

**SKRIPSI**

**UJI KINERJA *COOLER BOX THERMOELECTRIC*  
MENGUNAKAN *PCM-HEATSINK* PADA SISI  
PANAS**



Oleh

**ARBYANSYAH DARMAWAN**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI BALI  
2023**

**SKRIPSI**

**UJI KINERJA *COOLER BOX THERMOELECTRIC***  
**MENGGUNAKAN *PCM-HEATSINK* PADA SISI**  
**PANAS**



**POLITEKNIK NEGERI BALI**

Oleh

**ARBYANSYAH DARMAWAN**  
NIM. 1915234015

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN**  
**TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**POLITEKNIK NEGERI BALI**  
**2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

### UJI KINERJA *COOLER BOX THERMOELECTRIC* MENGUNAKAN *PCM-HEATSINK* PADA SISI PANAS

Oleh

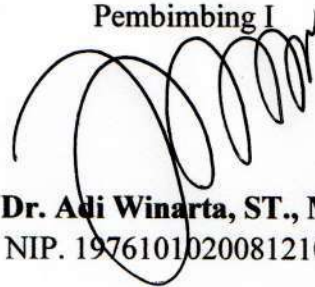
**ARBYANSYAH DARMAWAN**

NIM. 1915234015

Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Skripsi  
Program Studi Sarjana Terapan Pada Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Bali

Disetujui Oleh

Pembimbing I



**Dr. Adi Winarta, ST., MT.**  
NIP. 197610102008121003

Pembimbing II



**Ir. I Nyoman Gede Baliarta, MT.**  
NIP. 196509301992031002

Disahkan Oleh

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**UJI KINERJA COOLER BOX THERMOELECTRIC**  
**MENGGUNAKAN PCM-HEATSINK PADA SISI PANAS**

Oleh

**ARBYANSYAH DARMAWAN**

NIM. 1915234015

Skripsi ini telah dipertahankan di depan tim penguji dan diterima untuk dapat  
dilanjutkan sebagai skripsi pada hari/tanggal :

Kamis, 28 Agustus 2023

**Tim Penguji**

**Tanda Tangan**

Ketua Penguji : Prof. Dr.Ir. Putu Wijaya Sunu, ST.,  
MT. IPM., ASEAN.Eng.



NIP. : 198006142006041004

(.....)

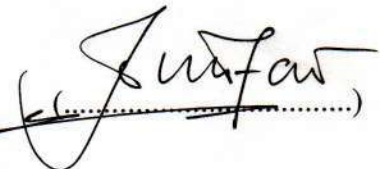
Penguji I : Ir. I Wayan Adi Subagia, MT.



NIP. : 196211241990031001

(.....)

Penguji II : I Made Sudana, ST., M<sup>E</sup>rg



NIP. : 196910071996031002

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanggung jawab dibawah ini

Nama : Arbyansyah Darmawan  
NIM : 1915234015  
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas  
Judul Skripsi : Uji Kinerja *Cooler Box Thermoelectric* Menggunakan *PCM-Heatsink* Pada Sisi Panas

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

Badung, 28 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan



**Arbyansyah Darmawan**

NIM. 1915234015

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan Skripsi 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 terimakasih 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., MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Dr. Made Ery Arsana, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas.
5. Bapak Dr. Adi Winarta, ST., MT., selaku dosen pembimbing 1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Bapak Ir. I Nyoman Gede Baliarta, MT., selaku dosen pembimbing 2 yang selalu memberikan dukungan, perhatian, semangat, dan motivasi selama mengerjakan skripsi ini.
7. Segenap dosen dan seluruh staf akademik serta PLP yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada penulisan hingga dapat menunjang dalam penyelesaian Skripsi.
8. Bapak Sutrisno, selaku bapak saya yang telah memberikan semangat, dan juga bantuan keuangan untuk menyelesaikan skripsi ini.
9. Ibu Sri Puji Rahayu, selaku ibu saya yang telah memberikan semangat dan motivasi selama mengerjakan skripsi ini.
10. Sahabat-sahabat di lab kontrol Saka, Sujane, Peter, serta teman-teman satu kelas yang telah memberikan banyak masukan serta support nya dalam menyelesaikan skripsi saya tahun 2023 ini.

