



## Aplikasi PCM (*Water-Salt* dan *Etanol*) Pada Sistem Pendingin (*Cool Box*)

Silviana Simbolon<sup>1</sup>, Syaiful Rizal<sup>2,a)</sup>, Ansor Salim Siregar<sup>2</sup>, Jefri Ramadhan<sup>1</sup>,  
Dian Iskandar Zurodin<sup>1</sup>, Muhammad Yunus<sup>3,b)</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, 15417, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sutomo, Serang, 42183, Indonesia

<sup>3</sup>Pusat Riset dan Teknologi Reaktor Nuklir, ORTN, BRIN, Tangerang Selatan, 15314, Indonesia

E-mail: <sup>a)</sup>syaiful.rizal.108@gmail.com, <sup>b)</sup>muha184@brin.go.id

Received: 18 Oktober 2022

Revision: 27 November 2022

Accepted: 6 Januari 2023

**Abstrak:** Nelayan tradisional perlu membeli es balok setiap kali mereka pergi memancing, sehingga berdampak pada pengeluaran mereka. Untuk berpotensi menghemat uang, solusi alternatif menggunakan bahan perubahan fasa (PCM) diusulkan. PCM yang dikandung dengan benar dapat digunakan kembali, sehingga mengurangi biaya bagi nelayan. PCM digunakan untuk menggantikan es sebagai sumber utama saat ini untuk mendinginkan ikan di penyimpanan. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sistem kerja baru pada cold storage atau cold box yang dapat memberikan efisiensi energi saat menggunakan PCM (Phase Change Material), bahan yang digunakan adalah water-salt, etanol, dan aquades yaitu elemen yang sangat baik dalam hal pembuangan panas, Variasi bahan yang digunakan adalah Salt 12% ,10% ,8% wt.%, Etanol 18%, 20%, 22% wt.% dan Aquades 70% wt.%, dengan variasi tersebut dapat di ketahui PCM kinerja terbaik terdapat pada campuran PCM B2 500ml (Salt 10%, Etanol 22% dan Aquades 70%), dengan efisiensi daya hingga 11.11% dan dapat menghemat biaya sebesar Rp 73.304 dalam pengoperasian selama 90 menit.

**Kata Kunci:** *Phase Change Material, Cold Box, Salt, Etanol, Aquades.*

**Abstract:** Traditional fishermen need to buy ice blocks every time they go fishing, thus impacting their expenses. To potentially save money, an alternative solution using phase change materials (PCM) is proposed. Properly conceived PCM can be reused, reducing costs for fishermen. PCM is used to replace ice as the main current source for cooling fish in storage. The purpose of this research is to create a new working system in cold storage or cold boxes. which can provide energy efficiency when using PCM (Phase Change Material), the materials used are water-salt, ethanol, and aquades, which are very good elements in terms of heat dissipation, the variation of the material used is Salt 12% ,10% ,8% wt.%, Ethanol 18%, 20%, 22% wt.% and distilled water 70% wt.%, with these variations it can be seen that the best PCM performance is found in a mixture of PCM B2 500ml (Salt 10%, Ethanol 22% and Aquades 70 %), with a power efficiency of up to 11.11%. and can save costs of Rp. 73,304 in 90 minutes of operation.

**Keywords:** *Phase Change Material, Cold Box, Salt, Ethanol, Aquades.*

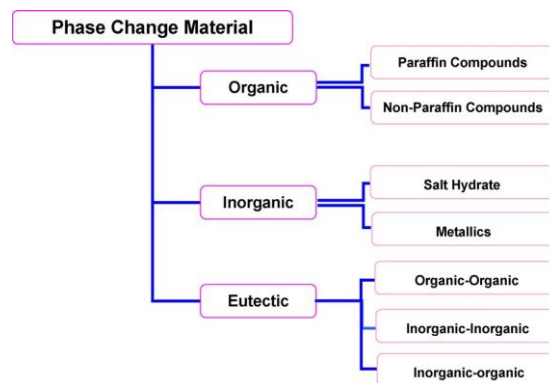
### PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan masyarakat tentang kebutuhan sehari-hari terhadap kebutuhan pangan. baik itu sayuran, umbi-umbian, hasil laut dan kebutuhan lainnya. membuat meningkatnya kebutuhan pasar. penanganan hasil panen ini biasa nya harus dengan perlakuan khusus seperti hasil panen nelayan. hal ini juga tak kalah sulitnya. Pengolahan bahan pangan berprotein yang tidak dikontrol dengan baik dapat menyebabkan terjadinya penurunan nilai gizinya [1]. Selain itu mengharuskan mengeluarkan biaya-biaya tambahan agar hasil panen tetap terjaga dan menghasilkan kualitas produk yang baik ketika sampai di tangan konsumen.

