i>Fan</i>	11
Gambar 2.6 PZEM-017	12
Gambar 2.7 Arduino mega	13
Gambar 3.1 Ukuran <i>cooler box</i>	18
Gambar 3.2 Skematik rancangan <i>thermoelektrik</i> dengan <i>PCM</i>	20
Gambar 3.3 Penempatan alat ukur	22
Gambar 3.4 Diagram alur penelitian	23
Gambar 3.5 <i>Thermocouple</i>	26
Gambar 3.6 <i>Data logger</i>	26
Gambar 3.7 <i>Thermo controller</i>	27
Gambar 3.8 <i>Power supply</i>	27
Gambar 3.9 <i>Relay</i>	28
Gambar 4.1 Hasil rancangan kotak vaksin	30
Gambar 4.2 Grafik hasil uji tidak menggunakan <i>PCM</i>	32
Gambar 4.3 Grafik <i>on/off</i> termoelektrik tidak menggunakan <i>PCM</i> pada target suhu $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$	33
Gambar 4.4 Grafik <i>power meter</i> tidak menggunakan <i>PCM</i>	33
Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian menggunakan <i>PCM</i>	34
Gambar 4.6 Grafik <i>on/off</i> termoelektrik menggunakan air pada target suhu $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$	35
Gambar 4.7 Grafik <i>power meter PCM</i>	35
Gambar 4.8 Grafik rata-rata <i>watthour</i>	36
Gambar 4.9 Grafik rata-rata <i>COP</i>	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel spesifikasi arduino mega.....	13
Tabel 3.1 <i>Time schedule</i> persiapan, penyusunan dan pengujian tugas akhir	24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Hasil perancangan	44
Lampiran 2: Hasil kontainer <i>PCM</i> dan <i>cold sink</i>	45
Lampiran 3: Hasil perancangan <i>cooler box</i>	46
Lampiran 4: Proses pemasukan <i>PCM</i>	47
Lampiran 5: Lembar bimbingan	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan sistem refrigerasi berbasis kompresi uap merupakan peralatan yang sangat familiar dan banyak digunakan oleh masyarakat. Contohnya saja kulkas dan refrigerator yang sebagian besar masih menggunakan sistem kompresi uap yang mengandung CFC (*Chlorofluorocarbon*). Saat ini mulai banyak penelitian mengenai penggunaan Thermoelektrik pada *PCM sebagai thermal storage*. Salah satunya adalah eksperimen yang dilakukan oleh Riffat *et al.* (2001). Mereka menguji potensi penggunaan *PCM* pada sistem refrigerasi thermoelektrik, dengan *PCM* ternyata menaikkan performa sistem refrigerasi thermoelektrik. Ini dikarenakan penggunaan *PCM* memberikan kemampuan menyimpan pendinginan yang berguna untuk meng *handle* perubahan panas beban pada saat pintu kotak pendingin terbuka dan saat daya suplai dimatikan.

Kerusakan lingkungan sering dikaitkan dengan penggunaan peralatan refrigerasi. Jika *refrigerant* yang dilepas ke lingkungan pada saat terjadi kebocoran pada sistem atau pada saat penggantian *refrigerant*, akan naik mencapai lapisan atmosfer dan menuju suatu lapisan yang disebut lapisan ozon Boyes (1994). Lapisan ozon ini sangat penting untuk kehidupan di bumi karena menyaring sinar ultraviolet B (UV B). Apabila lapisan ozon ini terkena *refrigerant* yang menipis akibat terjadi reaksi kimia antara CFC dengan O_2 yang menyebabkan O_3 berubah menjadi O_3 maka lapisan ozon akan menipis. Maka dari itu perlu dikembangkan sistem pendingin alternatif ramah lingkungan. Salah satunya adalah sistem pendingin *portable* thermoelektrik.

Thermoelektrik adalah suatu fenomena konversi energi dari perbedaan *temperature* menjadi energi listrik atau sebaliknya. Menurut Sutjahja (2010) fenomena ini telah dikembangkan menjadi suatu sistem atau modul sehingga dapat digunakan sebagai pembangkit listrik atau sebagai pemanas dan pendingin, modul

thermoelektrik ini dapat berupa sebuah keping atau lebih yang jika terdapat perbedaan *temperature* antara satu sisi dengan sisi lainnya, maka akan timbul tegangan listrik searah yang keluar dari modul tersebut. Sebaliknya jika tegangan listrik searah diberikan pada modul thermoelektrik maka akan terjadi perbedaan *temperature* antara kedua sisi modul tersebut Abdul *et al.* (2009). dibandingkan dengan sistem refrigerasi kompresi uap, thermoelektrik memiliki banyak kelebihan. pemanas atau pendingin dapat diatur dengan mengubah arah arus listrik, sangat ringkas, tidak ada getaran, tidak memerlukan daya yang besar dan tidak memerlukan *refrigerant*. Namun kekurangan dari pendingin thermoelektrik adalah koefisien kerja atau COP (*coefficient Of Perfomance*) yang dihasilkan relatif sangat kecil, maka akan dilakukan beberapa tahap lagi agar bisa mendapat COP yang maksimal.

