

**SKRIPSI**

**PENGEMBANGAN BAHAN GEL BIO-PHASE CHANGE MATERIAL  
UNTUK APLIKASI SISTEM REFRIGRASI**



**POLITEKNIK NEGERI BALI**

Oleh

**I KOMANG ADI CITRAYASA**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI BALI**

**2024**

**SKRIPSI**

**PENGEMBANGAN BAHAN GEL BIO-PHASE CHANGE MATERIAL  
UNTUK APLIKASI SISTEM REFRIGRASI**



**POLITEKNIK NEGERI BALI**

Oleh

**I KOMANG ADI CITRYASA**

NIM. 2015234034

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI BALI  
2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGEMBANGAN BAHAN GEL *BIO-PHASE CHANGE MATERIAL* UNTUK APLIKASI SISTEM REFRIGRASI

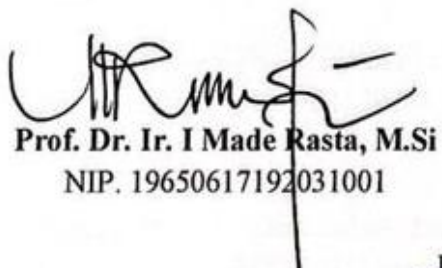
Oleh

**I KOMANG ADI CITRAYASA**  
NIM. 2015234034


Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Skripsi  
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas  
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali

Disetujui Oleh

Pembimbing I

  
**Prof. Dr. Ir. I Made Rasta, M.Si**  
NIP. 19650617192031001

Pembimbing II

  
**Ida Bagus Gde Widiantara ST. MT**  
NIP. 197204282002121001

Disahkan oleh :  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

## LEMBAR PERSETUJUAN

### PENGEMBANGAN BAHAN GEL *BIO-PHASE CHANGE MATERIAL* UNTUK APLIKASI SISTEM REFRIGRASI

Oleh

**I KOMANG ADI CITRAYASA**  
NIM. 2015234034

Skripsi ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima untuk dapat dilanjutkan sebagai Skripsi pada hari/tanggal :28 Agustus 2024

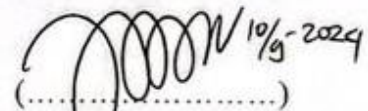
#### Tim Penguji

Penguji I : Dr. Adi Winarta ST., MT.  
NIP : 197610102008121003

Penguji II : I Dewa Made Susila ST., MT.  
NIP : 195908311988111001

Penguji III : Dr. M Yusuf Ssi., M.Erg  
NIP : 197511201999031003

#### Tanda Tangan

  
(.....)

  
(.....)

  
(.....)

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : I Komang Adi Citrayasa

NIM : 2015234034

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas

Judul Tugas Akhir : Pengembangan bahan gel *bio-phase change material* untuk aplikasi sistem refrigrasi

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

Badung, 28 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan



I Komang Adi Citrayasa

NIM. 2015234034

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk serta dorongan dan bantuan 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 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, S.T., M.T, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Dr. Made Ery Arsana, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. I Made Rasta, M.Si selaku dosen pembimbing-1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Bapak Ida Bagus Gde Widiantara ST. MT selaku dosen pembimbing-2 yang selalu memberikan dukungan, perhatian, semangat dari awal menjadi mahasiswa hingga saat ini.
7. Segenap dosen dan seluruh staf akademik serta PLP yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada penulis hingga dapat menunjang dalam penyelesaian Skripsi 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 Skripsi ini.
9. Teman-teman seperjuangan dalam menyelesaikan Skripsi yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan tanpa mengenal lelah kepada penulis

penyelesaian Skripsi yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya, peneliti atau penulis, dan khususnya kepada civitas akademik Politeknik Negeri Bali.