Lemari es portable terkadang sangat diperlukan dalam menjaga kualitas bahan pangan. keperluan-keperluan yang mendadak terutama di tempat yang jauh dari rumah. atau untuk transportasi barang. bahan pangan, darah, dan vaksin [2]. Peralatan yang digunakan untuk menjaga kualitas produk pada suhu tertentu. biasanya digunakan adalah *cold stroge* yang melibatkan suhu rendah dalam menjaga produknya. Peralatan ini sangat vital dalam rantai industri makanan. minuman, obat-obatan, dan lain-lain. *Cold stoge* biasanya digunakan untuk menjual produk makanan olahan atau produk lainnya. untuk menjaga agar produk yang dijual dapat bertahan lama [3].

TES (Thermal Energi Storage) merupakan material yang mampu meyimpan panas , pada dasarnya penyimpanan enenrgi termal ini dapat diklasifikasikan sebagai penyimpanan energi dalam bentuk panas laten, panas sensible dan gabungan dari panas laten.jenis penyimpanan enenrgi tersebut yang paling menarik adalah penyimpanan energi dalam bentuk panas laten menggunakan material perubahan pаса (PCM) yang mampu menyimpan energi panas dalam kapasitas besar dengan volume material yang kecil [4].

Penggunaan *Phase Change Material* (PCM) sebagai pengganti refrigeran konvensional. refrigeran tidak perlu bekerja dalam keadaan terus menerus. karena karena bahan ini mempunyai kemampuan untuk menyimpan energi panas atau melepaskannya [5]. PCM tebagi menjadi 3 kelompok yaitu organik, anorganik dan eutektik. Organik merupakan PCM alami, anorganik merupakan PCM bukan alami. dan eutektik merupakan PCM campuran dari organik-organik. organik-anorganik. dan anorganik-anorganik. industri-industri banyak menggunakan PCM yang namanya PCM komersial. Masing-masing PCM ini memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. PCM organik yang biasanya yang paling ramai digunakan [6]. Banyak di gunakan pada Gedung-gedung untuk meningkatkan termal pada bangunan [7].



**Gambar 1.** Klasifikasi *Phase Change Material* [8]

Ada beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan PCM.

