

SKRIPSI

**UJI KARAKTERISASI PERUBAHAN FASE PADA
MATERIAL BERUBAH FASE ATAU PCM JENIS
ORGANIK UNTUK APLIKASI *COOLER BOX***



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

KADEK VALENTINO PRIYAMBADA

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2024

SKRIPSI

**UJI KARAKTERISASI PERUBAHAN FASE PADA
MATERIAL BERUBAH FASE ATAU PCM JENIS
ORGANIK UNTUK APLIKASI *COOLER BOX***



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

Kadek Valentino Priyambada

NIM. 2015234055

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

UJI KARAKTERISASI PERUBAHAN FASE PADA MATERIAL BERUBAH FASE ATAU PCM JENIS ORGANIK UNTUK APLIKASI *COOLER BOX*

Oleh

KADEK VALENTINO PRIYAMBADA
NIM.2015234055

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

Disetujui Oleh

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Dr. Made Ery Arsana, ST, MT.
NIP.196709181998021001

Disahkan oleh:
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

LEMBAR PESETUJUAN

UJI KARAKTERISASI PERUBAHAN FASE PADA MATERIAL BERUBAH FASE ATAU PCM JENIS ORGANIK UNTUK APLIKASI *COOLER BOX*

Oleh

KADEK VALENTINO PRIYAMBADA
NIM.2015234055

Skripsi ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima
untuk dapat dicetak sebagai Buku Skripsi pada hari/tanggal
Rabu, 28 Agustus 2024

Tim Penguji

Penguji I : Prof. Dr. Ir. Putu Wijaya Sunu, S.T, M.T,
IPM, ASEAN, Eng

NIP : 198006142006041004

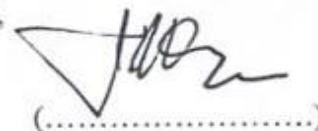
Penguji II : Ir. I Putu Sastra Negara, M.Si

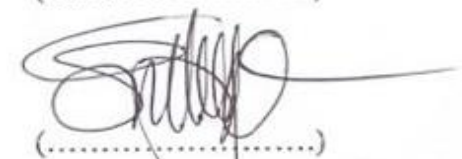
NIP : 196605041994031003

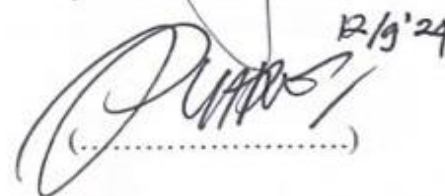
Penguji III : I Made Agus Putrawan, S.T., MT

NIP. : 198606132019031012

Tanda Tangan


(.....)


(.....)


(.....) 12/8'24

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Surat yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Kadek Valentino Priyambada

NIM : 2015234055

Program Studi : Teknologi Rekayasa Utilitas

Judul : Uji Karakterisasi Perubahan Fase Pada Material Berubah Fase Atau PCM Jenis Organik Untuk Aplikasi *Cooler Box*

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi ini bebas plagiat. Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam Skripsi 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



Kadek Valentino Priyambada

NIM.2015234055

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak baik yang berifat 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, S.E., 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, ST, MT., selaku Ketua Program Studi 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 Dr. Made Ery Arsana, ST, MT., selaku dosen pembimbing-2 yang selalu memberikan dukungan, perhatian, semangat dari awal sampai 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. Kemudian terima kasih banyak untuk kakak/adik tercinta I Gede Wahyu Luthfi Sutyasa yang telah memberikan dukungan serta perhatian kepada penulis.
10. Teman-teman seperjuangan dalam menyelesaikan Skripsi tahun 2024 Yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan kepada penulis.
11. Sahabat-sahabat TRU A, Keluarga besar, Terima kasih telah menjadi sahabat

terbaik bagi penulis yang selalu memberikan dukungan, dan motivasi hingga penulis dapat menyelesaikan buku Skripsi ini.

12. Serta masih banyak lagi pihak–pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian skripsi yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan mengkarakterisasi perubahan fase pada material berubah fase (*Phase Change Material* atau PCM) jenis organik yang diaplikasikan dalam sistem *cooler box*. PCM merupakan material yang mampu menyerap dan melepaskan energi dalam bentuk panas saat terjadi perubahan fase, yang menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi pengaturan temperatur, seperti *cooler box*.

