

SKRIPSI

**ANALISIS SISTEM REFRIGERASI TENAGA SURYA
TERINTEGRASI *PHASE CHANGE MATERIAL***



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

KADEK PUTRA SASTRAWAN

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa sistem pendingin berbasis tenaga surya yang dikombinasikan dengan Phase Change Material (PCM) pada chest freezer, serta membandingkannya dengan sistem yang tidak menggunakan PCM. Latar belakang penelitian ini adalah kebutuhan para nelayan di daerah pesisir akan suplai listrik yang andal untuk menjaga kesegaran hasil tangkapan ikan mereka, mengingat keterbatasan akses listrik PLN di wilayah tersebut. Penelitian dilakukan melalui metode eksperimen di Laboratorium Refrigerasi Politeknik Negeri Bali, dengan memanfaatkan panel surya polycrystalline berkapasitas 100 Wp, inverter 370 Vdc, baterai LifePO4 berkapasitas 5,12 kWh, serta PCM berbasis *Propylene Glycol* dengan variasi konsentrasi 15%, 20%, dan 25%.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan PCM dapat menjaga suhu kabin freezer tetap stabil dan menurunkan beban kerja kompresor, meskipun efektivitas pendinginan yang dihasilkan bergantung pada komposisi PCM yang digunakan. Rata-rata suhu pada freezer dengan PCM menunjukkan fluktuasi yang lebih rendah dan stabilitas temperatur yang lebih baik dibandingkan freezer tanpa PCM. Penerapan sistem ini diharapkan dapat menjadi alternatif energi terbarukan untuk penyimpanan hasil tangkapan nelayan pesisir, mendukung upaya pemerintah dalam mengurangi konsumsi energi fosil, serta membantu menurunkan emisi karbon.

Kata kunci: refrigerasi tenaga surya, PCM, propylene glycol, chest freezer, nelayan pesisir.

Analysis of a Solar Refrigeration System Integrated with Phase Change Material

ABSTRACT

This study aims to evaluate the performance of a solar-powered refrigeration system integrated with Phase Change Material (PCM) in a chest freezer and to compare it with a system without PCM. The background of this research is the need for reliable electricity supply among fishermen in coastal areas to keep their fish catches fresh, considering the limited access to the national electricity grid (PLN) in these regions. The research was conducted experimentally at the Refrigeration Laboratory of Bali State Polytechnic using a 100 Wp polycrystalline solar panel, a 370 Vdc inverter, a 5.12 kWh LifePO4 battery, and PCM based on Propylene Glycol with concentrations of 15%, 20%, and 25%.

The results showed that PCM utilization helps maintain the stability of freezer cabin temperatures and reduces compressor workload, although the cooling efficiency depends on the PCM composition used. The average temperatures in the freezer with PCM showed lower fluctuations and better stability compared to the freezer without PCM. The implementation of this system is expected to be a renewable energy solution for preserving fishermen's catches in coastal areas, supporting government efforts to reduce fossil energy consumption, and contributing to carbon emission reduction.

Keywords: solar refrigeration, PCM, propylene glycol, chest freezer, coastal fishermen.

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	
SKRIPSI.....	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
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.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Energi	5
2.2 Energi Surya.....	5
2.3 Panel Surya	6
2.4 Prinsip Kerja Solar Panel	6
2.4.1 Jenis Jenis sistem PLTS	7
2.5 Jenis Jenis solar Panel	8
2.6 PCM (<i>Phase Change Material</i>)	11
2.7 Jenis - Jenis <i>Phase Change Material</i>	11

2.7.1 <i>Phase Change Material</i> Organik.....	11
2.7.2 <i>Phase Change Material</i> Anorganik.....	12
2.7.3 <i>Phase Change Material</i> Eutectic.....	13
2.8 Komponen Utama Solar Panel.....	14
2.9 Faktor yang Mempengaruhi Solar Panel.....	17
2.10 Temperatur Kinerja Optimum Solar Panel	18
2.11 <i>Chest Freezer</i>	19
2.12 Komponen Utama dari <i>Chest Freezer</i>	20
2.12.1 Kompresor.....	20
2.12.2 Kondensor	21
2.12.3 Pipa kapiler.....	21
2.12.4 Evaporator	22
2.13 Refrigerasi.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Jenis Penelitian.....	24
3.2.1 Wiring diagram	26
3.3 Alur Penelitian	31
3.4 Lokasi dan Waktu Penelitian	32
3.5 Penentuan Sumber Data	32
3.7 Instrumen Penelitian.....	33
3.7.1 Langkah Persiapan	35
3.7.2 Langkah Pengambilan Data	36
3.6 Sumber Daya Penelitian.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Hasil Penelitian	38
4.1.2 Composisi Campuran PCM.....	39
4.2 Pembahasan.....	45
4.2.1 Hasil Temperatur Pengujian Pada chest Freezer	45
4.2.2 Konsumsi Energi	55
4.2.3 Analisis Kinerja chest Freezer dengan dan tanpa PCM	63
BAB V PENUTUP.....	62
5.1 Kesimpulan	62