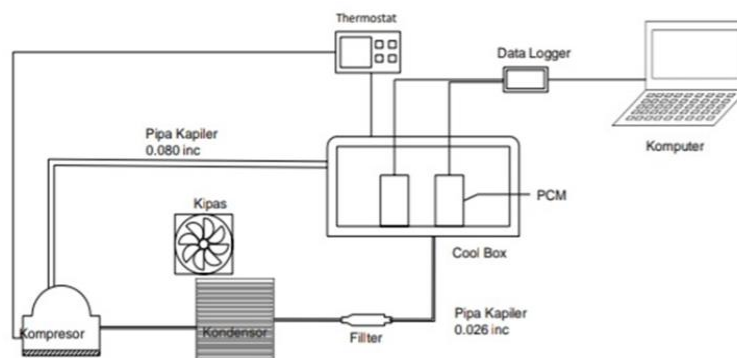
1. Rosena Mardliah. 2016. Pengaruh Komposisi Salt Dan Penambahan Agen Nukleasi Terhadap Derajat Supercooling Serta Kinerja Larutan Eutektik Salt/H<sub>2</sub>O Untuk *Cold Storage* Berbasis *Phase Change Material* (PCM). Pada penelitian ini, Penambahan % komposisi Salt, KCl dan NaNO<sub>3</sub> menyebabkan derajat supercooling naik turun, dengan rentang 1-7,7°C. Penambahan agen nukleasi merubah titik nukleasi semakin rendah dan meningkatkan titik beku larutan, nilai derajat supercooling lebih rendah dibanding derajat supercooling sebelum pemberian agen nukleasi, namun pada larutan Salt 20% wt nilai derajat supercooling semakin tinggi yaitu 1,05 °C. Pengurangan derajat supercooling paling besar terdapat pada larutan KCl sebesar 7,7 °C. Kinerja larutan NaNO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O sebelum penambahan agen nukleasi memberikan pola yang sesuai untuk penyimpanan produk, sedangkan larutan Salt dan KCl serta larutan setelah diberi penambahan agen nukleasi tidak dapat mempertahankan temperatur saat sebaran udara *cool box* dan *cold storage* naik turun.
2. Mochammad soleh.2018. Analisa Kinerja Dan Karakteristik *Eutectic Water-Salt Phase Change Material* (PCM) Untuk Mengurangi Penyimpanan Dingin Konsumsi Energi. Kinerja Material Perubahan Fasa dapat diketahui dengan mengamati perilaku grafik kinerja yang dibuat berdasarkan data eksperimen di cold storage. Performa terbaik dari solusi air asin Bahan Perubahan Fase (PCM) dalam percobaan ini menunjukkan bahwa PCM B2 dengan 12% Salt di dalam air dengan penambahan 10 ml Propylene Glycol memiliki efisiensi yang lebih baik untuk mempertahankan suhu pada kisaran suhu -20 °C sampai -10 °C. Hal ini terjadi karena titik beku PCM B2 dan A2 lebih tinggi dari PCM A, PCM B, PCM A1 dan PCM B1. Jadi, performa terbaik yang ditampilkan disini adalah PCM B2 dan performa terbaik kedua berdasarkan data percobaan adalah PCM A2. Grafik perbedaan performansi dan perbedaan waktu ditunjukkan oleh PCM dengan penambahan 10 ml Propylene Glycol. PCM dengan penambahan 10 ml Propylene Glycol cenderung memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan PCM tanpa Propylene Glycol. Namun

dalam tiga sampel untuk setiap data antara penambahan 10 ml Propylene Glycol dan tanpa Propylene Glycol terdapat grafik tidak stabil yang ditunjukkan oleh PCM A dan B. Untuk mengetahui sifat-sifat campuran, perlu dilakukan penambahan sampel dan uji sifat lain seperti DSC untuk menambah ketelitian analisis.

- Yudha Agus Rahman Prasetyo. 2017. Sistem Pendingin *Hybrid Thermolectric Cooler Dan Phase Change Material (PCM) Pada Cool Box*. Penelitian ini dilakukan dengan membuat prototipe sistem pendingin *thermolectric cooler* yang di hybrid dengan *phase change material (PCM)*. Berdasarkan hasil percobaan, analisa, dan perhitungan yang telah dilakukan pada, Pada prototipe sistem pendingin thermolectric cooler yang di hybrid dengan phase change material (PCM) rata – rata temperatur udara ruangan cool box terendah yaitu 6,86 OC. Pada variasi percobaan 2 modul termoelektrik dan PCM 2 L dengan durasi pengambilan data selama 2 jam.Rata- rata nilai kinerja atau COP dari prototipe sistem pendingin thermolectric cooler yang di hybrid dengan phase change material (PCM) tertinggi pada variasi percobaan 4 modul termoelektrik dan PCM 2 L dengan durasi pengambilan data selama 2 jam yaitu bernilai 0,79.

Dalam *exsperimental* ini bertujuan untuk mengetahui kineja PCM dengan media *cool box*. dalam menyimpan dingin dan untuk mengetahui kinerja PCM dalam menghemat energi. dengan tetap mempertahankan suhu dingin pada *cool box*. agar dapat menghemat biaya dalam penggunaan atau pengoperasian.