Badung, 28 Agustus 2024

I Komang Adi Citrayasa

## **ABTRAK**

Penelitian ini berfokus pada pengembangan gel bio-phase change material (PCM) berbasis pati singkong dan air, yang ditujukan untuk aplikasi dalam sistem refrigerasi dan penyimpanan energi termal (TES). Pati singkong dipilih karena sifatnya yang ramah lingkungan dan kandungan karbohidratnya yang tinggi, menjadikannya bahan potensial untuk solusi energi alternatif yang lebih berkelanjutan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi pengaruh campuran pati singkong dan air terhadap titik beku, serta perubahan volume dan massa, guna meningkatkan efisiensi sistem refrigerasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah T-History, yang melibatkan pengukuran temperatur pada berbagai titik selama 72 jam menggunakan data logger, untuk menganalisis kinerja campuran gel dalam kondisi operasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi campuran gel mempengaruhi kinerja temperatur, dengan beberapa campuran menunjukkan penurunan temperatur yang signifikan dan ketahanan yang baik setelah mesin dimatikan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa gel berbasis Bio-PCM dapat menjadi material ramah lingkungan yang efektif untuk penyimpanan energi termal, meskipun diperlukan pengujian lebih lanjut untuk mencapai hasil yang optimal.

**Kata kunci:** Gel Bio-PCM, penyimpanan energi



**DEVELOPMENT OF BIO-PCM (PHASE CHANGE MATERIAL) GEL  
MATERIALS FOR REFRIGRATION SYSTEM APPLICATIONS**

**ABSTRACT**

*This research focuses on the development of a bio-phase change material (PCM) gel based on cassava starch and water, aimed at applications in refrigeration systems and thermal energy storage (TES). Cassava starch was chosen due to its environmentally friendly properties and high carbohydrate content, making it a potential material for more sustainable alternative energy solutions. The objective of this study is to explore the impact of the cassava starch and water mixture on the freezing point, as well as changes in volume and mass, to enhance the efficiency of refrigeration systems. The method used in this study is the T-History method, which involves measuring the temperature at various points over 72 hours using a data logger to analyze the performance of the gel mixture under operational conditions. The results indicate that variations in the gel mixture affect temperature performance, with some mixtures showing significant temperature reduction and good stability after the machine is turned off. This research concludes that Bio-PCM-based gel can be an effective and environmentally friendly material for thermal energy storage, although further testing is required to achieve optimal results.*

**keywords:** *Bio-PCM Gel, energy storage*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat-nya penulis dapat menyelesaikan buku penelitian ini yang berjudul pengembangan bahan gel bio-phase change material(PCM) untuk aplikasi system refrigrasi. Penyusunan Buku Proposal penelitian ini merupakan salah satu syarat kelulusan program pendidikan pada jenjang Diploma 4 Teknologi Rekayasa Utilitas, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri bali.

Penulis menyadari Buku Proposal Proyek Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran sebagai pembelajaran demi penyempurnaan karya-karya ilmiah penulis dimasa yang akan datang.

Badung, 28 Agustus 2024

I Komang Adi Citrayasa

## DAFTAR ISI

<b>SKRIPSI</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT</b> .....	<b>iv</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	<b>v</b>
<b>ABTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.4.1 Tujuan umum .....	2
1.4.2 Tujuan khusus.....	3
1.5 Manfaat penelitian.....	3
1.5.1 Manfaat bagi penulis.....	3
1.5.2 Manfaat bagi mahasiswa .....	3
1.5.3 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali.....	3
1.5.4 Manfaat bagi masyarakat.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1 Pengertian Pati Singkong .....	5