5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Panel Surya.....	6
Gambar 2.2 Solar Panel Monocrystalline	9
Gambar 2.3 <i>Solar Panel Polycrystalline Silicon</i>	10
Gambar 2.4 <i>Solar Panel Thin Film Solar Cell</i>	10
Gambar 2.5 PCM Organik (paraffin wax & bee wax).....	12
Gambar 2.6 PCM Anorganik (Natrium sulfat dekahidrat).....	13
Gambar 2.7 PCM Eutektik.....	14
Gambar 2.8 Inverter PLTS.....	15
Gambar 2.9 <i>Modul Solar Panel</i>	16
Gambar 2.10 <i>Solar Charge Controller (SCC)</i>	16
Gambar 2.11 Baterai	17
Gambar 2.12 Freezer Box	20
Gambar 2.13 Kompresor.....	20
Gambar 2.14 Kondensor	21
Gambar 2.15 Pipa kapiler.....	22
Gambar 2.16 Evaporator	22
Gambar 2.17 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap.....	23
Gambar 3.1 Gambar 3D skema panel surya pada freezer menggunakan PCM	24
Gambar 3.2 Wiring diagram	26
Gambar 3.3 Titik pengukuran	27
Gambar 3.4 Gambar 3D skema panel surya pada freezer menggunakan PCM	28
Gambar 3.5 Flowchart alur penelitian.....	31
Gambar 3.6 Gerinda Tangan.....	33
Gambar 3.7 Las Listrik	33
Gambar 3.8 Bor tangan	34
Gambar 3. 9 Data Logger.....	34
Gambar 3. 11 Wattme	35
Gambar 4. 1 Gambar Penempatan PCM.....	39

Gambar 4. 2 Proses pencampuran PCM 20% Propylene Glycol	40
Gambar 4. 3 Proses pencampuran PCM 15% Propylene Glycol	41
Gambar 4. 4 Proses pencampuran PCM 25% Propylene Glycol	41
Gambar 4. 5 Temperatur Freezer Tanpa PCM.....	46
Gambar 4. 6 Grafik PCM 20% Propylene Glycol dan 80% air dengan Beban	47
Gambar 4. 7 Grafik PCM 20% Propylene Glycol dan 80% air Tanpa Beban	49
Gambar 4. 8 Grafik Temperatur Tanpa PCM Dan Beban	50
Gambar 4. 9 Grafik PCM 15% Propylene Glycol dan 85% air Tanpa Beban	52
Gambar 4. 10 Grafik PCM PCM 25% Propylene Glycol dan 75% air Tanpa Beban	53
Gambar 4. 11 Grafik Daya Kompresor Tanpa PCM	55
Gambar 4. 12 Grafik Daya Kompresor Menggunakan Composisi PCM 20% Propylene Glycol dan 80% air dan Beban.....	56
Gambar 4. 13 Grafik Daya Kompresor Menggunakan Composisi PCM 20% Propylene Glycol dan 80% air tanpa Beban.....	57
Gambar 4. 14 Grafik Daya Kompresor Tanpa PCM Dan Beban.....	58
Gambar 4. 15 Grafik Daya Kompresor Menggunakan Composisi PCM 15% Propylene Glycol dan 85% air tanpa Beban.....	59
Gambar 4. 16 Grafik Daya Kompresor Menggunakan Composisi PCM 25% Propylene Glycol dan 75% air tanpa Beban.....	60
Gambar 4. 17 Perbandingan Konsumsi Energi dengan PCM.....	61
Gambar 4. 18 Konsumsi Energi dengan PCM 25 % propylene Glycol Selama 4 hari..	62