## METODOLOGI



Gambar 2. Desain Alur Penelitian

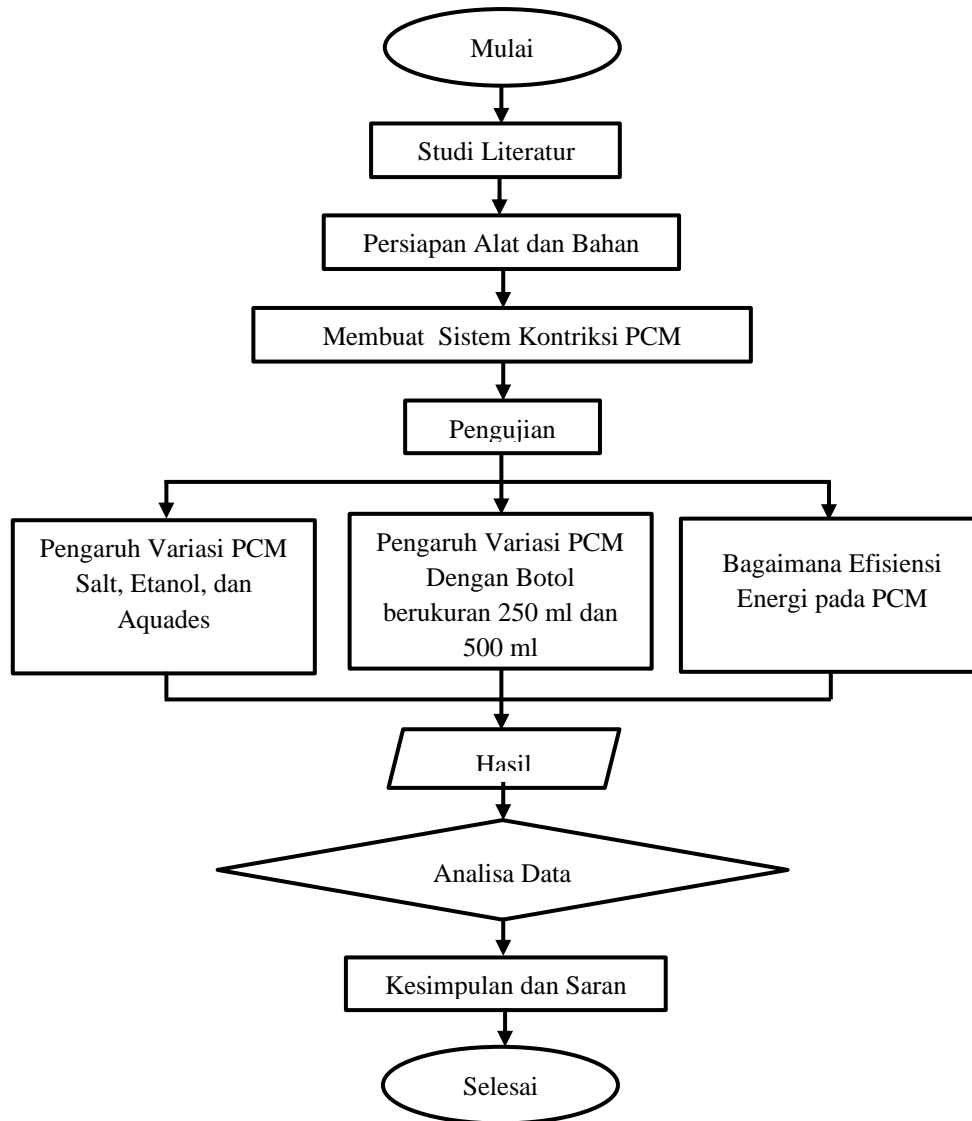
Pada Gambar 2 ditunjukkan sistem desain *cool box* yang digunakan. Perpindahan panas adalah ilmu yang berusaha untuk memprediksi perpindahan energi. yang mungkin terjadi antara benda-benda materi sebagai akibat dari perbedaan suhu.ada tiga perpindahan panas yaitu konduksi, konveksi dan radiasi [9].

Sistem Pendingin (*Refrigeration system*) atau sistem refrigerasi merupakan suatu sistem yang dapat menurunkan dan menjaga temperatur ruangan atau material tertentu menjadi lebih rendah temperaturnya dari pada temperatur lingkungan. Yaitu dengan cara memindahkan panas. kalor dari ruang / material tersebut ke luar sistem (ruangan yang lain) [10].

Tujuan dalam penelian ini adalah adalah untuk menemukan sifat bahan yang dapat membantu meningkatkan penggunaan teknologi maju untuk mengurangi konsumsi energi dengan bahan yang lebih efektif.

Langkah pertama sebelum menentukan peporma PCM adalah menyusun kerangka *cool box* agar dapat menjadi suatu sintem alat pendingin yang dapat menghasilkan kondisi suhu yang diinginkan, dalam hal desain ini penulis berupaya membuat sedemikian rupa agar alat dapat berfungsi dengan baik dan maksimal. Proses pengambilan data dilakukan pada 5 siklus perubahan suhu antara -2 °C hingga 8 °C dengan thermostat.