11. Alm. Bapak Sudirman, ST., MT., yang telah memberikan ilmu dan tenaganya untuk membimbing penulis selama semester tiga sampai semester tujuh.

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi performa sebuah kotak pendingin inovatif berbasis teknologi termoelektrik dengan integrasi *Phase Change Material (PCM)* pada sisi panas. Dalam kehidupan sehari-hari, keberadaan sistem pendingin seperti kulkas atau lemari es memiliki peran penting dalam mempertahankan kesegaran makanan dan minuman. Meskipun sistem konvensional berbasis kompresi uap efektif, namun dampak lingkungan dan kebisingan yang dihasilkan menjadi tantangan yang perlu diatasi.

Dalam penelitian ini, sebuah kotak pendingin dengan dimensi 280mm x 290 mm x 290 mm dirancang dan dibuat menggunakan isolasi gabus polyurethane. Sistem pendingin termoelektrik diintegrasikan dengan *PCM* pada sisi panas untuk meningkatkan efisiensi dan stabilitas suhu. Prinsip efek Peltier diadopsi, di mana arus listrik menghasilkan perubahan suhu pada elemen semikonduktor tipe p dan tipe n.

Pengujian dilakukan dalam berbagai kondisi lingkungan untuk mengevaluasi performa kotak pendingin. Penggunaan relay dalam sistem bertujuan untuk mencegah suhu termoelektrik melampaui batas aman yang dapat menyebabkan kerusakan. Hasil pengujian mengindikasikan bahwa integrasi *PCM* berhasil meningkatkan efisiensi sistem pendingin termoelektrik, dengan kemampuan menjaga suhu dingin lebih stabil. Meskipun demikian, fluktuasi suhu teramati pada kabin kotak saat coldsink mencapai 8°C, mengakibatkan siklus relay yang terpicu pada suhu 25°C.

Penelitian ini memberikan wawasan mendalam tentang penerapan teknologi termoelektrik dan *PCM* sebagai alternatif sistem pendingin yang ramah lingkungan dan efisien. Meskipun beberapa tantangan seperti fluktuasi suhu masih perlu diperbaiki, penelitian ini membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam meningkatkan efisiensi dan performa kotak pendingin berbasis termoelektrik dengan integrasi *PCM*.

**Kata Kunci:** termoelektrik, *Phase Change Material (PCM)*, kotak pendingin, efisiensi, stabilitas suhu.



# **PERFORMANCE TEST OF THERMOELECTRIC COOLER BOX USING PCM-HEATSINK ON THE HOT SIDE**

## **ABSTRACT**

*This study aims to design, develop, and evaluate the performance of an innovative cooler based on thermoelectric technology with the integration of Phase Change Material (PCM) on the hot side. In everyday life, the existence of a cooling system such as a fridge or freezer has an important role in maintaining the freshness of food and drinks. Although conventional systems based on vapor compression are effective, the environmental impact and resulting noise are challenges that need to be addressed.*

*In this study, a cooler box with dimensions of 280 mm x 290 mm x 290 mm was designed and made using polyurethane cork insulation. The thermoelectric cooling system is integrated with PCM on the hot side to improve efficiency and suhue stability. The principle of the Peltier effect is adopted, in which an electric current produces a suhue change in the p-type and n-type semiconductor elements.*

*Tests are conducted under various environmental conditions to evaluate the performance of the cooler. The use of relays in the system aims to prevent the thermoelectric suhue from exceeding safe limits which can cause damage. The test results indicate that the PCM integration has succeeded in increasing the efficiency of the thermoelectric cooling system, with the ability to keep cold suhues more stable. However, suhue fluctuations were observed in the box cab when the coldsink reached 8°C, resulting in a relay cycle being triggered at 25°C.*

*This research provides in-depth insight into the application of thermoelectric and PCM technology as an alternative to an environmentally friendly and efficient cooling system. Although some challenges such as suhue fluctuations still need to be corrected, this research opens opportunities for further development in increasing the efficiency and performance of thermoelectric-based coolers with PCM integration.*

**Keywords:** *thermoelectric, Phase Change Material (PCM), cooler box, efficiency, temperature stability.*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyusun Skripsi ini yang berjudul “Uji Kinerja *Cooler Box Thermoelectric* Menggunakan *PCM-Heatsink* Pada Sisi Panas” tepat pada waktunya.

