

SKRIPSI

**UJI KINERJA *COOLER BOX THERMOELECTRIC*
MENGUNAKAN *PCM (PHASE CHANGE MATERIAL)***



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I KETUT WAHYU SUARDANA PUTRA

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2024

SKRIPSI

**UJI KINERJA *COOLER BOX TERMOELEKTRIK*
MENGUNAKAN PCM (*PHASE CHANGE MATERIAL*)**



I KETUT WAHYU SUARDANA PUTRA

NIM : 2015234048

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

UJI KINERJA COOLER BOX TERMOELEKTRIK MENGUNAKAN PCM (PHASE CHANGE MATERIAL)

Oleh
I Ketut Wahyu Suardana Putra
NIM. 2015234048

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

Disetujui oleh:

Pembimbing I



Dr. Adi Winarta, S.T., M.T
NIP. 197610102008121003

Pembimbing II



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

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

LEMBAR PERSETUJUAN

**UJI KINERJA *COOLER BOX THERMOELECTRIC*
MENGUNAKAN *PCM (PHASE CHANGE MATERIAL)***

Oleh

I KETUT WAHYU SUARDANA PUTRA

Nim : 2015234048

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

Tim Penguji

Penguji 1 : Achmad Wibolo, ST. MT

NIP : 196405051991031002

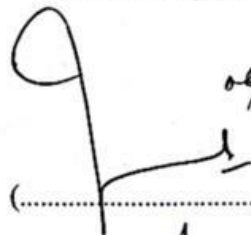
Penguji 2 : Dr. Made Ery Arsana, ST. MT

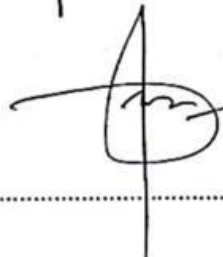
NIP : 196709181998021001

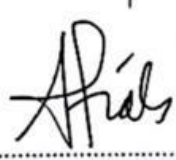
Penguji 3 : I Made Anom Adiaksa A.Md.,ST., MT

NIP : 197705212000121001

Tanda Tangan


06/9 2024
(.....)


(.....)


6/9 24
(.....)

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : I Ketut Wahyu Suardana Putra
NIM : 2015234048
Program Studi : Teknologi Rekayasa Utilitas
Judul Skripsi : Uji kinerja *Termoelektrik* Menggunakan *PCM (Phase Change Material)*

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah 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 16 Februari 2024

; membuat pernyataan



I Ketut Wahyu Suardana Putra

UCAPAN TERIMA KASIH

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 Teknologi Rekayasa Utilitas.
5. Bapak Dr. Adi Winarta, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing utama yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Prof. Dr. I Made Rai Jaya Widanta, SS. M.Hum. selaku dosen pembimbing pembantu 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 penulisan hingga dapat menunjang dalam penyelesaian Skripsi.
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 tahun 2024 yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan kepada penulis.
10. Sahabat-sahabat TRU B, Keluarga besar, Terima kasih telah menjadi sahabat terbaik bagi penulis yang selalu memberikan dukungan, dan motivasi hingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
11. Serta masih banyak lagi pihak – pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian Skripsi yang tidak bisa penulis sebut satu persatu, semoga tuhan yang maha esa senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan.

Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya, penelitian atau penulis, dan khususnya kepada civitas akademika Politeknik Negeri Bali.

Badung, 25 Agustus 2024
I Ketut Wahyu Suardana Putra

ABSTRAK

Sistem pendingin penting dalam berbagai aplikasi, seperti menjaga kesegaran makanan dan suhu obat-obatan. Lemari es, yang sering menggunakan refrigeran CFC (Chlorofluorocarbon), berdampak negatif pada lingkungan melalui kerusakan lapisan ozon yang berkontribusi pada pemanasan global. Sebagai alternatif, sistem pendingin termoelektrik menawarkan solusi ramah lingkungan dengan tidak memerlukan refrigeran dan konsumsi daya rendah. Termoelektrik memanfaatkan perbedaan temperatur untuk menghasilkan energi listrik atau sebaliknya.