Spesifikasi dari *cool box* memiliki panjang 28 cm, lebar 18 cm dan tinggi 20 cm.



**Gambar 3.** Diagram Alir Penelitian

### Perhitungan Massa PCM

PCM yang di gunakan adalah Salt, Propilen Glikol, Etanol dan Aquades. Masing-masing persentase dapat di lihat pada tabel berikut.

**Tabel 1.** Komposisi PCM

PCM	Konsentrasi (wt%)		
	Aquades	Salt	Etanol
PCM A1 250ml	70	12	18
PCM A2 250ml	70	10	20
PCM A3 250ml	70	8	22
PCM B1 500ml	70	12	18
PCM B2 500ml	70	10	20
PCM B3 500ml	70	8	22

### Perhitungan Titik Beku PCM

Sifat Bahan PCM tidak hanya dapat ditentukan oleh massa PCM. Tetapi perlu untuk menentukan titik beku, konduktivitas termal dan titik beku bahan. Dalam hal ini, titik beku Propilen Glikol dapat dilihat pada *Material Safety Data Sheet* (MSDS) yaitu sebesar  $-59^{\circ}\text{C}$  dan titik beku Natrium Klorida (*Salt*) sebesar  $809^{\circ}\text{C}$  [11].

Perhitungan titik beku dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$F = K F m$$

$$\text{Molalitas} = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{massa zat terlarut (kg)}}$$

TF = Penurunan titik beku (°C)

Kf = tetapan perubahan titik beku (°C kg/mol)

M = molalitas larutan (mol/kg)

Mr = massa molekul relative

P = jumlah massa zat (kg)

**Tabel 2.** Titik Beku PCM

No	PCM	Titik Beku °C
1	PCM A1	-21,52
2	PCM A2	-20,86
3	PCM A3	-20,17
4	PCM B1	-21,54
5	PCM B2	-20,86
6	PCM B3	-20,19

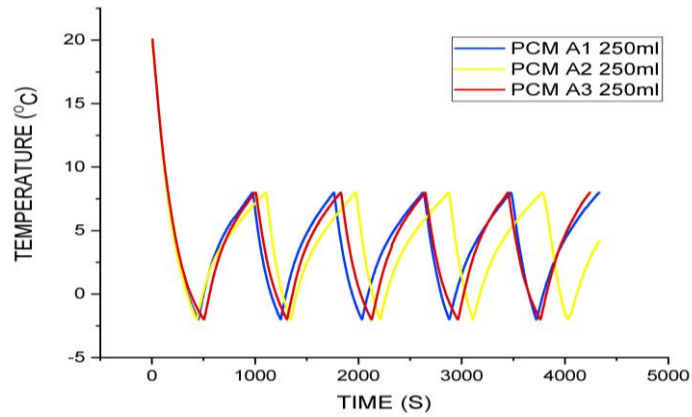
Dari tabel di atas dapat dilihat hasil perhitungan titik beku pada masing-masing variasi, PCM dengan titik beku yang paling rendah terdapat pada PCM A3 pada suhu -15,09° dan campuran PCM yang titik bekunya paling tinggi terdapat pada PCM B3 pada suhu -29,99°. Sifat Bahan PCM tidak hanya dapat ditentukan oleh massa PCM. Tetapi perlu untuk menentukan titik beku, konduktivitas termal dan titik beku bahan. Dalam hal ini, titik beku Propilen Glikol dapat dilihat pada *Material Safety Data Sheet (MSDS)* yaitu sebesar -59 °C dan titik beku Natrium Klorida (*Salt*) sebesar 809 °C [11].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Tabel 3.** Perbandingan Waktu Dengan Variasi PCM Dengan Volume 250 ml

On/Off Kompresor	Waktu (Menit)			
	PCM A1	PCM A2	PCM A3	NON PCM
Kompresor ON	08:55	08:55	10:36	06:49
Kompresor OFF	16:50	19:09	15:35	11:40
Kompresor ON	08:18	07:22	09:28	07:36
Kompresor OFF	16:00	19:33	16:20	11:40
Kompresor ON	08:40	07:20	09:22	07:31
Kompresor OFF	18:27	20:34	16:13	11:21
Kompresor ON	07:47	07:17	09:53	06:49
Kompresor OFF	18:30	20:48	15:10	12:01
Kompresor ON	07:35	07:10	09:45	07:08
Kompresor OFF	18:55	21:22	15:03	11:24

