

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN PCM
TERHADAP KINERJA *COOL BOX*
TERMOELEKTRIK**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I GUSTI NGURAH AGUNG JANARDANA

NIM. 2215223010

PROGRAM STUDI

D3 TEKNIK PENDINGIN DAN TATA UDARA

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI BALI

2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dan konsumsi energi dari sistem pendingin *cool box* termoelektrik yang dilengkapi dengan *Phase Change Material* (PCM) berbasis *Virgin Coconut Oil* (VCO). Sistem pendingin termoelektrik dipilih karena ramah lingkungan dan bebas bahan pendingin konvensional, sementara PCM digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan mempertahankan suhu dingin lebih lama setelah sistem dimatikan.

Pengujian dilakukan dengan membandingkan performa sistem dengan dan tanpa PCM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan PCM mampu menjaga suhu di dalam *cool box* tetap di bawah 10°C selama 1,5 jam setelah sistem dimatikan. Selain itu, waktu kenaikan suhu berlangsung lebih lambat, sehingga kinerja pendinginan menjadi lebih stabil dan efisien.

Dari sisi konsumsi energi, sistem dengan PCM menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi. Waktu operasi sistem menjadi lebih singkat, yaitu 3 jam 40 menit dibandingkan dengan 5 jam tanpa PCM. Efisiensi ini berdampak langsung pada penghematan energi sebesar 40%, serta peningkatan nilai COP dari 0,63 menjadi 0,80.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan PCM berbasis VCO efektif dalam meningkatkan kinerja pendinginan dan efisiensi energi pada sistem *cool box* termoelektrik, sehingga sangat potensial untuk aplikasi pendingin portabel dan hemat energi.

Kata kunci: *Cool box termoelektrik, Phase Change Material (PCM), Virgin Coconut Oil (VCO), efisiensi energi, COP.*

ANALYSIS OF THE EFFECT OF PCM ADDITION ON THE PERFORMANCE OF A THERMOELECTRIC COOL BOX

ABSTRACT

This research aims to evaluate the performance and energy consumption of a thermoelectric cool box system equipped with Phase Change Material (PCM) based on Virgin Coconut Oil (VCO). The thermoelectric cooling system was selected for its environmentally friendly characteristics, free from conventional refrigerants, while PCM was used to improve efficiency and extend the cooling duration after the system is turned off.

Tests were conducted by comparing the performance of the system with and without PCM. The results showed that the addition of PCM could maintain the internal temperature of the cool box below 10°C for approximately 1.5 hours after the system was deactivated. Furthermore, the temperature rise occurred more slowly, indicating a more stable and efficient cooling performance.

In terms of energy consumption, the PCM-enhanced system demonstrated higher efficiency. The operating time was reduced to approximately 3 hours and 40 minutes, compared to 5 hours without PCM. This improvement led to an estimated 40% energy saving and an increase in the Coefficient of Performance (COP) from 0.63 to 0.80.

These findings indicate that the use of VCO-based PCM is effective in enhancing the cooling performance and energy efficiency of thermoelectric cool box systems, making it highly suitable for portable and energy-saving cooling applications.

Keywords: *Thermoelectric cool box, Phase Change Material (PCM), Virgin Coconut Oil (VCO), energy efficiency, COP.*

DAFTAR ISI

Tugas akhir.....	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 gambar.....	xiii
Daftar tabel.....	xv
Daftar lempiran.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
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.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.5.1 Bagi Penulis.....	3
1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali.....	4
1.5.3 Bagi Masyarakat.....	4

BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Pengertian <i>Cool Box</i>	5
2.2 Termoelektrik.....	6
2.2.1 Kelebihan dan Kekurangan Termoelektrik	6
2.2.2 Prinsip Kerja dari Termoelektrik Sebagai Pendinginan.....	7
2.2.3 Teori COP (<i>Coefficient of Performance</i>) termoelektrik.....	8
2.2.4 Konsumsi Energi.....	8
2.3 <i>Heatsink</i>	9
2.4 <i>Fan</i>	9
2.5 Pengertian PCM (<i>Phase Change Material</i>).....	10
2.5.1 Aplikasi PCM.....	12
2.6 Minyak Kelapa VCO (<i>Virgin Coconut Oil</i>).....	13
BAB III METODE PENELITIAN	14
3.1 Jenis Penelitian	14
3.1.1 Ukuran <i>Cool Box</i> Termoelektrik	15
3.1.2 Skematik Perancangan	15
3.1.3 Penempatan Alat Ukur	16
3.2 Alur Penelitian	17
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian	18
3.4 Penentuan Sumber data	18
3.5 Sumber Daya Penelitian	19
3.6 Instrumen Penelitian.....	22
3.7 Prosedur Penelitian.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Hasil Pengujian.....	26

4.1.1 Penempatan PCM	27
4.1.2 Hasil dari temperature pengujian <i>Cool box</i> thermoelektrik tanpa PCM	29
4.1.3 Hasil dari temperature pengujian <i>Cool box</i> thermoelektrik dengan PCM	31
4.2 Pembahasan	33
4.2.1 Konsumsi Energi.....	35
4.2.2 Unjuk Kerja <i>Cool Box</i> Thermoelektrik.....	37
BAB V PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LEMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Cool Box	5
Gambar 2. 2 Modul termoelektrik.....	6
Gambar 2. 3 Struktur termoelektrik	7
Gambar 2. 4 Skema kerja termoelektrik	8
Gambar 2. 5 Heatsink.....	9
Gambar 2. 6 Kipas/fan	10
Gambar 3. 1 Gambar alat	14
Gambar 3. 2 Box tampak belakang.....	14
Gambar 3. 3 Ukuran cooler box.....	15
Gambar 3. 4 Skematik perancangan.....	15
Gambar 3. 5 Penempatan Alat Ukur	16
Gambar 3. 6 Alur Penelitian.....	17
Gambar 3. 7 Cool Box	19
Gambar 3. 8 Termoelektrik	20
Gambar 3. 9 Heatsink.....	20
Gambar 3. 10 Fan.....	21
Gambar 3. 11 power supply	21
Gambar 3. 12 Thermostat.....	22
Gambar 3. 13 PCM VCO (Virgin Coconut Oil).....	22
Gambar 3. 14 power supply	23
Gambar 3. 15 Thermocouple.....	23
Gambar 3. 16 Multi meter.....	24
Gambar 4.1 Gambar proses pengujian.....	26
Gambar 4.2 Gambar penempatan PCM	28
Gambar 4.3 Banyaknya cairan PCM dalam wadah aluminium	28
Gambar 4. 4 Grafik Cool Box tanpa PCM.....	29
Gambar 4. 5 Grafik Temperatur Ruangan T4 tanpa PCM	29
Gambar 4. 6 Grafik Cool Box dengan PCM.....	31
Gambar 4. 7 Grafik Temperatur Ruangan T4 dengan PCM	32

Gambar 4. 8 Gambar aplikasi data logger.....	34
Gambar 4. 9 Grafik perbandingan konsumsi energi	36
Gambar 4. 10 Grafik perbandingan Coefficient of Performance (COP)	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Aplikasi PCM	12
Tabel 3. 1 Waktu Pelaksanaan.....	18
Tabel 3. 2 Tabel pengambilan data.....	25
Tabel 3. 3 Tabel pengambilan data.....	25
Tabel 4. 1 Data Pengukuran Untuk Komsumsi Energi.....	35
Tabel 4. 2 Data yang diketahui.....	37

DAFTAR LEMPIRAN

Lampiran 1 Data tanpa PCM	45
Lampiran 2 Data dengan PCM.....	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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