Penyusunan Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk kelulusan program pendidikan pada jenjang Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali. Penulis menyadari Skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran sebagai pembelajaran demi menyempurnakan karya-karya ilmiah di masa yang akan datang.

Badung, 28 Agustus 2023

**Arbyansyah Dharmawan**

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Pengesahan Oleh Pembimbing .....	ii
Persetujuan Dosen Penguji.....	iii
Pernyataan Bebas Plagiat .....	iv
Ucapan Terimakasih .....	v
Abstrak Dalam Bahasa Indonesia.....	vii
Abstrak Dalam Bahasa Inggris.....	viii
Kata Pengantar.....	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar .....	xiii
Daftar Lampiran.....	xiv
<b>BAB I    PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
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.....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.5.1 Manfaat Bagi Penulis.....	4
1.5.2 Manfaat Bagi Politeknik Negeri Bali .....	4
1.5.3 Manfaat Bagi Pembaca .....	4
<b>BAB II    LANDASAN TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1 Pengertian Termoelektrik.....	5
2.2 Sejarah singkat Termoelektrik.....	6
2.3 Efek <i>Seebeck</i> .....	7

2.4	Efek Peltier .....	7
2.5	Prinsip Kerja Dari Termoelektrik Sebagai Pendinginan.....	8
2.6	Teori <i>COP (Coefficient of Performance)</i> termoelektrik .....	9
2.7	Perpindahan Kalor .....	10
2.8	Pengertian <i>Heatsink</i> .....	11
2.9	Pengertian <i>PCM ( Phase Change Material)</i> .....	12
2.10	Jenis-Jenis <i>PCM (Phase Change Material)</i> .....	13
2.10.1	Organik.....	13
2.10.2	Inorganik .....	17
2.10.3	<i>Eutactic</i> .....	21
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>22</b>
3.1	Jenis Penelitian .....	22
3.1.1	Ukuran Cooler Box Termoelektrik.....	22
3.1.2	Skematik Perancangan .....	23
3.1.3	Spesifikasi dari Termoelektrik TEC2 – 19006.....	24
3.1.4	Spesifikasi <i>PCM ( Phase Change Material )</i> .....	24
3.1.5	Penempatan Alat Ukur.....	25
3.2	Alur Penelitian.....	27
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	28
3.4	Penentuan Sumber Data.....	28
3.5	Sumber Daya Penelitian.....	29
3.6	Instrumen Penelitian .....	29
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL PEMBAHASAN</b> .....	<b>31</b>
4.1	Hasil Perancangan .....	31
4.1.1	<i>Wiring</i> diagram Relay dan Sensor Suhu Arduino Uno.....	31
4.1.2	Cara Kerja Relay dan Sensor Suhu Arduino Uno .....	31
4.1.3	Tahap pemograman sensor Ds18b20 dan relay.....	32
4.1.4	<i>Wiring</i> Diagram Sensor Tegangan dan Arus pada Arduino uno .....	32
4.2	Hasil Penelitian.....	35