Penelitian ini difokuskan pada dua aspek utama: visualisasi proses perubahan fase dan analisis kurva temperatur yang dihasilkan selama siklus pemanasan dan pendinginan PCM organik. Metodologi yang digunakan mencakup pemanasan dan pendinginan PCM di dalam *cooler box*, dengan pemantauan dan pencatatan temperatur secara kontinu untuk memetakan karakteristik termal PCM tersebut. Selain itu, dilakukan pengamatan visual terhadap perubahan fisik yang terjadi selama proses perubahan fase .

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa PCM organik memiliki potensi besar untuk digunakan dalam aplikasi *cooler box*, dengan kurva temperatur yang stabil dan kemampuan perubahan fase yang efektif. Temuan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan *cooler box* yang lebih efisien, dengan aplikasi yang lebih luas dalam industri yang membutuhkan pengendalian temperatur yang presisi. Selain itu, kestabilan termal yang baik pada PCM ini memastikan aplikasinya dalam *cooler box* dapat memperpanjang waktu penyimpanan dingin secara efektif.

Kata kunci: *Phase Change Material* (PCM), *Cooler box*, Minyak kelapa

ABSTRACT

This research aims to test and characterize phase changes in organic phase change materials (PCM) applied to cooling box systems. PCM is a material that is able to absorb and release energy in the form of heat when a phase change occurs, making it an ideal choice for temperature control applications, such as cooling boxes.

This research focuses on two main aspects: visualization of the phase change process and analysis of the temperature curves generated during the heating and cooling cycles of organic PCMs. The methodology used involves heating and cooling the PCM in a cooling box, with continuous temperature monitoring and recording to map the PCM's thermal characteristics. In addition, visual observations were made of the physical changes that occurred during the phase change process.

The results of this research indicate that organic PCM has great potential for use in cooler box applications, with a stable temperature curve and effective phase change capability. These findings are expected to make a significant contribution to the development of more efficient cooling boxes, with wider application in industries that require precise temperature control. In addition, the good thermal stability of this PCM ensures that its application in coolers can effectively extend the cold storage time.

Keywords: Phase Change Material (PCM), Cooler box, Coconut oil

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul Uji Karakterisasi Perubahan Fase Pada Material Berubah Fase atau PCM Jenis Organik Untuk Aplikasi *Cooler Box* 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 penyempurnaan karya-karya penulis dimasa yang akan datang.

Badung, 28 Agustus 2024

Kadek Valentino Priyambada

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan	ii
Lembar Persetujuan.....	iii
Surat Pernyataan Bebas Plagiat.....	iv
Ucapan Terima Kasih.....	v
Abstrak	vii
<i>Abstract</i>	viii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar.....	xiv
Daftar Lampiran	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Penyimpanan Energi Termal	4
2.1.1. Penyimpanan sensibel	5
2.1.2. Penyimpanan kalor laten	5
2.2 <i>Phase Change Material</i>	5
2.3 Kategori Umum Perubahan Fase	6
2.3.1 Organik.....	7
2.3.2 Anorganik.....	8
2.3.3 Eutektik	9
2.4 Klasifikasi Material <i>Phase Change Material</i>	9

2.4.1	Sifat termal	10
2.4.2	Sifat fisis.....	10
2.4.3	Sifat kinetik	10
2.4.4	Sifat kimiawi	10
2.4.5	Sifat ekonomis.....	11
2.5	Perpindahan Kalor	11
2.5.1	Perpindahan kalor konduksi	11
2.5.2	Perpindahan kalor konveksi	11
2.5.3	Perpindahan kalor radiasi	12
2.6	Sistem Refrigerasi.....	12
2.7	Jenis-jenis Sistem Refrigerasi.....	12
2.7.1	Sistem absorpsi.....	12
2.7.2	Sistem refrigerasi kompresi uap.....	13
2.7.3	Tabung vortex	15
2.7.4	Sistem ekspansi gas	15
2.7.5	Sistem <i>thermoelectric</i>	16
2.8	Minyak Kelapa.....	17
2.9	<i>Fan</i>	19
2.10	<i>Thermoelectric</i>	19
2.11	<i>Heat pipe</i>	20
2.12	<i>Heatsink</i>	20
BAB III METODE PENELITIAN		21
3.1	Jenis Penelitian	21
3.1.1	Desain dan pemodelan	21
3.1.2	Skematik perancangan.....	22
3.1.3	Penempatan alat ukur	23
3.2	Alur Penelitian	24
3.3	Lokasi Waktu Penelitian.....	25
3.4	Penentuan Sumber Data.....	26
3.5	Sumber Daya Penelitian	26
3.6	Instrumen Penelitian	27