Sistem pendingin yang umum digunakan saat ini adalah sistem kompresi uap yang memiliki beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Salah satu kekurangannya adalah dampak lingkungan yang diakibatkan oleh beberapa jenis refrigeran, seperti *CFC (Chloro Fluoro Carbon)* dan *HCFC (Hydro Chloro Fluoro Carbon)*, yang dapat merusak lapisan ozon dan berkontribusi pada pemanasan global. Selain itu, sistem ini sering kali membutuhkan perawatan yang intensif untuk memastikan efisiensi dan mencegah kebocoran refrigeran, yang dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia. Biaya operasional juga bisa menjadi masalah, terutama karena konsumsi energi yang tinggi untuk mengoperasikan kompresor. Di samping itu, beberapa zat refrigeran bersifat mudah terbakar atau beracun, sehingga meningkatkan risiko keselamatan jika terjadi kebocoran. Kompleksitas desain dan instalasi sistem ini juga memerlukan tenaga ahli yang terlatih, yang dapat menambah biaya awal dan perawatan secara keseluruhan. Untuk mengatasi kerugian yang disebabkan oleh pendingin kompresi uap perlu dihadirkan sistem pendingin tanpa refrigeran, misalnya pendingin yang menggunakan termoelektrik.

Kemajuan teknologi dalam bidang pendinginan terus berkembang pesat. Salah satu teknologi yang mulai banyak digunakan adalah sistem pendinginan berbasis termoelektrik. Teknologi ini menawarkan berbagai keunggulan dibandingkan sistem pendinginan konvensional seperti kompresor, diantaranya adalah ukuran yang lebih kecil, bebas getaran, tidak menggunakan refrigeran yang

merusak lingkungan, dan konsumsi daya yang relatif rendah. (Maulana, T., & Rizal, T. A. 2021).

Namun, meskipun memiliki banyak keunggulan, penerapan teknologi termoelektrik masih menghadapi beberapa tantangan, seperti efisiensi termal yang rendah dan manajemen panas yang kurang optimal. Oleh karena itu, penelitian dan pengembangan kotak pendingin termoelektrik perlu dilakukan untuk mengatasi kendala tersebut serta mengoptimalkan performanya. Dalam pembuatan Tugas Akhir ini kami akan berfokus pada pembuatan *box* pendinginan ikan menggunakan termoelektrik dengan target capaian suhu $5 - 0^{\circ}\text{C}$.

Termoelektrik ini menggunakan PCM (*Phase Change Material*) jenis minyak kelapa murni (VCO) didalam boxnya, penggunaan (VCO) 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. Minyak kelapa murni (VCO), juga dikenal sebagai minyak kelapa murni, adalah minyak yang berasal dari sari pati kelapa yang diproses secara higienis tanpa sentuhan api atau bahan kimia tambahan, sehingga kandungan minyak yang penting tetap terjaga. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan analisis unjuk kerja pada *cool box* termoelektrik dengan membandingkan penggunaan PCM dan tanin minyak kelapa VCO karena keduanya merupakan bahan perubahan fasa yang diperlukan untuk mempertahankan suhu dalam suatu alat pendingin dalam jangka waktu yang cukup lama dan mencegah termoelektrik bekerja terus-menerus.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja dari *cool box* termoelektrik dengan menggunakan PCM?
2. Bagaimana konsumsi energi dari *cool box* termoelektrik dengan menggunakan PCM?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian difokuskan pada pengujian suhu temperature dan konsumsi daya *cool box* termoelektrik dengan menggunakan PCM jenis VCO (*Virgin Coconut Oil*).

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 D3 Teknik Pendingin dan Tata Udara pada jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

1.4.2 Tujuan Khusus

Untuk penulis secara khusus bertujuan untuk :

1. Untuk mengetahui kinerja dari *cool box* termoelektrik dengan menggunakan PCM
2. Untuk menghitung konsumsi energi dari *cool box* termoelektrik dengan menggunakan PCM

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini bagi penulis, bagi institusi PNB dan bagi masyarakat adalah sebagai berikut:

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 pendinginan dikemudian hari dan sebagai salah satu pertimbangan untuk dapat dikembangkan kembali.