4.2.1 Hasil Uji Data 9V .....	35
4.2.2 Hasil Uji Data 10V .....	37
4.2.3 Hasil Uji Data 11V .....	38
4.2.4 Hasil Uji Data 12V .....	39
4.2.5 Tabel Perbandingan Hasil Uji Data .....	40
4.2.6 Hasil Uji Data 12V Tanpa Relay .....	41
4.3 Pembahasan .....	42
4.3.1 Hasil Pengukuran COP 12V tanpa relay .....	42
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>45</b>
5.1 Kesimpulan .....	45
5.2 Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>46</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>48</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Titik leleh dan panas peleburan laten beberapa jenis <i>paraffin</i> .....	14
Tabel 2.2	Titik leleh dan panas peleburan laten beberapa <i>non-paraffin</i> .....	15
Tabel 2.3	Titik leleh dan panas peleburan laten beberapa <i>salt hydrates</i> .....	17
Tabel 2.4	Titik leleh dan panas peleburan laten beberapa <i>metallics</i> .....	18
Tabel 2.5	Daftar <i>PCM</i> kombinasi organik dan inorganik	
Tabel 3.1	Pelaksanaan Kegiatan .....	25
Tabel 3.2	Spesifikasi Sensor Arus ACS712 .....	30
Tabel 4.1	Tabel Perbandingan Variasi Tegangan Kubah Pertama .....	40
Tabel 4.2	Tabel Perbandingan Variasi Tegangan Kubah Ke-dua .....	40
Tabel 4.3	Power Meter 12V tanpa relay .....	43
Tabel 4.4	Hasil Uji <i>COP</i> termoelektrik 12V tanpa relay .....	44

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Modul termoelektrik.....	5
Gambar 2.2	efek <i>seebeck</i> .....	6
Gambar 2.3	Struktur termoelektrik .....	8
Gambar 2.4	Skema Aliran Paltier .....	8
Gambar 2.5	Skema kerja termoelektrik.....	8
Gambar 2.6	<i>Heatsink</i> .....	11
Gambar 2.7	Siklus termal <i>PCM</i> .....	11
Gambar 2.8	Klarifikasi <i>PCM (Phase Change Material)</i> .....	12
Gambar 2.9	Tipe <i>paraffin</i> .....	13
Gambar 2.10	Tipe non-parafin.....	15
Gambar 2.11	Tipe <i>Salt hydrate</i> .....	16
Gambar 2.12	Tipe <i>metallic</i> .....	17
Gambar 2.13	Tipe <i>Eutactic</i> .....	18
Gambar 3.1	Ukuran <i>cooler box</i> .....	20
Gambar 3.2	Skematik perancangan.....	21
Gambar 3.3	<i>PCM Capric Acid</i> .....	22
Gambar 3.4	Penempatan Alat Ukur .....	22
Gambar 3.5	Bagan Tahap Pelaksanaan .....	24
Gambar 3.6	<i>Data Logger</i> .....	26
Gambar 3.7	Power Supply .....	27
Gambar 3.8	sensor Termokopel.....	27
Gambar 3.9	Multimeter .....	28
Gambar 3.10	Arduino Uno .....	28
Gambar 3.11	<i>Phase Change Material (PCM)</i> .....	29
Gambar 3.12	<i>Heatsink</i> .....	29
Gambar 3.13	Sensor ACS712.....	30
Gambar 3.14	Sensor voltage.....	30

Gambar 4.1	<i>Wiring</i> otomatisasi Arduino Uno .....	32
Gambar 4.2	<i>Wiring</i> sensor tegangan dan sensor arus Arduino Uno .....	34
Gambar 4.3	Hasil Perancangan <i>Cooler Box</i> .....	35
Gambar 4.4	Grafik Hasil Uji 9V .....	36
Gambar 4.5	Grafik Hasil Uji 10V .....	37
Gambar 4.6	Grafik Hasil Uji 11V .....	38
Gambar 4.7	Grafik Hasil Uji 12V .....	39
Gambar 4.8	Grafik Hasil Uji 12V tanpa relay .....	41
Gambar 4.9	<i>Cooler Box</i> .....	42
Gambar 4.10	Grafik <i>COP</i> .....	42



## **DAFTAR LAMPIRAN**

1. Lembar bimbingan pembimbing I
2. Lembar bimbingan pembimbing II
3. Sketch Coding Arduino
4. Data hasil uji termoelektrik 9V
5. Data hasil uji termoelektrik 10V
6. Data hasil uji termoelektrik 11V
7. Data hasil uji termoelektrik 12 V
8. Data hasil uji termoelektrik 12V tanpa relay

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari manusia membutuhkan alat pendingin seperti lemari es atau kulkas untuk menyimpan makanan, minuman, sayur, buah daging dan sebagainya. Kulkas atau lemari es adalah sebuah alat pendingin yang dapat menjaga kesegaran makanan yang berada didalamnya, Pramana (2015).

