

TUGAS AKHIR

ANALISIS KINERJA *COOL BOX* TERMOELEKTRIK BERTENAGA SURYA DENGAN PCM



Oleh:

I KOMANG TRISNA ANDIKA

**D3 TEKNIK PENDINGIN DAN TATA UDARA
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja cool box termoelektrik yang menggunakan *Phase Change Material* (PCM) berbasis *Coconut Oil* dan bertenaga surya. Sistem pendingin termoelektrik digunakan untuk menghasilkan dan menjaga suhu dalam *cool box* tetap stabil, sedangkan PCM digunakan untuk meningkatkan efisiensi pendinginan. Energi surya digunakan sebagai sumber kelistrikan untuk menggerakkan sistem pendingin termoelektrik. Teknologi pendingin termoelektrik dipilih sebagai alternatif ramah lingkungan terhadap sistem kompresi uap konvensional yang berpotensi merusak ozon.

Metode penelitian dilakukan dengan membandingkan tiga kondisi pengujian, yaitu *cool box* termoelektrik tanpa PCM dan dengan penambahan 4 hingga 6 buah PCM *Coconut Oil* sebanyak 3 liter. Parameter yang dianalisis meliputi penurunan suhu, waktu pencapaian suhu target, stabilitas suhu, serta konsumsi energi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pendingin termoelektrik dengan PCM berbasis *Coconut Oil* bertenaga surya dapat menjaga temperatur dalam *cool box* tetap stabil pada rentang temperatur yang diinginkan. Efisiensi pendinginan sistem juga meningkat dengan menggunakan PCM *Coconut Oil*.

Pengambilan data dilakukan dengan mengukur instrumen yang meliputi, temperatur dalam ruangan *cool box*, temperatur dari masing-masing sisi dingin termoelektrik, voltage, ampere, intensitas cahaya, daya masuk panel surya, daya keluar panel surya dan daya dari masing-masing termoelektrik. Dengan demikian hasil pengolahan data selama 1 bulan diperoleh hasil capai temperatur minimum *cool box* tanpa menggunakan PCM sebesar 14,7 °C, dengan menggunakan 4 buah PCM *Coconut Oil* sebesar 10,8 °C dan dengan menggunakan 6 buah PCM *Coconut Oil* sebesar 9,6 °C. Hal ini menunjukkan semakin banyak PCM yang digunakan maka semakin rendah temperatur yang didapat.

Kata kunci: *Cool box* termoelektrik, PCM *Coconut Oil*, energi surya, efisiensi pendinginan dan pendinginan portabel.

PERFORMANCE ANALYSIS OF THERMOELECTRIC COOL BOX WITH SOLAR-POWERED PCM

ABSTRACT

This study aims to analyze the performance of a thermoelectric cool box using a Phase Change Material (PCM) based on Coconut Oil and powered by solar energy. The thermoelectric cooling system is used to generate and maintain a stable temperature in the cool box, while the PCM is used to increase cooling efficiency. Solar energy is used as an electrical source to drive the thermoelectric cooling system. Thermoelectric cooling technology was chosen as an environmentally friendly alternative to conventional vapor compression systems that have the potential to damage the ozone layer.

The research method was carried out by comparing three test conditions, namely a thermoelectric cool box without PCM and with the addition of 4 to 6 pieces of Coconut Oil PCM totaling 3 liters. The parameters analyzed include temperature reduction, time to reach the target temperature, temperature stability, and energy consumption. The test results show that the thermoelectric cooling system with a solar-powered Coconut Oil-based PCM can maintain a stable temperature in the cool box within the desired temperature range. The system's cooling efficiency also increases by using Coconut Oil PCM.

Data collection was carried out by measuring instruments including the temperature inside the cool box, the temperature of each thermoelectric cold side, voltage, amperage, light intensity, solar panel input power, solar panel output power, and the power of each thermoelectric. Thus, the results of data processing for 1 month obtained the minimum temperature achieved by the cool box without using PCM of 14.7 °C, with 4 PCM Coconut Oil of 10.8 °C, and with 6 PCM Coconut Oil of 9.6 °C. This indicates that the more PCM used, the lower the temperature achieved.