3.7	Prosedur Penelitian	30
BAB IV PEMBAHASAN.....		32
4.1	Hasil pengujian proses visualisasi perubahan fase pada PCM.....	32
4.1.1	Proses pembekuan dari <i>supercooling</i> hingga stabil.....	40
4.2	Kurva temperatur yang dihasilkan dari perubahan fase	42
4.2.1	Temperatur titik beku PCM dari minyak kelapa.....	45
BAB V PENUTUP.....		46
5.1	Kesimpulan.....	46
5.2	Saran	47
DAFTAR PUSTAKA		48
LAMPIRAN.....		50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Sifat- sifat minyak kelapa	18
Tabel 3. 1	Tabel Pelaksanaan.....	25
Tabel 4. 1	Data hasil visualisasi PCM jenis miyak kelapa	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Metode Untuk Menyimpan Panas dan Dingin	4
Gambar 2. 2	Prinsip PCM	6
Gambar 2. 3	Jenis material berubah fase	7
Gambar 2. 4	Sistem Absorpsi	13
Gambar 2. 5	Sistem Refrigerasi Kompresi Uap.....	13
Gambar 2. 6	Tabung Vortex.....	15
Gambar 2. 7	Jenis pendingin <i>open-cycle</i>	16
Gambar 2. 8	Modul <i>thermoelectric</i>	17
Gambar 2. 9	Minyak Kelapa	17
Gambar 2. 10	Fan.....	19
Gambar 2. 11	<i>Thermoelectric</i>	19
Gambar 2. 12	<i>Heat pipe</i>	20
Gambar 2. 13	<i>Heatsink</i>	20
Gambar 3. 1	Tampak depan desain rancangan.....	21
Gambar 3. 2	Tampak belakang desain rancangan.....	22
Gambar 3. 3	Skematik Perancangan	22
Gambar 3. 4	Penempatan alat ukur	23
Gambar 3. 5	Diagram alur.....	24
Gambar 3. 6	<i>Power supply</i>	27
Gambar 3. 7	Thermocouple.....	27
Gambar 3. 8	Modul H08TC	28
Gambar 3. 9	Haiwell A8	28
Gambar 3. 10	PC (<i>Personal computer</i>).....	29
Gambar 3. 11	Kamera	29
Gambar 4. 1	Tampilan pengambilan data	32
Gambar 4. 2	Proses terbentuknya molekul kristal	39
Gambar 4. 3	Proses pembekuan hingga stabil	40
Gambar 4. 4	Grafik temperatur PCM.....	42

Gambar 4. 5 Grafik temperatur PCM.....	43
Gambar 4. 6 Temperatur TEC cold.....	43
Gambar 4. 7 Temperatur TEC hot	44
Gambar 4. 8 Temperatur ambient	44
Gambar 4. 9 Grafik temperatur titik beku PCM	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data hasil pengujian	50
---------------------------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hal yang menarik dari penyimpanan energi adalah salah satunya yaitu penyimpanan energi berbasis kalor laten. Kalor laten digunakan pada material berubah fase atau *Phase Change Material* (PCM). Kalor laten adalah kalor yang diperlukan untuk mengubah fase benda tanpa mengubah temperatur benda tersebut. Kalor laten menghasilkan efek perpindahan kalor yang lebih besar dibanding kalor sensible. PCM memanfaatkan kalor laten untuk mengubah fase suatu material, PCM (*Phase Change Material*) merupakan bahan penyimpanan energi laten yang mampu melepaskan energi dalam jangka waktu yang sangat lama tanpa terjadi perubahan temperatur. Hal tersebut terjadi ketika bahan berubah bentuk dari cair ke padat maupun sebaliknya (Oro *et al.*, 2012).

Namun, dalam penggunaannya, karakterisasi perubahan fase pada PCM organik menjadi krusial untuk memastikan kinerja yang optimal dalam aplikasi *cooler box*. Proses perubahan fase yang tepat pada temperatur yang diinginkan dapat memastikan penyimpanan energi termal yang efisien dan stabil. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji karakterisasi yang cermat terhadap PCM organik yang akan digunakan dalam aplikasi *cooler box*.

Penelitian tentang uji karakterisasi perubahan fase pada material berubah fase atau PCM jenis organik untuk aplikasi *cooler box* menjadi penting dalam konteks pengembangan teknologi penyimpanan energi yang ramah lingkungan dan efisien. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang sifat-sifat termal PCM organik, penulis dapat mengoptimalkan desain *cooler box* dan meningkatkan efisiensi serta kelayakan penggunaannya dalam berbagai aplikasi.