Sistem pendingin yang umum digunakan saat ini adalah sistem kompresi uap yang menggunakan zat refrigeran atau *CFC* (*Chlor Fuoro Carbon*) namun penggunaan zat refrigeran atau *CFC* memiliki beberapa kerugian seperti: merusak lapisan ozon, dapat mengalami kebocoran karena refrigeran kekentalannya sangat rendah sehingga mudah untuk mengalir melalui celah sekecil apapun, sistem kompresi uap biasanya lebih berat sebab konstruksi sistem yang dirancang untuk menahan tekanan tinggi (Mirmanto et al., 2021). Oleh sebab itu ukurannya biasanya relatif besar sehingga menyebabkan sistem pendingin ini memiliki suara yang bising. Namun demikian, pendingin sistem kompresi uap menjadi lebih baik jika diterapkan untuk kapasitas besar sebab *COP* (*Coefficient of Performance*)-nya tinggi atau lebih dari 1 (Ananta et al., 2017). Untuk mengatasi kerugian yang disebabkan oleh pendingin kompresi uap perlu dihadirkan sistem pendingin tanpa refrigeran, misalnya pendingin yang menggunakan termoelektrik.

Pendingin termoelektrik adalah alat pendingin yang menggunakan elemen peltier dalam sistemnya sebagai pompa kalor. Efek *peltier* timbul apabila dua buah logam yang berbeda disambungkan dan kedua ujung logam tersebut dijaga pada suhu berbeda. Prinsip kerja pendingin termoelektrik berdasarkan efek *peltier*, ketika arus *DC* dialirkan ke elemen *peltier* yang terdiri dari beberapa pasang sel semikonduktor tipe p (semikonduktor yang mempunyai tingkat energi yang lebih rendah) dan tipe n (semikonduktor dengan tingkat energi yang lebih tinggi) akan mengakibatkan salah satu sisi elemen peltier menjadi dingin (kalor diserap) dan sisi

lainnya menjadi panas (kalor dilepaskan). Sisi panas maupun dingin tergantung pada arah aliran arus listrik (Putra & Repi, 2019).

Keuntungan termoelektrik tidak menggunakan komponen yang berputar (tidak bising), tidak ada masalah kebocoran, bentuk kompak sehingga dimensi totalnya dapat lebih kecil, tahan lama, perawatan mudah dan daya yang digunakan rendah. Namun demikian terdapat kelemahan yaitu untuk kapasitas tinggi sebab *COP (Coefficient of Performance)*-nya masih dibawah 1, Penelitian tentang kulkas termoelektrik pernah dilakukan, tetapi *COP*-nya juga masih dibawah 1 (Ananta et al., 2017).

Termoelektrik membutuhkan *heatsink* untuk melepaskan kalor yang di hasilkan atau diserap di dua persimpangan. *Heatsink* dirancang menggunakan bahan yang memiliki konduktivitas termal tinggi seperti paduan aluminium dan tembaga. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan sirip atau dengan menggunakan *heat pump* untuk meningkatkan perpindahan panas, Adapun cara lain untuk menyerap panas laten dari lingkungan yang ingin di dinginkan yaitu dengan menggunakan *PCM (Phase Change Material)*. *PCM (Phase Change Material)* merupakan bahan penyimpanan energi laten yang mampu melepaskan energi dalam jangka waktu yang sangat lama tanpa terjadi perubahan suhu. Hal tersebut terjadi ketika bahan berubah bentuk dari cair ke padat maupun sebaliknya. Proses inilah yang dinamakan dengan perubahan fase. Cara kerja *PCM (Phase Change Material)* yaitu dapat menyerap panas laten dari lingkungan dan menjaga suhu dengan stabil (Haryowidagdo, 2017).