Keywords: Thermoelectric cool box, PCM Coconut Oil, solar energy, cooling efficiency, and portable cooling.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	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.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.4.1 Tujuan Umum	3
1.4.2 Tujuan khusus	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Perpindahan Panas	5
2.2 Pendingin Termoelektrik	5
2.2.1 Sejarah peltier.....	5
2.2.2 Prinsip kerja pendingin termoelektrik	6
2.2.3 Kelebihan dan kekurangan termoelektrik	7
2.3 <i>Phase Change Material</i> (PCM)	7
2.3.1 Organik.....	8

2.3.2	Anorganik.....	9
2.3.3	Eutektik	10
2.4	Aplikasi PCM.....	11
2.5	Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	11
2.6	Jenis-Jenis Panel Surya	12
2.7	Temperatur Kinerja Maksimum Panel Surya.....	13
2.8	Daya Input Panel Surya.....	14
2.9	Daya Output Panel Surya	14
2.10	Komponen Utama Panel Surya	14
BAB III METODE PELAKSANAAN		17
3.1	Jenis Penelitian.....	17
3.2	Alur Penelitian	19
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	20
3.4	Penentuan Sumber Data	21
3.5	Sumber Daya Penelitian.....	22
3.6	Instrumen Penelitian.....	24
3.6.1	Alat ukur.....	24
3.6.2	Perangkat lunak.....	25
3.7	Prosedur Penelitian.....	27
3.7.1.	Langkah persiapan	27
3.7.2.	Langkah pengambilan data	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Hasil Penelitian	31
4.1.1	Pembuatan, Perakitan dan Pemasangan <i>Cool Box</i> Termoelektrik Dengan PCM.....	32
4.1.2	Pengujian <i>cool box</i> termoelektrik tanpa menggunakan PCM .	37
4.1.3	Pengujian <i>cool box</i> termoelektrik menggunakan 4 PCM <i>Coconut Oil</i>	40
4.1.4	Pengujian <i>cool box</i> termoelektrik menggunakan 6 PCM <i>Coconut Oil</i>	43
4.2	Pembahasan.....	45

4.2.1 Perbandingan temperatur dengan tiga kondisi pada dalam <i>cool box</i>	46
4.2.2 Performa termoelektrik pada <i>cool box</i>	47
4.2.3 Efektifitas panel surya pada <i>cool box</i> termoelektrik	51
BAB V PENUTUP	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Aplikasi PCM	11
Tabel 3. 1 Jadwal tugas akhir	21
Tabel 3. 2 Data daya yang dibutuhkan	23
Tabel 3. 3 Format pengambilan data temperatur tanpa menggunakan PCM	29
Tabel 3. 4 Format pengambilan data temperatur menggunakan 4 PCM.....	29
Tabel 3. 5 Format pengambilan data temperatur menggunakan 6 PCM.....	30
Tabel 4. 1 Data hasil pengujian tanpa menggunakan PCM <i>Coconut Oil</i>	38
Tabel 4. 2 Data hasil pengujian panel surya menggunakan 4 PCM <i>Coconut Oil</i> .	41
Tabel 4. 3 Data hasil pengujian panel surya menggunakan 6 PCM <i>Coconut Oil</i> .	44
Tabel 4. 4 Perbandingan efektifitas jumlah PCM	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema aliran peltier	6
Gambar 2. 3 klasifikasi <i>Phase Change Material</i>	8
Gambar 2. 4 Cara kerja panel surya	12
Gambar 2. 5 Panel surya	15
Gambar 2. 6 SCC (<i>Solar Change Controller</i>).....	15
Gambar 2. 7 Baterai	16
Gambar 3. 1 Visualisasi 3D Alat <i>Cool Box</i> Termoelektrik	17
Gambar 3. 2 Aliran kelistrikan dan penempatan alat ukur pada sistem <i>cool box</i> termoelektrik dengan PCM	18
Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i>	20
Gambar 3.4 <i>Thermocopel</i>	24
Gambar 3. 5 <i>Stopwatch</i>	24
Gambar 3.6 Tang <i>ampere</i> dan <i>Clamp Meter</i>	25
Gambar 3. 7 <i>Luxmeter</i>	25
Gambar 3. 8 <i>Inventor</i>	26
Gambar 3. 9 Aplikasi <i>Photoshop</i>	26
Gambar 3. 10 <i>Microsoft exel</i>	26
Gambar 4. 1 <i>Cooled box</i> termoelektrik dengan PCM bertenaga surya.....	31
Gambar 4. 2 Pembuatan dan perakitan talang PCM	33
Gambar 4. 3 Pembuatan dan perakitan kerangka panel surya	34
Gambar 4.4 Perakitan kelistrikan solar panel	35
Gambar 4. 5 Pembuatan <i>cool box</i>	36
Gambar 4. 6 Pengujian <i>cool box</i> termoelektrik bertenaga surya tanpa menggunakan PCM <i>Coconut Oil</i>	37
Gambar 4. 7 Grafik hasil pengujian tanpa menggunakan PCM <i>Coconut Oil</i>	39
Gambar 4. 8 Pengujian <i>cool box</i> termoelektrik bertenaga surya menggunakan 4 PCM <i>coconut oil</i>	40
Gambar 4. 9 Grafik hasil pengujian menggunakan 4 PCM <i>coconut oil</i>	42