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jadwal kegiatan penelitian skripsi.....	32
Tabel 4. 1 DataTemperatur Freezer Tanpa PCM dengan Pembebanan 4,5 L Air	42
Tabel 4. 2 Data Composisi Campuran PCM 20% Propylene Glycol dan 80% air dengan Pembebanan 4,5 L	42
Tabel 4. 3 Data Temperatur Tanpa PCM Dan Beban	43
Tabel 4. 4 Composisi Campuran PCM 15% Propylene Glycol dan 85% air Tanpa Beban.....	43
Tabel 4. 5 Data Composisi Campuran PCM 20% Propylene Glycol dan 80% air Tanpa Beban.....	44
Tabel 4. 6 Temperatur Freezer Dengan PCM 25% Tanpa Beban.....	44
Tabel 4. 7 Konsumsi energi chest Freezer selama 10 jam dengan PCM	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki Keputusan pasokan listrik yang stabil dan kuat menjadi hal yang krusial Saat ini, seperti banyak negara lain tergantung pada pembangkit listrik berbahan bakar batu bara sebagai sumber energi utamanya. Sayangnya pendekatan ini menghasilkan emisi karbon yang berdampak terhadap Lingkungan terlebih lagi dalam penggunaan sumber energi untuk kebutuhan baik rumah tangga, Industri dan sebagainya yang masih menggunakan sumber energi fosil yang masih banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia. dengan penggunaan energi fosil yang semakin meningkat ini menyebabkan berbagai permasalahan terutama bagi lingkungan yang mana banyak menggunakan energi fosil misalnya saja untuk kota-kota besar, pertambangan dan sebagainya. Dengan penggunaan energi fosil ini berdampak pada kesehatan lingkungan sekitar dimana dengan penggunaan energi fosil ini akan meningkatkan emisi CO₂ yang nantinya juga berdampak terhadap kesehatan masyarakat.

Berdasarkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang kebijakan Energi Nasional, Indonesia akan menargetkan penggunaan energi baru dan terbarukan minimum 23% pada Tahun 2025 dan 31% di Tahun 2050. Pengertian energi baru dan terbarukan dapat kita temukan dalam Perpres Nomor 5 tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional. Menurut perpres tersebut, energi baru adalah bentuk energi yang dihasilkan oleh teknologi baru baik yang berasal dari energi terbarukan maupun energi tidak terbarukan. Pengertian tersebut menyatakan secara jelas bahwa energi baru dihasilkan dari teknologi baru sehingga energi tersebut belum banyak dikonsumsi secara public. (Sarante, 2024)

Energi fosil memiliki kontributor utama terhadap perubahan iklim dan pemanasan global. Dengan urgensi untuk mengurangi jejak karbon, penting untuk mengeksplorasi sumber energi alternatif yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan, Seperti Energi matahari merupakan sumber energi yang mudah diperoleh.

Karena itu, energi matahari tergolong sebagai sumber energi terbarukan atau energi alternatif dari sumber energi fosil. Energi matahari yang sering pula disebut sebagai energi surya mengandung dua jenis energi, yaitu energi cahaya (radiasi) dan energi panas (thermal). Pemanfaatan cahaya matahari sebagai sumber energi listrik dilakukan dengan menggunakan solar sel atau panel surya. Panel surya dapat dimanfaatkan untuk mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat dipakai untuk mengisi baterai. Potensi energi panas dari sumber air panas juga dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan menggunakan *Thermoelectric Generator* (TEG). TEG dapat memanfaatkan perbedaan suhu yang terdapat pada dua sisi benda yang berbeda suhunya untuk dikonversi menjadi beda potensial (tegangan listrik) Mesin pendingin dan tata udara memegang peranan sangat penting dalam kehidupan manusia saat ini. Mesin-mesin tersebut memiliki kontribusi dalam bidang kenyamanan, transportasi, industri manufaktur, pertanian, perikanan, makanan, teknologi informasi, farmasi, semikonduktor, dan lain-lain.

Hampir semua mesin pendingin dan refrigerasi di Indonesia menggunakan energi Listrik. Sedangkan energi listrik masih susah dijangkau oleh masyarakat terutama yang ada di pesisir, kebanyakan penghasilan masyarakat pesisir adalah sebagai nelayan yang hampir setiap hari menghasilkan ikan segar. Maka dari itu perlu mencari alternatif energi yang bisa menghidupkan mesin pendingin supaya hasil tangkapan ikan akan tetap segar kalau disimpan di mesin pendingin. Maka dari itu kita perlu mencari energi alternatif selain energi dari pln, energi yang banyak sekarang di kembangkan adalah Energi matahari energi matahari merupakan sumber energi yang mudah diperoleh. Karena itu, energi matahari tergolong sebagai sumber energi terbarukan atau energi alternatif dari sumber energi fosil. Energi matahari yang sering pula disebut sebagai energi surya.