2.2	Pengertian minyak jagung.....	6
2.3	Pengertian air .....	7
2.4	<i>Thermal Energy Storage</i> .....	8
2.4.1	<i>Laten head storage systems</i> .....	10
2.4.2	<i>Chemical heat storage systems</i> .....	10
2.5	Phase change material.....	10
2.5.1	Klasifikasi phase change material.....	11
2.5.2	Kriteria pemilihan bahan PCM.....	12
<b>BAB III.....</b>		<b>16</b>
3.1	Jenis Penelitian.....	16
3.1.1	Proses Penggambaran Data .....	16
3.2	Alur penelitian .....	17
3.3	Lokasi Dan waktu penelitian .....	19
3.4	Penentuan Sumber Data .....	19
3.5	Sumber daya penelitian .....	20
3.6	Instrumen Penelitian .....	20
3.7	Penelitian.....	26
3.7.1	Langkah Persiapan .....	26
3.7.2	Langkah Pengambilan data .....	27
3.8	Prosedur penelitian .....	27
<b>BAB VI.....</b>		<b>29</b>
4.1	Proses pencampuran Bio-Pcm .....	29
4.1.1	Pembuatan bahan gel Bio-PCM metode Pertama.....	29
4.1.2	Pembuatan bahan gel Bio-PCM Metode Kedua .....	30
4.1.3	Pembuatan bahan gel Bio-PCM metode Ketiga .....	32
4.1.4	Sempel pembuatan bahan gel Bio-PCM.....	34
4.2	Hasil penelitian .....	35
4.2.1	Kinerja temperatur gel Bio-PCM berdasarkan grafik.....	35

4.3 Pembahasan.....	46
4.3.1 Kinerja temperatur.....	46
<b>BAB V.....</b>	<b>47</b>
5.1 Kesimpulan .....	47
a. Saran .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>48</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>50</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi analisis pada tataman singkong.....	6
Tabel 2. 2 Komposisi analisis pada minyak jagung.....	7
Tabel 2. 2 Perbandingan PCM Organik dengan PCM Anorganik.....	13
Tabel 3. 1 Waktu penelitian.....	18
Tabel 3. 2 Tabel pengujian.....	18
Tabel 4. 1 Campuran Air (95%)+(5%)=(100%).....	34
Tabel 4. 2 Larutan minyak dan Air (85%) + Tepung (15%) = (100%).....	34
Tabel 4..7 TF Dan TM Bio-PCM.....	45

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Minyak jagung.....	5
Gambar 2. 2 Minyak jagung.....	6
Gambar 2. 3 Air.....	8
Gambar 2. 4 Klasifikasi Termal Energi Storage .....	9
Gambar 2. 5 Klasifikasi PCM .....	12
Gambar 3. 1 Proses penggambaran data .....	16
Gambar 3. 2 Alur penelitian.....	18
Gambar 3. 3 Gelas beaker .....	21
Gambar 3. 4 Gelas tabung reaksi .....	21
Gambar 3. 5 Mini mixer elektrik.....	22
Gambar 3. 6 Rak tabung reaksi .....	23
Gambar 3. 7 Botol plastik 60 ml .....	23
Gambar 3. 8 Freezer .....	24
Gambar 3. 9 Spatula kaca.....	24
Gambar 3. 10 Gelas Besi dan Panci .....	25
Gambar 3. 11 Kompor.....	25
Gambar 3. 12 Timbangan.....	26
Gambar 4. 1 Tahap pembuatan bahan gel metode pertama .....	30
Gambar 4. 2 Hasil pembuatan bio-PCM metode pertama .....	30
Gambar 4. 3 Hasil pembuatan bahan gel metode kedua .....	31
Gambar 4. 4 Hasil pembuatan gel Bio-PCM metode kedua .....	32
Gambar 4. 5 Hasil pembuatan bahan gel metode ketiga .....	33
Gambar 4. 6 Hasil pembuatan bahan gel Bio-PCM metode ketiga .....	34
Gambar 4. 7 grafik gel Bio-PCM pada T1 .....	36
Gambar 4. 8 Grafik gel Bio-PCM pada T2 .....	37
Gambar 4. 9 Grafik gel Bio-PCM pada T3 .....	38
Gambar 4. 10 Grafik gel Bio-PCM pada T4 .....	39
Gambar 4. 11 Grafik gel Bio-PCM pada T5 .....	40

Gambar 4. 12 Grafik gel Bio-PCM pada T6 .....	41
Gambar 4. 13 Grafik gel Bio-PCM pada T7 .....	42
Gambar 4. 14 Grafik gel Bio-PCM pada T8 .....	43
Gambar 4. 15 Grafik gel Bio-PCM pada setiap variasi .....	44
Gambar 4. 16 Grafik TF (Temperatur Freezing) .....	45
Gambar 4. 17 Grafis TM (Temperatur Melting) .....	46