Termoelektrik ini menggunakan *PCM (Phase Change Material)* pada sisi panasnya, penggunaan *PCM* ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dari sistem pendingin serta mampu menjaga suhu dingin yang lebih stabil dibandingkan menggunakan bahan pendingin lain. Tujuan dari penggunaan *PCM* ini yaitu untuk mengetahui kondisi optimal dalam penggunaan *PCM* sebagai bahan penyerapan kalor dan mengevaluasi kinerja kotak pendingin termoelektrik dalam berbagai kondisi lingkungan.

Berdasarkan hal tersebut penulis ingin membuat sebuah rancang bangun *cool box* menggunakan *termoelektrik cooler (TEC)*. Pada perancangan alat akan memilih

komponen yang digunakan sebagai sistem pendingin komponen termoelektrik dan pemilihan jenis *Phase Change Material (PCM)* yang sesuai untuk produk yang ingin didinginkan. Sehingga diharapkan dengan perancangan ini dapat digunakan sebagai alternatif sistem pendingin selain menggunakan sistem kompresi uap.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem cooler box termoelektrik yang menggunakan *PCM-heatsink* pada sisi panas.
2. Bagaimana pengaruh tegangan yang diberikan ke termoelektrik terhadap temperature PCM, temperature sisi dingin termoelektrik dan temperature cabin pada cooler box.
3. Bagaimana COP yang dihasilkan cooler box dengan pemasangan PCM pada sisi panas termoelektrik.

## **1.3 Batasan Masalah**

1. Ukuran *cooler box* termoelektrik sudah ditentukan dan kemudian beban pendingin serta jumlah termoelektrik yang digunakan juga sudah ditentukan.
2. Menggunakan 1 jenis *PCM*
3. Pengujian dilakukan pada ruangan yang dikondisikan menggunakan *air conditioning* dengan *temperature range* 24 °C -26°C

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

### **1.4.1 Tujuan Umum**

Tujuan umumnya yaitu sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan pada jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

### **1.4.2 Tujuan Khusus**

Untuk penulis secara khusus bertujuan untuk :

1. Agar dapat mengetahui sistem pendingin termoelektrik menggunakan *PCM* pada sisi panas.
2. Untuk dapat mengetahui hasil uji dari sistem pendingin termoelektrik menggunakan *PCM* pada sisi panas

## **1.5 Manfaat Penelitian**

### **1.5.1 Bagi Penulis**

Penelitian ini sebagai sarana untuk menerapkan dan mengembangkan ilmu-ilmu yang didapat selama mengikuti perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali baik secara teori maupun praktek. Untuk lebih memahami konsep-konsep pendingin utamanya pendingin termoelektrik

### **1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali**

Sebagai sarana pendidikan atau ilmu pengetahuan dibidang perpindahan panas dikemudian hari dan sebagai salah satu pertimbangan untuk dapat dikembangkan kembali

### **1.5.3 Bagi Masyarakat**

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari sistem perpindahan panas yaitu, sebagai bentuk pengenalan sebuah alat pendingin dengan termoelektrik, menggunakan *cooler box* kepada masyarakat.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari semua data yang telah dikumpulkan maka dapat disimpulkan berdasarkan rumusan masalah dan tujuan sebagai berikut:

1. *Cooler box* memiliki ukuran panjang 280 mm, lebar 290 mm dan, tinggi 290 mm. Bahan yang digunakan dari gabus polyurethane dengan ketebalan 20 mm.
2. Berdasarkan hasil data dari variasi tegangan termoelektrik dapat disimpulkan bahwa, tegangan dapat mempengaruhi suhu cabin, suhu pcm, suhu *hotside*, dan suhu *coldside*, Variasi tegangan mempengaruhi waktu termoelektrik dapat mencapai suhu yang diinginkan, dan
3. Pada pengujian ini, hasil perhitungan *COP* dari hasil uji data 12V tanpa relay adalah 0,6.