Namun, untuk menjaga suhu dalam waktu lama tanpa penggunaan daya yang terus-menerus, dibutuhkan media penyimpan untuk mempertahankan suhu, salah satunya adalah PCM (Phase Change Materials). PCM adalah zat yang mampu menyimpan atau melepaskan sejumlah besar energi selama perubahan fase, seperti dari padat ke cair dan sebaliknya, pada suhu tertentu.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama *PCM corn ester* dapat mempertahankan temperatur dalam cooler box. Dan bagaimanakah konsumsi daya cooler box yang menggunakan PCM corn ester. Penelitian ini dilakukan di Lab. Kontrol Politeknik Negeri Bali.

Kata kunci : *Thermoelectric, PCM (Phase Change Material) corn ester, Cooler box*

PERFORMANCE TESTING OF THERMOELECTRIC COOLER BOX USING PCM (Phase Change Material)

ABSTRACT

Cooling systems are crucial for various applications, such as preserving food freshness and maintaining the temperature of medications. Refrigerators, which often use CFC (Chlorofluorocarbon) refrigerants, negatively impact the environment by damaging the ozone layer, contributing to global warming. As an alternative, thermoelectric cooling systems provide an eco-friendly solution by not requiring refrigerants and having low power consumption. Thermoelectric systems utilize temperature differences to generate electrical energy or vice versa. However, to maintain temperature over extended periods without continuous power usage, a thermal storage medium is needed, such as

PCM (Phase Change Materials). PCM is a substance capable of storing or releasing a significant amount of energy during phase changes, such as from solid to liquid and vice versa, at specific temperatures.

This research aims to determine how long PCM corn ester can maintain temperature in a cooler box and assess the power consumption of the cooler box using PCM corn ester. The study was conducted at the Control Laboratory of the State Polytechnic of Bali.

Keywords : *Thermoelectric, PCM (Phase Change Material) corn ester, Cooler box*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul Uji Kinerja *Cooler Box Thermoelectric* menggunakan *PCM (Phase Change Material)* tepat pada waktunya. Penyusunan Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk kelulusan program Pendidikan pada jenjang Sarjana Terapan 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 ilmiah penulis di masa yang akan datang.

Badung, 25 agustus 2024

I Ketut Wahyu Suardana Putra

LEMBAR PERSETUJUAN	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.4.1 Tujuan Umum.....	3
1.4.2 Tujuan Khusus.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.5.1 Bagi Penulis	3
1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali	3
1.5.3 Bagi Masyarakat.....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 <i>Phase Change Material</i> (PCM).....	5
2.1.1 PCM Corn ester.....	5
2.1.2 Jenis – Jenis PCM	5
2.1.3 Aplikasi <i>PCM</i>	6
2.2 <i>Thermoelectric</i>	7
2.1.2 Efek Seebeck.....	8
2.1.3 Efek Peltier.....	8
2.1.4 Kelebihan dan Kekurangan Thermoelekrik.....	8
2.2 Heat Sink	9
BAB III METODE PENELITIAN	11
3.1 Jenis Penelitian	11

3.1.1 Desain atau pemodelan	11
3.1.2 Penempatan Alat Ukur	12
3.2 Alur Penelitian	14
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian	15
3.1 Penentuan Sumber Data.....	16
3.2 Sumber Daya Penelitian.....	16
3.3 Instrumen Penelitian	17
3.4 Prosedur Pelaksanaan	18
3.4.1 Langkah – Langkah Penelitian	19
3.4.2 Langkah -Langkah Pengambilan Data	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Hasil Penelitian.....	20
4.1.1 Monitoring pengukuran temperatur pada <i>cooler box thermoelectric</i>	20
4.2 Pembahasan	26
BAB V PENUTUP	30
5.1 Kesimpulan.....	30
5.2 Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA	32