## DAFTAR LAMPIR

Pembimbing 1 .....	29
Pembimbing 2 .....	30
Lampiran pembuatan sampel uji .....	43
Hasil data.....	46

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan ekonomi yang pesat dalam beberapa tahun terakhir, isu kekurangan energi dan lingkungan menjadi semakin serius. Oleh karena itu, merupakan topik yang penting untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi dan melindungi lingkungan. Efisiensi penggunaan energi semakin penting dan mengembangkan solusi hemat energi yang sangat efektif adalah hal yang terpenting dalam konteks permintaan energi. Teknologi hemat energi adalah masalah yang sangat vital. Salah satu arah mengembangkan teknologi ini adalah *thermal energy storage*

Teknologi *thermal energy storage* (TES) menggunakan *latent heat thermal energy storage systems* (LHTESS) dalam beberapa tahun terakhir telah menjadi topik yang sangat penting dalam banyak aplikasi teknik dan telah menjadi subyek dari banyak kegiatan penelitian. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan kinerja dan keandalan sistem energi tetapi berguna untuk meningkatkan efisiensi dan penghematan energi serta mengurangi ketidaksesuaian antara persediaan dan permintaan energi.

PCM organik telah menarik banyak perhatian untuk berbagai aplikasi karena mempunyai beberapa keunggulan seperti; titik leleh akurat, panas laten tinggi, suhumencair dan pembekuan kongruen, tingkat supercooling kecil, tekanan uap rendah, tidak beracun, tidak korosif terhadap logam, secara termal dan kimia stabil, murah, perubahan volume kecil selama proses perubahan fase dan biaya murah. Parafin adalah PCM organik yang paling populer karena telah meniadakan *supercooling* dan kisaran suhuperubahan fase lebar dan stabil secara kimiawi. Namun, lilinparafin juga memiliki kelemahan dalam konduktivitas termal dan panas laten rendah, mudah terbakar dan perubahan volume tinggi selama perubahan fasa sebagai PCM organik disebut sebagai kandidat yang sangat menjanjikan untuk

sistem penyimpanan energi pada suhu rendah. Hal ini disebabkan karena asam lemak memiliki banyak karakteristik unggul.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam penelitian ini terdapat beberapa rumusan masalah yang perlu diselesaikan yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh campuran antara pati singkong ditambah air pada titik beku?
2. Bagaimana perubahan titik beku dan titik leleh pada campuran pati singkong dan air?

## **1.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan pada waktu yang terbatas maka pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan batasan-batasan masalah diantaranya

1. Pengukuran hanya dilakukan pada titik beku dan titik leleh untuk pengambilan data dari campuran pati singkong dan air
2. Fokus dalam pengembangan gel *bio-PCM* untuk aplikasi sistem refrigrasi

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis memiliki tujuan yang diharapkan dapat tercapainya kedepannya. Adapun tujuan yang diharapkan yaitu berupa tujuan umum dan tujuan khusus.

### **1.4.1 Tujuan umum**

Tujuan umum yang diharapkan oleh penulis dalam melaksanakan penelitian ini diantaranya sebagai berikut: Untuk memenuhi salah satu persyaratan akademi dalam menyelesaikan pendidikan pada jenjang Diploma IV pada Program Studi Teknik Rekayasa Utilitas di Politeknik Negeri Bali.

1. Untuk mengaplikasikan ilmu-ilmu yang selama ini diperoleh dari mengikuti perkuliahan baik secara teori maupun praktek di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.
2. Mengembangkan ilmu pengetahuan yang di peroleh pada masa

perkuliahan menerapkan dan menuangkan ke dalam bentuk tugas akhir.

#### **1.4.2 Tujuan khusus**

1. Dapat mengetahui perubahan pada titik beku dan titik leleh pada campuran pati singkong.
2. Dapat mengetahui perubahan titik beku dan titik leleh pada campuran pati singkong dan air.