Untuk itu diperlukan suatu media yang digunakan untuk menjaga suhu dalam suatu alat pendingin atau pemanas dalam waktu yang cukup lama. Ini bertujuan agar modul thermoelektrik tidak bekerja secara terus menerus mendinginkan atau memanaskan beban. Selain itu juga untuk menghemat penggunaan daya listrik yang dipakai. Salah satu media tersebut adalah *PCM (Phase Change Materials)*. *PCM* adalah zat dengan reaksi perubahan panas yang tinggi yang dimana zat ini meleleh atau mengeras pada suhu tertentu dan mampu menyimpan atau melepaskan sejumlah besar energi Ahmed *et el.* (2013). Panas di serap atau di lepaskan ketika bahan berubah dari padat ke cair dan sebaliknya. Dengan demikian *PCM* diklasifikasikan sebagai unit penyimpan panas laten.

Latar belakang ini disimpulkan dengan memperhatikan hal-hal tersebut, maka penulis ingin melakukan perancangan dan pengujian untuk proyek akhir dengan judul “Kotak vaksin berbasis thermoelektrik dengan *PCM* sebagai *thermal energy storage*”.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam rancang bangun kotak vaksin berbasis Thermoelektrik dengan *PCM* sebagai *Thermal Energy Storage* adalah sbagai berikut :

- a. Bagaimana membuat rancangan kotak vaksin dengan volume 220 x 200 x 230 mm menggunakan pendingin Thermoelektrik dengan *PCM* sebagai *Thermal Energy Storage*?
- b. Bagaimana pengaruh penambahan *PCM* pada *COP* kotak vaksin yang menggunakan Thermoelektrik?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada pengujian ini adalah:

- a. Pengujian atau pengambilan data untuk unjuk kerja kotak vaksin thermoelektrik ini dilakukan pada temperatur lingkungan konstan?
- b. Pengujian kinerja dilakukan dengan menggunakan *PCM* dan tidak menggunakan *PCM*.
- c. Pengujian rancangan kotak vaksin dilakukan berbasis kinerja temperatur dan komsumsi daya saja.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian terdiri atas tujuan umum dan tujuan khusus yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

1.4.1 Tujuan umum

- a. Untuk memenuhi salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan pendidikan Diploma III program studi Teknik Pendingin dan Tata Udara jurusan Teknik Mesin di Politeknik Negri Bali.

1.4.2 Tujuan khusus

- a. Dapat membuat dan sebuah kotak vaksin berbasis *thermoelektrik* yang menggunakan *PCM* sebagai *energy storage*.

- b. Dapat mengetahui penambahan *PCM* pada *COP* kotak vaksin yang menggunakan Thermoelektrik?

1.5 Manfaat Penelitian

Penulis berharap hasil pengujian ini dapat memberi manfaat sebagai berikut:

- a. Pengujian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan mengenai sistem refrigrasi berbasis thermoelektrik dan *PCM*.
- b. Penulis dapat menerapkan ilmu yang telah dipelajari selama mengikuti perkuliahan di Politeknik Negeri Bali khususnya Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan maka dapat disimpulkan berdasarkan rumusan masalah dan tujuan sebagai berikut.