Gambar 4. 10 Pengujian <i>cool box</i> termoelektrik bertenaga surya menggunakan 6 PCM <i>Coconut Oil</i>	43
Gambar 4. 11 Grafik hasil pengujian menggunakan 6 PCM <i>coconut oil</i>	45
Gambar 4. 12 Grafik perbandingan temperatur	46
Gambar 4. 13 Grafik perbandingan temperatur	48
Gambar 4. 14 Grafik perbandingan temperatur	49
Gambar 4. 15 Grafik perbandingan temperatur	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Bimbingan Dosen Pembimbing 1	35
Lampiran 2. Lembar Bimbingan Dosen Pembimbing 2.....	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minuman adalah cairan yang dikonsumsi manusia untuk mengembalikan cairan yang hilang kedalam tubuh agar tubuh tetap berfungsi dengan baik, memberikan energi, atau sebagai bagian dari tradisi, budaya, dan gaya hidup. Pertumbuhan industri minuman di Indonesia meningkat secara signifikan. Terutama pada jaman sekarang, permintaan akan minuman segar makin meningkat dan meluas. Hal ini menjadikan mutu dan kualitas minuman perlu dijaga untuk mengurangi terjadinya kerusakan selama penyimpanan, pendistribusian dan pemasaran. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengawetan yang efektif untuk menjaga kualitas dan kesegaran minuman. Perubahan suhu dapat meningkatkan presentase terjadinya kerusakan pada minuman lebih meningkat. Salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah dengan menjaga suhu rendah dan terjaga.

Menjaga suhu rendah pada minuman ada dua biasanya memanfaatkan sistem pendinginan dan es batu (es basah). Sistem yang sering digunakan untuk pendinginan minuman dengan sistem kompresi atau *cool storage*. Sistem pendingin kompresi memiliki kelemahan yaitu memerlukan energi yang besar untuk mengoperasikan kompresor dan penggunaan refrigeran. Kebutuhan energi yang cukup besar berdampak pada pengeluaran biaya operasi dari *cool storage*. Selain biaya operasi yang harus dikeluarkan juga diperlukan biaya perawatan peralatan dari sistem pendingin. Penggunaan CFC sebagai refrigeran pada *cold storage* mulai dikurangi karena menimbulkan efek buruk terhadap lingkungan yaitu menyebabkan penipisan lapisan ozon. Kedua, es batu (es basah) yang berpengaruh terhadap kualitas minuman. Pada saat es berubah fase menjadi cair dapat mengakibatkan kerusakan pada kualitas minuman semakin cepat (Prasetyo; Rahman, Yudha Agus, 2017)

Dalam era modern ini, kebutuhan akan solusi pendinginan yang efisien, ramah lingkungan, dan portabel semakin meningkat, khususnya untuk keperluan penyimpanan minuman pada kondisi yang optimal. Salah satu teknologi yang muncul sebagai alternatif inovatif adalah sistem pendingin termoelektrik. Teknologi ini menggunakan modul termoelektrik (Peltier) yang mampu menciptakan efek pendinginan tanpa menggunakan kompresor atau refrigeran yang berpotensi merusak lingkungan.