#### **1.5 Manfaat penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan tentu dengan harapan memiliki manfaat kedepannya. Adapun manfaat yang diharapkan bagi penulis sendiri, mahasiswa, Politeknik Negeri Bali, dan juga tentunya masyarakat :

##### **1.5.1 Manfaat bagi penulis**

Bagi penulis, dengan dilaksanakannya penelitian ini bermanfaat untuk mengaplikasikan ilmu dan pengetahuan yang selama ini di peroleh pada masa perkuliahan dan dengan terlaksananya penelitian ini, maka secara tidak langsung menambah wawasan penulis mengenai topik permasalahan yang di bahas dalam penelitian ini.

##### **1.5.2 Manfaat bagi mahasiswa**

Mahasiswa secara umum dan khususnya di lingkungan Politeknik Negeri Bali dapat memanfaatkan penelitian ini sebagai refrensi dan juga media pembelajaran dalam melakukan penyusunan proyek akhir ini kedepannya terkait dengan pengembangan bahan gel bio-PCM untuk aplikasi sistem refrigrasi.

##### **1.5.3 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali**

Penelitian ini juga diharapkan dapat bermanfaat bagi instansi yang memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian ini. Politeknik Negeri Bali dapat memanfaatkan penelitian ini sebagai bahan pendidikan di bidang refrigrasi di kemudian hari sehingga menjadi suatu pertimbangan untuk dapat di kembangkan lebih lanjut.

#### **1.5.4 Manfaat bagi masyarakat**

Dengan terselesaikannya penelitian ini nantinya, masyarakat dapat memanfaatkan dan mengetahui apakah penggunaan dari gel bio-PCM memiliki keuntungan yang lebih baik daripada menggunakan gel bio-PCM untuk kehidupan sehari-hari.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil-hasil pengujian dan analisis pada pengembangan bahan gel Bio-PCM dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1 Pada pengujian yang sudah dilakukan dengan campuran yang bervariasi, dilakukan sampai titik beku membuat terjadinya perubahan fase pada campuran yang sebelumnya berupa gel (cair) menjadi padat (membeku) yang terjadi pada temperatur  $-4^{\circ}\text{C}$  sampai  $-7^{\circ}\text{C}$ .
- 2 Pada campuran yang telah diuji coba dengan campuran yang bervariasi dan dilakukan pengujian sampai titik beku membuat terjadinya perubahan fase pada campuran yang sebelumnya berupa gel (cair) menjadi padat (membeku), dapat dilihat pada campuran yang telah diuji bahwa T1, T2, T3, T4, T6, T7 memiliki temperatur titik beku pada temperatur  $-5^{\circ}\text{C}$  dan T8 memiliki temperatur yang lebih rendah yaitu  $-7^{\circ}\text{C}$ , dapat disimpulkan campuran yang telah diuji rata – rata temperatur yang didapat yaitu  $-4^{\circ}\text{C}$  sampai  $-7^{\circ}\text{C}$  dan titik leleh T1, T3 terjadi pada temperatur  $-4^{\circ}\text{C}$  dan T2, T4, T6 titik leleh pada temperatur  $-5^{\circ}\text{C}$  dan T5, T7 titik leleh terjadi di temperatur  $-6^{\circ}\text{C}$  dan T8 titik lelehnya pada temperatur  $-7^{\circ}\text{C}$  dan dapat disimpulkan temperatur leleh yaitu  $-4^{\circ}\text{C}$  sampai  $-7^{\circ}\text{C}$ .