1. Berdasarkan rumusan masalah yaitu membuat rancangan kotak vaksin dengan volume 220 x 200 x 230 mm menggunakan pendingin Thermoelektrik dan *PCM* sebagai *Thermal Energy Storage*-nya, dalam desain *cooler box* menggunakan 2 thermoelektrik tipe TEC2-19006 mampu mencapai suhu terendah -9 °C pada temperatur *coolside* thermoelektrik dan -3 °C pada temperatur kabin. Namun, pada saat thermoelektrik mati, *PCM* hanya mampu mempertahankan suhu selama ± 15 menit dikarenakan suhu panas *hotside* thermoelektrik yang masuk ke *PCM* dan membuat temperatur *PCM* lebih cepat naik.
2. Dari hasil pengujian dengan *PCM* mendapatkan hasil konsumsi energi sebesar 360.13 (Wh), dan hasil tidak menggunakan *PCM* sebesar 368.25 (Wh), Jadi pemakaian konsumsi energi menggunakan *PCM* lebih efisien dibandingkan tidak menggunakan *PCM*.
3. Dari hasil pengujian menunjukkan hasil pada *COP* tidak menggunakan *PCM* adalah 0,45 dan hasil *COP* menggunakan *PCM* adalah 0,49. Dari perbandingan penggunaan *COP* tidak menggunakan *PCM* lebih efisien dibandingkan dengan penggunaan *PCM*. Tetapi menggunakan *PCM* pendinginannya lebih cepat.

5.2 Saran

Saran dari penulis menyarankan dalam melakukan pengambilan data harus menggunakan alat ukur yang baik serta melakukan proses kalibrasi alat ukur, agar dalam pengambilan data dapat hasil yang tepat serta maksimal, dan sebaiknya pada saat thermoelektrik mati, *fan* dalam dan luar juga dimatikan untuk meminimalisir perpindahan panas dari luar ke dalam kabin. Selain itu, *diffrensial on/off* lebih divariasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-Wahab S.A., Elkamel A., AL-Damkhi A.M., AL-Habsi I.A., AL-Rubai H.S., AL-Battashi A.K., AL-Tamimi A.R., AL-Mamari K.H., Chutani M.U., "Design and experimental investigation of the portable solar thermoelectric refrigerator", *Renewable Energy*, v. 34, pp. 30-34, 2009.
- Ahmed MDM, Kannakumar J, Reddy PM. 2013. Desain Dan Fabrikasi Pabrik Penyimpan Dingin Menggunakan Phase Change Material (PCM). *IJIRSET* 2(9):4277-4286.
- Ajiwiguna, T.A. (2014), "Dasar Perhitungan Termoelektrik (Thermoelectric)/Elemen Panas Dingin". Diperoleh 8 November 2018.
- Akriko 2017. *Kipas angin*. Terdapat pada: <https://www.akriko.com/2017/04/membuat-kipas-angin-dengan-cooler-fan.html>. Diakses pada tanggal 9 februari 2022.
- Alibaba. 2020. *Sirip Aluminium CPU Panas Sink dengan Pipa Tembaga untuk Pendingin Pendinginan Termoelektrik*. Terdapat pada: <https://indonesian.alibaba.com/productdetail/aluminum-fins-cpu-heat-sink-with-copper-heatpipe-orth-ermoelectric-cooling-660888974.html> . Diakses Tanggal 2 September 2022.
- Alibaba 1999. *PCM and Thermo Controller*. Terdapat pada: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Customize-60530206883.html?spm=a2700.wholesale.0.0.30bd56e1iPRLH7>. Diakses pada tanggal 9 Maret 2022.
- Amazon. 2021. *3 Meters C Type Mini-Connector Thermocouple Temperature Probe Sensor Temperature Sensing Line K Type Thermocouple Wire Measure Range -50 to 400 Celsius, Compatible with TM902C/ TES1310*.

<https://www.amazon.com/Thermocouple-Temperature-Sensing-Mini-Connector-Compatible/dp/B08NP37JZR?th=1>. Diakses Tanggal 2 September 2022.

Andalanelektro. 2018. *Jenis - Jenis Arduino*. Terdapat pada: <https://www.andalanelektro.id/2018/08/mengenal-arduino.html>. Diakses Tanggal 2 Juli 2022.

Anonymous. 2015. *PHASE CHANGE MATERIALS*. Terdapat pada: <https://grenum.com/au/phase-change-materials/>. Diakses pada tanggal 7 Februari 2022.

Bansal, 2000. Comparative Study of Vapour Compression, Thermoelectric and Absorption Refrigerator-RS. *International Journal of Energy Research*, 2000, 93-107.

Boyes E., Stanisstreet M. 1994, "The ideas of secondary school children concerning ozone layer damage", *Global Environmental Change*, v. 4, n. 4, pp. 311-324.

Elangskrafti.2017. *Pengertian Arduino*.Terdapat pada: <https://www.elangskrafti.com/2017/11/belajar-arduino.html>. Diakses Tanggal 5 Juli 2022.

Enescu, 2014., "A review on thermoelectric cooling parameters and performance," *Renewable and Sustainable Energy*, vol. 38, pp. 903-916.