1.5.3 Bagi Masyarakat

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari sistem pendinginan yaitu, sebagai bentuk pengenalan sebuah alat pendingin *cool box* dengan menggunakan thermoelektrik, kepada masyarakat.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis performa sistem pendingin *cool box* termoelektrik dengan dan tanpa penggunaan Phase Change Material (PCM) berbasis Virgin Coconut Oil (VCO), dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Kinerja *cool box* termoelektrik dengan PCM berbasis VCO terbukti memberikan dampak positif terhadap kinerja pendinginan, khususnya dalam peningkatan nilai COP. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dengan PCM menghasilkan nilai COP sebesar 0,80, lebih tinggi dibandingkan sistem tanpa PCM yang hanya mencapai COP sebesar 0,63. Peningkatan ini menunjukkan efisiensi perpindahan panas yang lebih baik karena PCM mampu menyerap dan menyimpan energi panas secara laten.
2. Penggunaan PCM juga berdampak pada efisiensi konsumsi energi. Dengan bantuan PCM, waktu kerja aktif sistem menjadi lebih singkat sekitar 3 jam 40 menit, berbeda jauh dibandingkan tanpa PCM yaitu 5 jam, sehingga konsumsi energi menurun hingga 40%. Selain itu, nilai COP meningkat dari 0,63 menjadi 0,80, yang menunjukkan peningkatan efisiensi termal sistem pendingin secara keseluruhan.

Dengan demikian, penggunaan PCM berbasis VCO 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 VCO memiliki potensi besar untuk digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi pendinginan hemat energi, khususnya dalam skala portabel.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, M. 2009. Teori Termoelektrik. Terdapat pada : <http://www.slideshare.net/nemogalau/teori>. Teori Termoelektrik . Diakses Pada tanggal 24 Juli 2023
- 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>
- Gondokesumo, M. E., Sapei, L., Wahjudi, M., & Suseno, N. (2023). Virgin Coconut Oil.
- Iman, N., & Haryanto, H. (2018). Rancang Bangun Pendingin Portable Dengan Menggunakan Konsumsi Daya Rendah. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 14(1), 1-14.
- Irawan, R., & Basri, I. Y. (n.d.). Perbandingan Coefficient Of Peformance (COP) Refrigerant R-134a Dengan Refrigerant MC-134 Pada Sistem Pengkondisian Udara Mobil.
- Maulana, T., & Rizal, T. A. (2021). Rancang Bangun dan Evaluasi Kinerja Kotak Pendingin Berbasis Termoelektrik. *JURUTERA-Jurnal Umum Teknik Terapan*, 8(01), 1-10.
- Peng, G., Dou, G., Hu, Y., Sun, Y., & Chen, Z. (2020). Phase Change Material (PCM) Microcapsules for Thermal Energy Storage. *Advances in Polymer Technology*, 2020, 1–20. <https://doi.org/10.1155/2020/9490873>
- 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>
- 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>
- Ramadan, H., & Cappenberg, A. D. (2018). Uji Prestasi Refrigeran R22 Pada Mesin Pendingin Kompresi Uap Dengan Metode Pengujian Aktual Dan Simulasi. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 5(2), 74–81. <https://doi.org/10.21009/JKEM.5.2.3>
- Samodra, B. P. D. (2019). *Studi Analisis Penggunaan Heatsink Tembaga terhadap Jumlah Air Tawar yang Dihasilkan pada Atmospheric Water Generator Menggunakan Termoelektrik Cool untuk Kebutuhan Air Minum di Lifeboat* (Doctoral dissertation, Institut Trknologi Sepuluh Nopember).
- Veva, M. R. A., & Fitri, S. P. (2023). Analisis Karakteristik dan Sifat Termofisika Phase Change Material (PCM) Berbasis Salt Hydrate Kalsium Klorida

dengan Zat Aditif untuk Aplikasi Sistem Refrigerasi Hybrid pada Reefer Container. 12(3).

Zola, M., Cahyadi, L., & Alamsyah, A. (2018). COOL BOX DENGAN TERMOELEKTRIK COOL DENGAN MONITORING SUHU BERBASIS LABVIEW DAN IOT. *Jurnal Poli-Teknologi*. <https://doi.org/10.32722/pt.v17i2.1304>.