#### **5.2 Saran**

Saran dari penulis yaitu sebelum melakukan pengujian dalam proses pengambilan data pastikan alat ukur *thermocouple* dan alat ukur lainnya yang digunakan dalam pengambilan data harus dalam keadaan baik dan melakukan kalibrasi terhadap alat ukur tersebut supaya dalam proses pengambilan data pada *cooler box termoelektrik* dapat berjalan dengan baik dan maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, M. 2009. Teori Thermoelectric. Terdapat pada : <http://www.slideshare.net/nemogalau/teori>. Teori Thermoelectric . Diakses Pada tanggal 24 Juli 2023
- Bhaat, A. 2018. Experimental performance of a thermoelectric cooler box with thermoelectric position. *Internasional Journal of Refrigeration*. 11 (1) : 1 – 21.
- Fernanto, H. S. (2011). Seismik Data Logger Tersinkronisasi Waktu GPS Berbasis Mikrokontroller H8/3069 F. Depok: Skripsi Program Fisika, Fakultas Matematika dsadasdaoan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
- Holman J.P., terjemahan E. Jasjfi, 1995, Perpindahan kalor, Edisi ke VI, Erlangga, Jakarta. Diakses pada tanggal 18 Agustus 2023.
- Haryowidagdo, H. (2017). Kajian Teknis dan Ekonomis Perancangan Reefer Container Berbasis Teknologi *Phase Change Material* untuk Aplikasi di Kapal. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kennedy, Khairil Anwar, and Moch Briand Anggara. 2016. "Teori Termoelektrik." ( Efek Seebeck ). Diakses pada tanggal 18 Agustun 2023.
- Kresnoadi. (2017). *Macam-macam perpindahan kalor: Konduksi, Konveksi, dan Radiasi*. <https://www.ruangguru.com/blog/perpindahan-kalor>
- Mirmanto, Syahrul, Wirawan Made. 2021 :*Teori Dasar dan Aplikasi Termoelektrik (Pendingin Tanpa Freon)*. Yogyakarta-Indonesia
- Putra, F. C., & Repi, V. V. R. (2019). Perancangan Dan Pembuatan Kotak Pendingin Berbasis Termoelektrik Untuk Aplikasi Penyimpanan Vaksin Dan Obat-Obatan. *Jurnal Ilmiah Giga*, 18(2), 73. <https://doi.org/10.47313/jig.v18i2.577>
- Putra, N dan Nata, S.W. 2014. Teknologi Pipa Kalor Teori, Desain dan Aplikasi. Universitas Indonesia Jakarta.

- Poetro, Eko Joessianto. 2010. *Konservasi Energi pada BTS (Base Transceiver Station) menggunakan Sistem Pendingin Arus Searah (dc cooler)*. Seminar. Universitas Indonesia. Prinsip kerja thermoelectrik. Diakses pada tanggal 24 Agustus 2023.
- Pudjiastuti, Wiwik. 2011. *Jenis-jenis Bahan Berubah Fasa dan Aplikasinya. PCM*. Diakses pada tanggal 20 Agustus 2023
- Prasetyo, Yudha Agus Rahman. 2017. *Sistem Pendingin Hybrid Thermoelectric Cooler Dan Phase Change Material (PCM) Pada Cool Box*. Diss. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Diakses tgl 18 Agustus 2023.
- Rafika, Hasra., Mainil IR., Aziz A. 2011. *Kaji Eksperimental Pembangkit Listrik Berbasis Thermoelectric Generator (TEG) Dengan Pendingin Menggunakan Udara*. 15(1): 7-11. Diakses tgl 20 Agustus 2023
- Shamseldin A. Mohamed, F. A.-S.-A. (2017). *A Review on Current Status and Challenges of Inorganic Phase Change Materials for Thermal Energy Storage Systems*. ELSEVIER, 1072-1089