Namun, sistem termoelektrik memiliki tantangan dalam hal efisiensi energi dan kestabilan suhu. Untuk mengatasi hal ini, pemanfaatan Phase Change Material (PCM) menjadi salah satu solusi yang menjanjikan. PCM adalah material yang dapat menyimpan dan melepaskan energi termal selama proses perubahan fase, seperti dari padat ke cair atau sebaliknya. Dengan integrasi PCM, sistem pendingin dapat mempertahankan suhu yang stabil lebih lama, bahkan saat sumber energi utama terganggu.

Di sisi lain, penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi untuk mengoperasikan *cool box* menjadi pendekatan yang sangat relevan dalam mendukung keberlanjutan lingkungan. PLTS memanfaatkan energi matahari yang melimpah, terutama di wilayah tropis, untuk menyediakan daya listrik secara mandiri tanpa ketergantungan pada jaringan listrik konvensional.

Berdasarkan pengamatan dan analisis terhadap masalah tersebut, peneliti merancang sebuah alat pendingin minuman berbasis semikonduktor. Alat ini dirancang untuk membantu pengguna mendapatkan minuman dingin saat melakukan perjalanan jarak jauh. Selain itu, *cooler box* ini juga dapat digunakan untuk menyimpan makanan yang mudah rusak apabila disimpan pada suhu ruangan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemilihan judul ini maka muncul permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh pengaruh PCM terhadap kestabilan temperatur di dalam *cool box* selama operasi?

2. Bagaimana performa modul termoelektrik dalam menghasilkan pendinginan *cool box* berbasis termoelektrik?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Penelitian hanya akan menggunakan *Phase Change Material* (PCM) tertentu yang memiliki titik leleh yang sesuai dengan kebutuhan pendinginan minuman (misalnya, 10-15°C)
2. Fokus analisis pada performa sistem dalam menjaga kestabilan temperature di dalam *cool box*, bukan pada aspek lain seperti desain mekanik *cool box* atau komponen termoelektrik secara detail.
3. Pengujian sistem pendinginan dibatasi pada durasi operasional tertentu (misalnya, 5 jam) untuk mengevaluasi efesiensi *Phase Change Material* (PCM) dan Termoelektrik bertenaga surya dalam mendukung sistem.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan Analisa ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kinerja modul termoelektrik dalam menghasilkan pendinginan yang efektif pada *cool box*.
2. Mengevaluasi peran PCM dalam mempertahankan kestabilan suhu di dalam *cool box*, khususnya selama terjadi fluktuasi daya atau perubahan temperatur lingkungan.
3. Menentukan sejauh mana energi yang dihasilkan oleh PLTS mampu mendukung operasi sistem pendinginan secara berkelanjutan.
4. Menganalisis kemampuan sistem dalam menjaga suhu optimal untuk menyimpan minuman dalam durasi waktu tertentu.

1.4.1 Tujuan Umum

1. Memenuhi salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan Pendidikan diploma III Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali

2. Mengaplikasikan ilmu-ilmu yang peroleh selama mengikuti perkuliahan di jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, baik secara teori maupun praktek.
3. Menguji dan mengembangkan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh dibangku perkuliahan dan menerapkan ke dalam bentuk perancangan.
4. Masyarakat dapat memperoleh pengetahuan serta manfaat dari alat-alat yang dirancang.