Adapun penelitian yang mungkin sesuai dengan Analisis yang saya lakukan. Penelitian ini berfokus pada perancangan model prediksi output tenaga surya untuk pembangkit listrik tenaga surya berada di daerah tropis Dalam karya ini, sebuah chest freezer dengan daya input 100 W 220 VAC bertenaga PV dikembangkan untuk menyelidiki secara eksperimental potensi penggunaan sistem catu daya PV. Sistem ini terdiri dari sistem catu daya PV surya 300 Wp dengan penyimpanan baterai 100 Ah.

Sistem catu daya PV surya dapat menghasilkan energi listrik yang cukup untuk memenuhi energi yang dikonsumsi chest freezer sebesar 1450 Wh. Untuk memastikan dan sepenuhnya ditenagai oleh sumber energi surya, operasi chest freezer 100 W, kapasitas sistem PV surya harus 400 Wp yaitu sekitar empat kali dari input daya freezer (Rasta et al., 2020).

1.2 Rumusan masalah

- a. Bagaimana kinerja sistem refrigerasi tenaga surya terintegrasi PCM 20% *Propylene Glycol* serta 80% Air, 15% *Propylene Glycol* serta 85% Air, Dan 25% *Propylene Glycol* serta 75% Air
- b. Bagaimana kinerja sistem refrigerasi tenaga surya tanpa PCM

1.3 Batasan masalah

Batasan masalah proposal ini hanya berfokus bagaimana energi terbarukan atau energi surya bisa menghidupkan mesin refrigerasi yang terintegrasi dengan pcm.

1.4 Tujuan penelitian

Adapun tujuan Penelitian terdiri atas tujuan Umum dan tujuan Khusus Yang dapat dijelaskan sebagai berikut.

1.4.1 Tujuan Umum

Dapat membantu nelayan yang ada di pesisir yang kesulitan energi listrik

1.4.2 Tujuan Khusus

- a. Mampu mengetahui kinerja sistem refrigerasi tenaga surya terintegrasi PCM 20% *Propylene Glycol* serta 80% Air, 15% *Propylene Glycol* serta 85% Air, Dan 25% *Propylene Glycol* serta 75% Air
- b. Mampu mengetahui kinerja sistem refrigerasi tenaga surya tanpa PCM

1.5 Manfaat penelitian

Dengan mempertimbangkan tujuan yang telah diuraikan, diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi masyarakat, khususnya para nelayan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Berikut adalah manfaat dari penelitian ini:

1. Manfaat teoritis

Secara teoritis penelitian ini dapat bermanfaat sebagai berikut.

- a) Memberikan sumbangan pemikiran tentang perkembangan teknologi yang ramah lingkungan (Rudi, 2024).
- b) Memberikan sumbangan ilmiah tentang sistem penyimpanan dingin dengan PCM pada refrigerasi tenaga surya.

2. Manfaat Praktis

Secara Praktis penelitian ini dapat bermanfaat sebagai berikut.

a) Bagi penulis.

Dapat membawa langsung ide yang akan digunakan dalam penelitian sistem penyimpanan dingin dengan pcm pada refrigerasi tenaga surya.

b) Bagi pendidik

Dapat menambah pengetahuan dan sumbangan pemikiran tentang sistem penyimpanan dingin dengan pcm pada refrigerasi tenaga surya

c) Bagi masyarakat

Dapat memberikan solusi bagi masyarakat khususnya para nelayan yang ada di pesisir. Supaya dapat menyimpan hasil tangkapan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis unjuk kerja chest Freezer dengan PCM dan tanpa PCM dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari Analisa pengujian chest Freezer menggunakan jenis PCM *Propylene Glycol*, Dari ke tiga jenis PCM *Propylene Glycol* yang di uji tanpa beban selama 10 Jam didapatkan jenis PCM 25% *Propylene Glycol* dan air, Mengkonsumsi energi yang lebih sedikit
2. Dari semua penelitian di atas yang menggunakan PCM *Propylene Glycol* pengujian selama 10 jam belum kelihatan kinerja PCM tersebut, Perlu waktu 3 hari sampai lebih untuk melihat kinerja PCM yang di gunakan
3. Dari pengujian chest Freezer dengan PCM 25% *Propylene Glycol* selama 4 hari di dapatkan kinerja PCM, Namun belum maksimal di karnakan paktor penempatan Freezer