Holman . 1995., *Perpindahan kalor*, Edisi ke VI, Erlangga Jakarta.

Jatmiko, A.W. 2014. *Kotak Pendingin Ikan Berbasis Termoelektrik*. Tugas Akhir. Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.

Mirmanto, I.B., Alit, I.M.A., Sayoga, R., Sutanto, Nurchayati, A., Mulyanto. 2018. Experimental Cooler Box Performance Using Two Different Heat Removal Units: A Heat Sink Fin-Fan, and A Double Fan Heat Pipe. *Frontiers in Heat and Mass Transfer*.

- Pudjiastuti, 2011. Penelitian Menggunakan Cold Roll Cox (CRB) dengan Phase Change Materials (PCM) untuk Mempertahankan Kesegaran Produk Pertanian. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 179-182.
- PZEM-017*. Terdapat pada: <https://www.amazon.com/PEACEFAIR-PZEM-017-Voltage-Consumption-Communication/dp/B07XSCT91G>. Diakses Tanggal 10 Februari 2022.
- Rokom. 2017. *Pemerintah Serious Untuk Kualitas Rantai Dingin (Cold Chain)*. Terdapat pada : <https://sehatnegeriku.kemkes.go.id/baca/umum/20170426/2320665/pemerintah-serious-kualitas-rantai-dingin-cold-chain-penyimpanan-vaksin/>. Diakses pada tanggal 7 Februari 2022.
- Solarduino. 2020. *PZEM-017 DC Energy Meter with Arduino*. Terdapat pada: <https://solarduino.com/pzem-017-dc-energy-meter-online-monitoring-with-blynk-app/>. Diakses Tanggal 2 September 2022.
- Sundari, W. “Termoelektrik”. 2015. Terdapat pada: (<http://wiwinsndrtermodinamika.blogspot.co.id/2015/03/termoelektrik.html>), diakses pada tanggal 24 februari 2022.
- Sutjahja, M. Inge. 2010. Penelitian Bahan Termoelektrik Bagi Aplikasi Konversi Energi dimasa Datang. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*. (Online). Vol. 01, No. 01, (<http://jmei.phys.unpad.ac.id>), diakses 17 Mei 2016.
- Wiwik, P. 2011. *Jenis jenis bahan berubah fasa dan aplikasinya*. Terdapat pada: <https://www.researchgate.net/publication/315641021>. Diakses tanggal 20 Januari 2022.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1:

Hasil perancangan



Lampiran 2:

Hasil kontainer *PCM* dan *cold sink*



Lampiran 3:

Hasil perancangan *cooler box*



Lampiran 4:

Proses pemasukan *PCM*



POLITEKNIK NEGERI BALI
JURUSAN TEKNIK MESIN

FORM BIMBINGAN TUGAS AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021/2022

NAMA	: I Made Sugiantara
NIM	: 1915223009
PROGRAM STUDI	: D3 Teknik Pendingin dan Tata Udara
PEMBIMBING (1/K)	: Dr. Adi Winarta, ST., M. T.

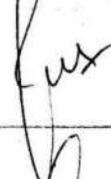
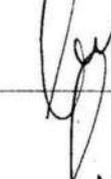
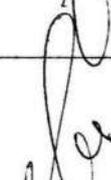
NO.	TGL/BLN/THN	URAIAN PERKEMBANGAN	PARAF PEMBIMBING
1	1/8/2022	Revisi Gambar skematik Revisi wiring diagram	
2	29/7/2022	Perancangan Alat	
3	30/7/2022	Persiapan bahan	
4	2/8/2022	Diskusi perbaikan alat	
5	3/8/2022	Pengambilan data	
6	4/8/2022	Pembahasan hasil	

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI

POLITEKNIK NEGERI BALI
JURUSAN TEKNIK MESIN

FORM BIMBINGAN TUGAS AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021/2022

NAMA	: I Made Sugiantara
NIM	: 1915223009
PROGRAM STUDI	: D3 Teknik Pendingin Tata Udara
PEMBIMBING	: Dr. Ida Ayu Anom Arsani, S. Si., M. Pd.
(X/II)	

NO.	TGL/BLN/THN	URAIAN PERKEMBANGAN	PARAF PEMBIMBING
1	1/8/2022	Bab 1 ACC	
2	15/8/22	Bab 2 ACC	
3	20/8/22	Bab 3 ACC	
4	25/8/22	Bab 4 ACC	
5	25/8/22	Daftar pustaka	
6	26/8/22	ACC kesimpulan	