1.4.2 Tujuan khusus

1. Menganalisis pengaruh PCM (*Phase Change Material*) terhadap stabilitas temperatur di dalam *cool box*.
2. Menilai performa modul termoelektrik dalam sistem pendingin *cool box*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat analisis kinerja *cool box* termoelektrik dengan PCM bertenaga surya ini, antara lain:

1. Mendukung pengembangan teknologi pendinginan yang tidak menggunakan refrigeran berbasis kimia, sehingga lebih aman bagi lingkungan dan manusia.
2. Menghadirkan sistem pendingin portabel yang hemat energi dengan memanfaatkan sumber daya terbarukan seperti energi surya.
3. Menghasilkan *cool box* minuman yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti penyimpanan minuman di lokasi terpencil atau saat berpergian.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis kinerja *cool box* termoelektrik dengan *Phase Change Material* (PCM) berbasis *Coconut Oil* dalam tiga kondisi, tanpa, menggunakan 4 dan 6 buah PCM dengan tenaga energi surya, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Penambahan PCM berbasis *Coconut Oil* pada sistem meningkatkan efisiensi termal secara signifikan. PCM berperan sebagai penstabil suhu dengan menyerap dan menyimpan panas dalam bentuk laten saat terjadi perubahan fase.
2. Modul termoelektrik menunjukkan kinerja yang efektif dalam menghasilkan pendinginan *cool box* berbasis termoelektrik, terutama saat dikombinasikan dengan sistem manajemen panas yang optimal. Namun ada beberapa yang harus diperhatikan dalam pemasangan termoelektrik, seperti desain tempat, fan yang digunakan dalam pembuangan panas dan daya yang masuk ke termoelektrik.
3. Dari pengujian ini, pengaruh panel surya terhadap *cool box* termoelektrik dengan PCM dapat terbilang kurang efektif dikarenakan daya yang di dapat oleh panel surya kurang maksimal dibandingkan dengan menggunakan listrik dari PLN untuk menghidupkan tiga termoelektrik. Selain dari faktor cuaca atau sinar matahari, kapasitas amper yang didapat juga sangat kecil untuk mengisi baterai.

Dengan demikian, penggunaan PCM berbasis *Coconut Oil* sangat direkomendasikan untuk sistem pendinginan portabel berbasis termoelektrik, terutama dalam aplikasi yang membutuhkan pengendalian suhu berkelanjutan tanpa pasokan daya konstan.

5.2 Saran

Sebagai pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini, beberapa saran berikut dapat dipertimbangkan:

1. Pengujian dengan beban nyata (seperti makanan, minuman atau obat) perlu dilakukan untuk mengetahui respon termal sistem secara realistis dalam kondisi operasional yang sebenarnya.
2. Disarankan untuk menambahkan sistem pembuangan panas aktif, seperti heatsink berukuran besar atau kipas pendingin, guna meningkatkan efisiensi pelepasan panas dari sisi panas modul termoelektrik.
3. Perlu dilakukan pengujian lebih lama guna mengetahui kestabilan suhu jangka panjang, serta performa PCM terhadap siklus pembekuan dan pencairan berulang.

Dengan menerapkan saran-saran tersebut, sistem pendingin termoelektrik dengan dukungan PCM berbasis *Coconut Oil* memiliki potensi besar untuk digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi pendinginan hemat energi, khususnya dalam skala portabel.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar Muhammad, Rizal Teuku Azuar dan Syntia Rita Pengujian Kinerja Pendinginan *Thermo Electric Cooling* (TEC) Menggunakan *Heatsink* Dengan Variasi Dimensi Dan Jenis Material [Journal] // Jurnal Ilmiah Jurutera. - 2021. - P. 3.
- Astika, I. M. *Phase Change Materials For Building Applications* [Journal] // A Review. - 2019. - P. 4.
- Astika, I. M. *Phase Change Materials For Building Applications: A Review* [Journal]. - 2019. - P. 3.
- Cahaya Putra Ficho And R. Repi V. Vekky Perancangan dan Pembuatan Kotak Pendingin Berbasis Termoelektrik Untuk Aplikasi Penyimpanan Vaksin dan Obat-Obatan [Journal] // Jurnal Ilmiah Giga. - 2015. - P. 2.
- Bambang Hari Purwoto Jatmiko, Muhamad Alimul F, Ilham Fahmi Huda Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif [Journal] // Jurnal Teknik Elektro . - 2022. - P. 2.
- Danutirta Chrisraftiano Sutopo Purwono Fitri, dan Ede Mehta Wardhana Analisis Kinerja Termal Sistem Refrigerasi [Journal] // Jurnal Teknik Its. - 2023. - P. 3.
- Hapiddin Asep [Et Al.] Peningkatan Kemampuan Kalibrasi Stopwatch-Timer Digital 3 Digit Di Puslit Metrologi-Lipi Melalui Metode Totalized [Journal] // Instrumentasi. - 2018. - P. 3.
- Hendi Bagja Nurjaman Trisna Purnama Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Sebagai Solusi Energi [Journal] // Jurnal Edukasi Elektro. - 2022. - P. 2.
- Ismail A.H. And Azmi M.S. *Muhamad Development Of A Webcam Based Lux Meter* [Journal] // *Symposium On Computers & Informatics*. - 2013. - P. 2.
- Jaya Indra Bayu Irrine Budi Sulistiyawati, Ni Putu Agustini Monitoring Pengaruh Suhu Pada Panel Surya Terhadap Performa Keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Surya [Journal] // Jurnal Forte. - 2023. - P. 3.
- Konservasi Energi Pada Bts (*Base Transceiver Station*) [Journal] // Joessianto Eko Poetro & M. Basuki Rahmat. - 2, Oktober 2012. - P. 2.
- Muhammad Akbar Teuku Azuar Rizall, Rita Syntial Pengujian Kinerja Pendinginan *Thermo Electric Cooling* (TEC) Menggunakan