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Aplikasi PCM.....	7
Tabel 3.1 Pelaksanaan	16
Tabel 4.1 Rata – Rata Data Power Meter	27
Tabel 4.2 Rata – Rata Data Temperature pengujian cooler box termoelektrik menggunakan PCM corn ester	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Modul Termoelektrik TEC	8
Gambar 2. 2 Skema Kerja Modul Termoelektrik	9
Gambar 2.3 Heat sink	10
Gambar 3.1 Desain cooler box Thermoelectric	12
Gambar 3.3 Tampak samping desain cooler box thermoelectric	12
Gambar 3.4 Penempatan alat ukur	13
Gambar 3.5 power supply	17
Gambar 3.6 Thermocouple	18
Gambar 3.7 Multi meter	18
Gambar 4.1 Monitoring temperatur cooler box.....	21
Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian suhu temperature cooler box thermoelectric .	22
Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian power meter	23
Gambar 4.5 Grafik perubahan temperatur kabin Cooler Box	24
Gambar 4.6 Grafik PCM corn ester.....	24
Gambar 4.7 Grafik Power meter	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Pengujian Cooler Box Thermoelectric.....	33
Lampiran 2: Dokumentasi Perakitan Alat	33
Lampiran 3: Data Suhu.....	34
Lampiran 4: Data Power Meter	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem pendingin berperan penting untuk banyak aplikasi, mulai dari menjaga kesegaran makanan dan minuman dan juga penting untuk menjaga suhu obat-obatan agar tetap dalam kondisi baik. Perangkat sederhana yang menerapkan sistem pendingin pendingin adalah lemari es, namun juga ada beberapa lemari es yang masih menggunakan refrigerant misalnya kulkas yang umumnya menggunakan refrigerant yang memuat CFC (*Chlorofluorocarbon*) yang tentunya bahaya untuk lingkungan. Karena disebabkan oleh refrigerant yang dilepas ke lingkungan pada saat terjadi kebocoran pada sistem atau pada saat penggantian refrigerant. Dan refrigerant yang terbuang ini akan naik dan mencapai lapisan atmosfer. Pada atmosfer terdapat suatu lapisan yang disebut lapisan ozon (O_3). Lapisan ozon ini sangat penting untuk kehidupan di bumi karena dapat menyaring sinar ultraviolet B (UV B) dengan resiko gangguan kesehatan. Jika lapisan ozon ini terkena refrigerant yang menguap maka akan terjadi reaksi kimia antara CFC dengan O_3 yang menyebabkan O_3 berubah menjadi O_2 . Dengan menipisnya lapisan ozon inilah yang menyebabkan pemanasan global.

Maka Sebagai hasilnya, beberapa teknologi pendinginan alternatif sedang dikembangkan yang ramah lingkungan dan membutuhkan sedikit daya. Salah satu teknologi tersebut adalah pendinginan termoelektrik. Termoelektrik adalah sebuah fenomena yang mengubah perbedaan suhu menjadi energi listrik atau sebaliknya. Fenomena ini telah diadaptasi menjadi sebuah modul yang dapat berfungsi sebagai pembangkit listrik atau pemanas/pendingin. Modul termoelektrik ini dapat berbentuk sebuah chip atau lebih, dan ketika ada perbedaan suhu antara satu sisi dengan sisi yang lain, maka modul tersebut akan menghasilkan tegangan listrik DC.

Di sisi lain, jika tegangan DC diterapkan pada modul termoelektrik, perbedaan suhu akan terjadi di antara kedua sisi. Dibandingkan dengan sistem pendingin kompresi uap, termoelektrik lebih unggul dan memiliki berbagai keunggulan, antara lain tidak membutuhkan banyak daya, tidak menggunakan refrigeran, ramah lingkungan, dan dapat digunakan untuk pemanasan dan pendinginan.

Maka dari itu diperlukan suatu media untuk menjaga suhu di suatu alat pendingin/pemanas dalam waktu yang cukup lama . Ini bertujuan agar modul *termoelektrik* tidak bekerja secara terus – menerus mendinginkan atau memanaskan beban. Dan juga dapat menghemat penggunaan daya listrik yang digunakan .Dan 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. Panas yang diserap atau dilepaskan ketika bahan berubah dari padat ke cair dan sebaliknya. Maka dari itu penulis tertarik untuk menguji *cooler box* berbasis *termoelektrik* dengan *PCM (Phase Change Material) corn ester* sebagai *thermal storage*-nya.