## LAMPIRAN

### 1. Sketch Coding Arduino

```

#include <OneWire.h>

#include <DallasTemperature.h>

OneWire pin_DS18B20(3);

DallasTemperature DS18B20(&pin_DS18B20);

const int TEMP_THRESHOLD_UPPER_1 = 30; // upper threshold of temperature, change
    to your desire value

const int TEMP_THRESHOLD_LOWER_1 = 27; // lower threshold of temperature,
    change to your desire value

const int TEMP_THRESHOLD_UPPER_2 = 25;

const int TEMP_THRESHOLD_LOWER_2 = 10;

const int SENSOR_PIN1 = 9; // Arduino pin connected to DS18B20 sensor's DQ pin

const int SENSOR_PIN2 = 3; // Arduino pin connected to DS18B20 sensor's DQ pin

const int RELAY_TEPIN1 = 4; // Arduino pin connected to relay which connected to fan

const int RELAY_TEPIN2 = 6; // Arduino pin connected to relay which connected to fan

const int RELAY_FAN = 5;

OneWire oneWire1(SENSOR_PIN1); // setup a oneWire instance

OneWire oneWire2(SENSOR_PIN2); // setup a oneWire instance

DallasTemperature sensors1(&oneWire1); // pass oneWire to DallasTemperature library

DallasTemperature sensors2(&oneWire2); // pass oneWire to DallasTemperature library

float temperature1; // temperature in Celsius

```

```
float temperature2;

int analogPin = A5; // pin arduino yang terhubung dengan pin S modul sensor tegangan

float daya = 0.0;

float Vmodul = 0.0;

float tegangan = 0.0;

float R1 = 30000.0; //30k

float R2 = 7500.0; //7500 ohm resistor,

int value = 0;

void setup() {

  Serial.begin(9600);

  DS18B20.begin();

  sensors1.begin(); // initialize the sensor

  sensors2.begin(); // initialize the sensor

  pinMode(analogPin, INPUT);

  pinMode(RELAY_TEPIN1, OUTPUT); // initialize digital pin as an output

  pinMode(RELAY_TEPIN2, OUTPUT); // initialize digital pin as an output

  pinMode(RELAY_FAN, OUTPUT);

}

void loop() {

  // DS18B20.requestTemperatures();

  sensors1.requestTemperatures(); // send the command to get temperatures

  sensors2.requestTemperatures(); // send the command to get temperatures

  temperature1 = sensors1.getTempCByIndex(0); // read temperature in Celsius

  temperature2 = sensors2.getTempCByIndex(0); // read temperature in Celsius
```

```
if (temperature1 > 44) {  
    digitalWrite(RELAY_TEPIN1, LOW);  
    digitalWrite(RELAY_TEPIN2, LOW);  
} if (temperature1 < 26) {  
    digitalWrite(RELAY_TEPIN1, HIGH);  
    digitalWrite(RELAY_TEPIN2, HIGH);  
}  
// }  
  
// if (temperature2 < 5) {  
//     digitalWrite(RELAY_fan, LOW);  
//     digitalWrite(RELAY_TEPIN2, LOW);  
// } if (temperature2 > 25) {  
//     digitalWrite(RELAY_TEPIN1, HIGH);  
//     digitalWrite(RELAY_TEPIN2, HIGH);  
// }  
  
Serial.print ("DATA,TIME,");  
  
Serial.print(temperature1);  
  
Serial.print(",");  
  
Serial.print(temperature2);  
  
Serial.print(",");  
  
value = analogRead(analogPin);  
Vmodul = (value * 5.0) / 1024.0;
```

```
tegangan = Vmodul / (R2 / (R1 + R2));  
  
int adc = analogRead(A1);  
  
float voltage = adc * 5 / 1023.0;  
  
float arus = (voltage - 2.5) / 0.66;  
  
daya = tegangan * arus;  
  
  
Serial.print(daya);  
  
Serial.print(",");  
  
Serial.print(tegangan);  
  
Serial.print(",");  
  
Serial.println(arus);  
  
}
```