- Heatsink Dengan Variasi Dimensi dan Jenis Material [Journal] // Jurnal Ilmiah Jurutera. - 2021. - P. 1.
- Nuryanto Lilik Eko Karakteristik Panel Surya Kapasitas 200 Wp [Journal] // Orbith. - 2023. - P. 3.
- Nuryanto, Lilik Eko Karakteristik Panel Surya Kapasitas 200 Wp Pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya [Journal] // Orbith. - 2023. - P. 6.
- Nuryanto, Lilik Eko Karakteristik Panel Surya Kapasitas 200 Wp Pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya [Journal] // Orbith. - 2023. - P. 3.
- Prasetyo And Rahman Yudha Agus *Thermoelectric Cooler and Phase Change Material (PCM) Hybrid Cooling System For Cool Box* [Journal] // Final Project. - 2017. - P. 29.
- Prasetyo; Rahman, Yudha Agus *Thermoelectrc Cooler and Phase Change Material (PCM) Hybrid Cooling System For Cool Box* [Journal] // Final Project. - 2017. - P. 31.
- Prasetyo; Rahman, Yudha Agus *Thermoelectric Cooler And Phase Change Material (PCM) Hybrid Cooling System For Cool Box* [Journal] // Final Project. - 2017. - P. 31.
- Pudjiastuti, Wiwik Jenis-Jenis Bahan Berubah Fasa dan Aplikasinya [Journal] // J. Kimia Kemasan. - 2011. - P. 3.
- Pudjiastuti, Wiwik Jenis-Jenis Bahan Berubah Fasa dan Aplikasinya [Journal] // Jenis-Jenis Bahan Berubah Fasa. - 2011. - P. 4.
- Putra Ficho Cahaya And R. Repi V. Vekky Perancangan dan Pembuatan Kotak Pendingin Berbasis Termoelektrik Untuk Aplikasi Penyimpanan Vaksin Dan Obat-Obatan [Journal] // Jurnal Ilmiah Giga. - 2015. - P. 1.
- Putra, Ficho Cahaya; R. Repi, V. Vekky Perancangan dan Pembuatan Kotak Pendingin Berbasis Termoelektrik Untuk Aplikasi Penyimpanan Vaksin dan Obat-Obatan [Journal] // Jurnal Ilmiah Giga. - 2015. - P. 2.
- Sianipar Rafael Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya [Journal] // Jetri. - 2014. - P. 6.
- Sianipar, Rafael Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya [Journal] // Jetri. - 2014. - P. 4.
- Yolansyah Muhammad Sekti Kejian Ekonomis Kerugian Listrik Pln Akibat Pencurian Dengan Metode Merubah Mcb Dan Menambahkan Jarum Pada Piringan Kwh Meter [Journal] // Skripsi. - 2018. - P. 43.