1.2 Rumusan Masalah

Bedasarkan latar belakang yang telah dikemukakan diatas, maka dari itu dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Desain *cooler box thermoelectric* yang menggunakan *PCM campuran air 70% dan corn ester 30%* untuk mempertahankan suhu ruang *cooler box*
2. Bagaimana kemampuan *PCM* jenis *corn ester* dalam mempertahankan suhu ruang *cooler box*
3. Bagaimanakah konsumsi daya dari *cooler box* yang menggunakan *PCM corn ester*

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian difokuskan pada pengujian suhu temperature dan konsumsi daya *cooler box thermoelektrik* dengan menggunakan *PCM corn ester* dengan campuran air 70 % dan *corn ester* 30 %.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dirumuskan dibawah ini :

1.4.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk menyelesaikan Pendidikan Sarjana Terapan prodi teknologi rekayasa utilitas pada jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

1.4.2 Tujuan Khusus

Penelitian ini memiliki tujuan khusus yang dirumuskan sebagai berikut :

1. Mendapatkan kinerja *thermoelectric* pada *cooler box* yang menggunakan PCM *corn ester*
2. Agar dapat mengetahui bagaimana kinerja *cooler box* menggunakan *PCM corn ester*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat studi pengujian kinerja pendingin termoelektrik dengan PCM (phase change material) adalah untuk menentukan apakah pendingin dapat mempertahankan suhu untuk jangka waktu yang lebih lama tanpa sumber daya eksternal, yang berpotensi meningkatkan umur simpan produk yang disimpan di dalamnya. Penggunaan PCM juga dapat membantu mengurangi dampak lingkungan dengan mengurangi jejak karbon dan dampak aktivitas pendinginan.

1.5.1 Bagi Penulis

Manfaat bagi penulis adalah kesempatan untuk mengembangkan dan mengaplikasikan ilmu yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, serta untuk memenuhi persyaratan pendidikan sarjana terapan program studi D4 Teknologi Rekayasa Utilitas Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali

Sebagai sarana pendidikan dan ilmu dibidang pendingin, serta bisa dikembangkan kembali di kemudian hari.

1.5.3 Bagi Masyarakat

Manfaat dari pengujian kinerja *cooler box thermoelectric* dengan menggunakan *PCM corn ester* sebagai thermal storagenya yaitu untuk diperkenalkan ke masyarakat dan dikembangkan kembali.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dalam monitoring pengukuran temperatur, power meter pada kotak pendingin *termoelektrik* dapat dikumpulkan, oleh karena itu dapat disimpulkan berdasarkan rumusan masalah dan tujuan, yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan rumusan masalah bagaimana kemampuan *PCM* jenis *corn ester* dalam mempertahankan suhu ruang *cooler box* mampu mencapai suhu terendah $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada temperatur *coolside termoelektrik* dan $-8,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada temperatur kabin. Namun, pada saat *termoelektrik* mati, *PCM* mampu mempertahankan suhu $\pm 34,5$ menit dikarenakan suhu panas *hotside termoelektrik* yang masuk ke *PCM* dan membuat temperatur *PCM* lebih cepat naik.
2. Desain *cooler box termoelectric* yang menggunakan *PCM corn ester* sebagai *thermal storagenya* untuk mempertahankan suhu ruang *cooler box*, dalam desain *cooler box* ternyata penggunaan 2 *termoelektrik* mampu mencapai suhu terendah $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 3 Berdasarkan hasil pengujian konsumsi daya untuk *cooler box termoelektrik* yang menggunakan *PCM corn ester*, seperti yang tertera dalam Tabel 4.1 di atas, dapat disimpulkan sebagai berikut: PZEM 1 menunjukkan voltase sebesar 11,78 Volt dan arus 5,64 Ampere, dengan daya konsumsi mencapai 66,44 Watt. Sebaliknya, PZEM 2 menghasilkan voltase 10,71 Volt dan arus 5,52 Ampere, konsumsi daya sebesar 43,64 Watt. Perbedaan yang dalam konsumsi daya antara PZEM 1 dan PZEM 2 terlihat jelas, dengan PZEM 1 memiliki konsumsi daya yang lebih tinggi dibandingkan PZEM 2. Dengan mengakumulasi daya dari kedua unit, total konsumsi daya untuk pengujian *cooler box termoelektrik* ini adalah 0,83 kWh. Hasil ini memberikan gambaran yang jelas tentang