#### **a. Saran**

Adapun saran yang penulis ingin sampaikan berkenaan dengan proses pengujian dan beberapa kendala yang dihadapi khususnya dalam proses pengembangan bahan gel Bio-PCM, dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Pada pencampuran gel Bio-PCM sebaiknya dilakukan secara teliti yang dikarenakan campuran harus seimbang dan presisi
2. Pada pengujian selanjutnya diharapkan lebih banyak sesi pengujian dalam jangka waktu panjang agar meminimalisir kesalahan pengolahan dan pembacaan alat ukur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Purnomo, B. C., & Setiyo, M. (2017). Karakteristik sistem refrigerasi kompresi uap dengan refrigerant campuran musicool 134-CO<sub>2</sub>. *Jurnal Teknologi*, 9(2), 57-64.
- Pujianto, A., & Septiandi, W. (2020). Analisa Kinerja Sistem Refrigerasi Berdasarkan Beban Pendinginan Ruang Pembekuan Pada cairan air. *Jurnal Kelautan Nasional*, 15(1), 45-56.
- Ariananda, E. S., Hasan, S., & Rakhman, M. (2014). Pengaruh kedisiplinan siswa di sekolah terhadap prestasi belajar siswa teknik pendingin. *Journal of Mechanical Engineering Education (Jurnal Pendidikan Teknik Mesin)*, 1(2), 233-238.
- Saputra, E. T., Caturwati, N. K., & Rosyadi, I. (2021). Pengaruh Massa PCM (Phase Change Material) Terhadap Produktivitas dan Efisiensi Alat Destilasi Tenaga Surya Menggunakan PCM Jenis Lauric Acid Sebagai Penyimpan Panas. *Eksergi: Jurnal Teknik Energi*, 17(3), 201-212.
- Kartikasari, S. N., Sari, P., & Subagio, A. (2016). Karakterisasi sifat kimia, profil amilografi (rva) dan morfologi granula (sem) pati singkong termodifikasi secara biologi. *Jurnal Agroteknologi*, 10(01), 12-24.
- Sumeru, K. (2018). *Subcooling Pada Siklus Refrigerasi Kompresi Uap: Aplikasinya pada Mesin Pendingin dan Pengkondisi Udara*. Deepublish.
- Aziz, A., & Hanif, H. (2012). Penggunaan Hidrokarbon sebagai Refrigeran pada Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Hibrida dengan Memanfaatkan Panas Buang Perangkat Pengkondisian Udara. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 1-5.
- Deswita, N., Aziz, A., & Mainil, R. I. (2016). *Performansi Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Pada Massa 60 Gram Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon* (Doctoral dissertation, Riau University).

- Romanchenko, D., Kensby, J., Odenberger, M., & Johnsson, F. (2018). Thermal energy storage in district heating: Centralised storage vs. storage in thermal inertia of buildings. *Energy conversion and management*, 162, 26-38.
- Ghalambaz, M., Sheremet, M., Fauzi, M. A., Fteiti, M., & Younis, O. (2023). A scientometrics review of solar thermal energy storage (STES) during the past forty years. *Journal of Energy Storage*, 66, 107266.
- Haryowidagdo, H. (2017). Kajian Teknis Dan Ekonomis Perancangan Reefer Container Berbasis Teknologi Phase Change Material Untuk Aplikasi Di Kapal. *Tugas Akhir. Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya*.
- Angelia, Filda. Riyantie, Mayang. Firmansyah B. Public Relations di Era Digitas. volume 1. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press; 2020. 209 p.
- Edu Ryan P. Sistem Pengoperasian Dan Perawatan Alat Pendingin Makanan Di Tb.Alim Pt. Kaltim Shipyard Samarinda. 2019; Available from: <http://repository.unimar-amni.ac.id/id/eprint/2209>
- Abd, A., Aigenbauer, T., Angerer, M., Bahrami, M., Baldini, L., Bauer, D., Bayón, R., Beaupere, N., Beving M, Biedenbach, M., Blanchard, D., Brütting, M., Cabeza, L. F., Cuypers, R., Dagueuet-Frick, X., Dannemand M, de Lange , R., Gracia, M. D., Diarce, G., ... Zsembinszki G. Material And Component Development For Thermal Energy Storage: Task 58 Annex 33. IEA Technology Collaboration Programme; 2020. 354 p.
- Nandy Putra, Adi Winarta, dan Muhamad Amin. Uji Eksperimental Kinerja PCM Beeswax Sebagai Thermal Storage pada Aplikasi Pemanas Air Domestik. *Proceeding Semin Nas Tah Tek Mesin*. 2015;XIV (SNTTM).
- Putra, I Gede Wahyu Aditya and Rasta, I Made and Suamir IN. Pembuatan Paket Enkapsulasi Bio-PCM Pada Evaporator Chest Freezer. *Politek Negeri Bali*. 2022;