5.2 Saran

Dalam analisis skripsi ini penulis memiliki beberapa saran yang diharapkan dapat dijadikan masukan, diantaranya:

1. Disarankan pada saat pengujian chest Freezer di lakukan pada ruangan yang terbuka di karenakan ruangan yang tertutup mempengaruhi kinerja kompresor serta konsumsi energi yang lebih tinggi.
2. Dari pengujian di atas sebaiknya di lakukan pengujian PCM *Propylene Glycol* lebih lama karna pengujian selama 10 jam tidak dapat melihat kinerja PCM tersebut malah akan jadi beban maka dari itu di perlukan pengujian yang lebih lama
3. Dari jenis PCM *Propylene Glycol* dan Air yang di gunakan perlu di lakukan pengembangan terhadap campuran PCM tersebut supaya PCM tersebut lebih lama membantu kinerja kompresor.

4. Dalam pengujian ini seharusnya freezer di taruh di ruangan yang besar atau bukan rumah kaca karena rumah kaca dapat berpengaruh pada kinerja freezer yang susah untuk membuang panas pada saat siang hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Amiri, R. Y., & Al-Akaishi, A. S. (2025). Study of the effect of adding al_2o_3 nanoparticles on the thermal properties of polyPropylene Glycol with different concentrations. Kufa journal of engineering, 16(2).*
- Aziz, A. (2009). Studi Eksperimental Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon Substitusi R-22 Pada Kondisi Transient. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 75–78.
- Bawalo, J., Rumbayan, M., & Tulung, N. M. (2021). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Rumah Kebun Desa Ammat Kabupaten Kepulauan Talaud.
- Budiarto, U., & Amiruddin, W. (2016). Analisa Unjuk Kerja Desain Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Pada Kapal Ikan Ukuran 5 Gt Di Wilayah Rembang. In *Jurnal Teknik Perkapalan* (Vol. 4, Issue 4).
- Budiarto, U., & Amiruddin, W. (2016). Analisa Unjuk Kerja Desain Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Pada Kapal Ikan Ukuran 5 Gt Di Wilayah Rembang. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(4).
- Li, X., Zhou, Y., Nian, H., Zhang, X., Dong, O., Ren, X., Zeng, J., Hai, C., & Shen, Y. (2017). Advanced nanocomposite phase change material based on calcium chloride hexahydrate with aluminum oxide nanoparticles for thermal energy storage. *Energy & Fuels*, 31(6), 6560–6567.
- Ling, Z., Zhang, Z., Shi, G., Fang, X., Wang, L., Gao, X., Fang, Y., Xu, T., Wang, S., & Liu, X. (2014). Review on thermal management systems using phase change materials for electronic components, Li-ion batteries and photovoltaic modules. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 427–438.
- Rasta, I. M., Subagia, I. W. A., Susila, I. D. M., Sunu, P. W., Ardita, I. N., & Mulawraman, A. (2020). Pengembangan Teknologi Sistem Refrigerasi Temperatur Rendah Sumber Energi Hibrid yang Ramah Lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*, 6(1), 226–234.
- Rauf, R. (2023). *Matahari sebagai Energi Masa Depan Panduan Lengkap Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*. Penerbit Kita Menulis.
- Rianto, D. (2015). Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Putaran Fan Kondensor Terhadap Laju Pendinginan Mesin AC Split 1 PK. *Tahun*, 9(1), 10–15.
- Rumbajan, G. C. E., Mangindaan, G. M. C., & Rumbayan, M. (2021). *Rancang Bangun Penggerak Pompa Air Menggunakan Solar Panel Untuk Hidroponik*.

- Sarante, J. (2024). Energi Baru dan Terbarukan (EBT) Sebagai Teknologi Alternatif Dimasa Depan Dalam Mendukung Pertahanan Negera. *Ditekindhan Ditjen Potan Kemhan*.
- Suamir, I. N., & Rasta, I. M. (2019). Studi Eksperimental Kinerja Temperatur dan Energi Integrasi Bio-PCM Pada Chest Freezer. *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 9(1), 7–12.
- YASIN, M. (2018). Rancang Bangun Sistem Pendingin Ikan Tenaga Surya Berbasis Mikrokontroler Atmega328.