efisiensi daya dari sistem pendinginan berbasis *PCM corn ester* dalam penggunaan *termoelektrik*.

5.2 Saran

Saran dari penulis antara lain: Sebelum melakukan monitoring pengukuran menggunakan modul meteran ini pada proses pengambilan data thermoelectric cooler menggunakan *PCM corn ester*, pastikan termokopel meteran tipe K yang digunakan dalam pengambilan data dalam keadaan baik, dan lakukan kalibrasi pada modul meteran tersebut agar proses monitoring pengambilan data berjalan dengan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M., Rizal, T. A., & Syntia, R. (2021). Pengujian Kinerja Pendinginan Thermo Electric Cooling (TEC) Menggunakan Heatsink Dengan Variasi Dimensi dan Jenis Material. *JURUTERA - Jurnal Umum Teknik Terapan*, 8(01), 19–28. <https://doi.org/10.55377/jurutera.v8i01.3926>
- 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*. 10 (34): 1-7
- M. Mirmanto, S. Syahrul, Yusi, Wirdan. 2019. Experimental Performance of A Thermoelectric Cooler Box with Thermoelectric Position Variations. *Engineering Science and Technology, an International Journal*. 22 (1): 177-1
- Maulana, T., & Rizal, T. A. (2021). Rancang Bangun dan Evaluasi Kinerja Kotak Pendingin Berbasis Termoelektrik. *JURUTERA-Jurnal Umum Teknik Terapan*, 8(01), 1-10.
- Maulana, Tajri, et al. Rancang Bangun dan Evaluasi Kinerja Kotak Pendingin Berbasis Termoelektrik. *JURUTERA-Jurnal Umum Teknik Terapan*, 2021, 8.01: 1-10.
- Nyoman Suamir, I., Made Rasta, I., Sudirman, & Tsamos, K. M. (2019). Development of corn-oil ester and water mixture phase change materials for food refrigeration applications. *Energy Procedia*, 161, 198–206. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.082>
- Rakhmat S., *Tutorial Hardware (PPI, Microcontroller & Sistem Akuisisi Data)*, ITS, Surabaya, 1999
Surya, A., Handoko, K. & Guna, B., Title of book, 2nd ed., Publisher, 1999
- Simone Raoux, M. W. (Penyunt.). (2010). *Phase Change Material science and application*. Akbar, M., Rizal, T. A., & Syntia, R. (2021). Pengujian Kinerja Pendinginan Thermo Electric Cooling (TEC) Menggunakan Heatsink Dengan Variasi Dimensi dan Jenis Material. *JURUTERA - Jurnal Umum Teknik Terapan*, 8(01), 19–28. <https://doi.org/10.55377/jurutera.v8i01.3926>
- Nyoman Suamir, I., Made Rasta, I., Sudirman, & Tsamos, K. M. (2019). Development of corn-oil ester and water mixture phase change materials for food refrigeration applications. *Energy Procedia*, 161, 198–206. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.082>
- Pudjiastuti, W. (2011). Jenis-Jenis Bahan Berubah Fasa dan Aplikasinya. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 33(1), 118. <https://doi.org/10.24817/jkk.v33i1.1838>
- Whitman, B., Johnson, B., Tomczyk, J., & Silberstein, E. (2019). Refrigeration and air conditioning technology. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).