Dari paparan paragraf sebelumnya mengingat pentingnya topik ini akan memberikan kontribusi berupa efisiensi energi maka penulis mengambil judul yang membahas tentang “Uji Karakterisasi Perubahan Fase pada Material Berubah Fase atau PCM Jenis Organik Untuk Aplikasi pada *Cooler Box*”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun beberapa rumusan masalah yang penulis spesifikasikan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses visualisasi perubahan fase pada PCM jenis organik, temperatur dan karakternya?
2. Bagaimana kurva temperatur yang dihasilkan dari perubahan fase tersebut?

1.3 Batasan Masalah

Dalam skripsi ini penulis membahas karakteristik perubahan fase dan faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan fase pada PCM jenis organik. Data yang penulis cari hanya saat titik cair mencapai titik beku.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1.4.1 Tujuan umum

Tujuan umum dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Memenuhi salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan Pendidikan sarjana terapan studi Teknologi Rekayasa Utilitas Jurusan Teknik Mesin di Politeknik Negeri Bali.
2. Mengaplikasikan ilmu-ilmu yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan di Politeknik Negeri Bali, baik secara teori maupun praktek.

1.4.2 Tujuan khusus

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Agar dapat mengetahui bagaimana proses visualisasi perubahan fase pada PCM jenis organik, temperatur dan karakternya
2. Mengetahui kurva temperatur yang dihasilkan dari perubahan fase tersebut.

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

1. Dengan pengujian ini maka akan dapat menyelesaikan skripsi, nantinya diharapkan dapat menambah pengetahuan dan wawasan mahasiswa mengenai *Phase Change Material* (PCM)
2. Pengujian ini bermanfaat sebagai sarana untuk menerapkan ilmu pengetahuan yang didapat selama mengikuti perkuliahan di Politeknik Negeri Bali khususnya Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas dan dapat mengaplikasikan teori serta mengembangkan ide-ide dan menuangkannya langsung berdasarkan permasalahan yang ada di sekitar kita.

1.5.2. Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali

1. Adanya pengembangan peralatan praktek di laboratorium Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.
2. Dapat menambah koleksi bahan bacaan dan dapat dipergunakan sebagai acuan bagi mahasiswa Politeknik Negeri Bali, khususnya Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas

1.5.3. Manfaat bagi pihak umum

Dengan terselesaikannya penelitian ini, nantinya, masyarakat dapat memanfaatkan dan mengetahui apakah penggunaan dari PCM jenis organik memiliki keuntungan yang lebih baik ketimbang tanpa PCM jenis organik untuk kehidupan sehari-hari.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari pembahasan diatas maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Proses visualisasi perubahan fase pada proses ini, temperatur dan karakteristik material dipantau secara *real-time* menggunakan sensor temperatur dan kamera, menghasilkan data yang menunjukkan pola pembekuan konsisten dengan titik beku PCM serta visualisasi perubahan pembentukan kristal selama transisi fase. Dengan mengetahui visualisasi yang sudah penulis dapatkan saat pengambilan data penulis dapat menentukan bahwa penggunaan PCM ini nanti dapat menyimpan energi di temperatur 20°C.
2. Kurva temperatur yang dihasilkan dari perubahan fase pada PCM berbahan dasar minyak kelapa menunjukkan bagaimana temperatur berubah selama proses pembekuan, mencakup fase-fase seperti *supercooling*, *nukleasi*, *pertumbuhan kristal*, dan stabilisasi temperatur. Grafik ini menggambarkan kemampuan PCM untuk menyerap dan melepaskan panas secara efektif, terlihat dari penurunan dan stabilisasi temperatur pada titik-titik tertentu. Titik beku PCM dari minyak kelapa, sekitar 20°C, menjadi parameter kunci yang menentukan efisiensi material ini dalam menyimpan dan melepaskan energi, menjadikannya ideal untuk aplikasi penyimpanan energi termal di lingkungan dengan temperatur sedang. Stabilitas temperatur pada titik beku ini juga menunjukkan potensi minyak kelapa dalam mempertahankan temperatur yang konstan selama transisi fase, membuatnya cocok untuk aplikasi yang memerlukan kontrol temperatur presisi

5.2 Saran

1. untuk meningkatkan performa *cooler box*, disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut terhadap jenis-jenis PCM organik lainnya yang memiliki titik leleh lebih rendah atau lebih stabil untuk aplikasi pendinginan yang lebih spesifik. Hal ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai pilihan material yang paling efisien untuk digunakan.
2. Disarankan untuk melakukan pengujian dalam kondisi lingkungan yang lebih beragam untuk memastikan kinerja PCM dalam berbagai situasi. Uji lapangan dapat memberikan wawasan tambahan tentang efektivitas dan ketahanan sistem dalam kondisi nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, A., Irwan, Y., Irwanto, M., Leow, W., Gomesh, N., Safwati, I., & Anuar, M. (2015). Cooling on Photovoltaic Panel Using Forced Air Convection Induced by DC Fan. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)* Vol. 6, No. 2, April 2016, pp. 526~534, 528.
- A Muhamad, (2016). Pengertian Multi meter. Terdapat pada: <http://eprints.pdsri.ac.id>. Diakses pada tanggal 10 Februari 2024
- Andrew, D, A., Carl, H., Alfred, F, B., Daniel, C, B., Gloria., M, B. (2017). *Modern Refrigeration and Air Conditioning*. Edisi 19. USA
- I. M. Astika, I. N. S. Winaya, I. D. G. A. Subagia, I. K. G. Wirawan, I. G. N. Nitya Santhiarsa, I. K. Suarsana, I. G. N. Priambadi, I. G. K. Dwijana. (2019). "*Phase Change Materials for Building Applications: A Review*". Fakultas Teknik, Universitas Udayana,
- Fatoni, E. K., Taqwa, A., & Kusumanto, R. (2019). Solar Panel Performance Improvement using Heatsink Fan as the Cooling Effect. *Journal Of Physics: Conf. Series* 1167 (2019) 012031, 5.
- Gao, Daolin and Tianlong Deng. (2013). "*Energy Storage: Preparations And Physicochemical Properties Of Solidliquid Phase Change Materials For Thermal Energy Storage*". *Materials and Processes for Energy: Communicating Current Research and Technological Developments*.
- Gholaminejad, Amir dan Reza Hosseini. (2013). "*A Study of Water Supercooling*". *Journal of Electronics Cooling and Thermal Control* 2013, 3, 1-6
- Irsyad. Amrizal, M. Yulian, Susila. (2020). "Karakteristik Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Tipe Staggered Fins Berisi Material Fase Berubah Dari Minyak Kelapa Pada Proses Pembekuan". *Jurnal Rekayasa Mesin*
- L. Shilei, Z. Neng, F. Guohui, Eutectic mixtures of capric acid and lauric acid applied in building wallboards for heat energy storage, *Energy Build.* 38(2006) 708–711.
- Mardiah. (2016). "Pengaruh Komposisi Garam Dan Penambahan Agen Nukleasi Terhadap Derajat Supercooling Serta Kinerja Larutan Eutektik Garam/H₂O untuk Cold Storage Berbasis Phase Change Material (PCM)". Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Oro,E, A. De Gracia, A. Castell, M.M Farid, LF dan Cabeza. (2012). "*Review on phase change materials(PCMs) for cold sthermal energy storage applications*". *Applied Energy*

- Ozgur. (2006). “*Stabilization of Glauber’s salt for latent heat Storage*”. Dalam Proceedings of the 10th International Conference on Thermal Energy Storage Ecostock 2006
- Rosman, (2018). Pengertian *termocouple*. Indonesian Journal of Fundamental Sciences (IJFS) , 59 – 66.
- Samsugi, S., & Rossi, F. (2020). Alat Pantau Jumlah Pemakaian Daya Listrik Pada Alat Elektronik Berbasis Arduino Uno. Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam, 1(1), 29–34
- San, B. 2020. *Refrigeration Units*. Terdapat pada: https://quickapplianceservice.com/refrigeration_units.shtml. Diakses tanggal 8 Februari 2022
- Tongkeles, S. I. W. (2016). Perancangan Alat Penyejuk Ruangan Dengan Menggunakan Metode Peltier (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Manado). Terdapat pada : <https://repository.polimdo.ac.id/561/>. Diakses pada tanggal 5 Februari 2024
- Widjaja P, S., 2012. Pengukuran dan Analisis Karakteristik Thermoelectric Generator dalam Pemanfaatan Energi Panas yang Terbuang. UKSW. Available at: <http://repository.uksw.edu/handle/123456789/2772>.
- Y. Yuan, N. Zhang, W. Tao, X. Cao, Y. He, Fatty acids as phase change materials: a review, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 29 (2014) 482–498.