Analisa PCM akan dibandingkan antara PCM 250ml dan PCM 500ml untuk mengetahui kinerja masing-masing PCM dan efisiensi yang dapat dihasilkan. Hasil uji kerja disajikan dalam bentuk kurva dan tabel dimana perbandingan itu dalam hidup/mati kompresor untuk mengetahui kinerja setiap campuran PCM Etanol dengan volume 250ml dan 500ml. Tujuan dalam pengujian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dan efisiensi energi yang dihasilkan oleh PCM campuran *Salt*, Etanol dan Aquades, table di bawah ini menunjukkan berapa lama waktu yang di butuhkan kompresor dalam mode ON dan OFF yang berkorelasi dengan biaya operasional, dan menunjukkan hasil kerja dalam satuan menit.

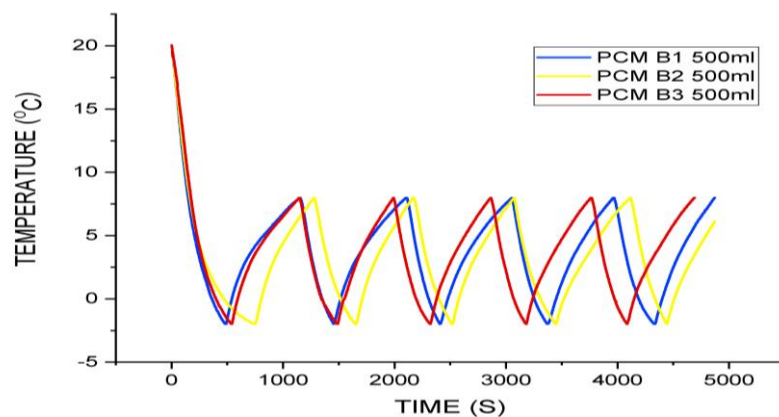


**Gambar 4.** Perbandingan PCM A1 250ml, A2 250ml dan A3 250ml

Dari grafik di atas dapat dilihat uji kinerja PCM 250 ml A1, A2 dan A3 , pada percobaan ini adalah suhu yang dicapai pada  $-2^{\circ}\text{C}$  dengan suhu tertinggi  $8^{\circ}\text{C}$  percobaan ini dilakukan setelah mencapai literasi sekitar 9000 detik, PCM A1 250ml rata-rata membutuhkan waktu 07:35 menit dalam mode ON dan mode OFF 18:55 menit, PCM A2 250ml membutuhkan waktu 07:10 menit dalam mode ON dan mode OFF 21:22, sedangkan PCM A3 350ml membutuhkan waktu rata-rata dalam mode ON 09:45 menit dan 15,03 menit dalam mode OFF, dari hasil kinerja di atas dapat diketahui bahwa PCM A2 dengan campuran NaCl10%, Etanol 20% dan Aquades 70%, lebih baik kinerjanya dibandingkan oleh PCM A1 dan A3, dengan perbedaan titik beku dapat mempengaruhi kinerja PCM. Dengan penambahan Etanol dapat merubah titik beku dan bisa mempengaruhi kinerja PCM, dengan titik beku Etanol di  $-114,1^{\circ}\text{C}$  mempengaruhi kinerja pcm menjadi lebih baik [11].

**Tabel 4.** Perbandingan waktu PCM dengan volume 500ml

No	On/Off Kompresor	Waktu (Menit)			
		PCM B1	PCM B2	PCM B3	NON PCM
1	Kompresor ON	09:57	17:56	11:20	06:49
2	Kompresor OFF	20:39	16:45	18:54	11:40
3	Kompresor ON	09:18	11:31	10:03	07:36
4	Kompresor OFF	20:11	16:05	15:48	11:40
5	Kompresor ON	09:15	10:15	10:09	07:31
6	Kompresor OFF	20:08	16:35	17:09	11:21
7	Kompresor ON	09:45	10:20	09:53	06:49
8	Kompresor OFF	17:33	18:43	18:05	12:01
9	Kompresor ON	10:44	10:07	09:58	07:08
10	Kompresor OFF	16:45	18:55	18:45	11:24



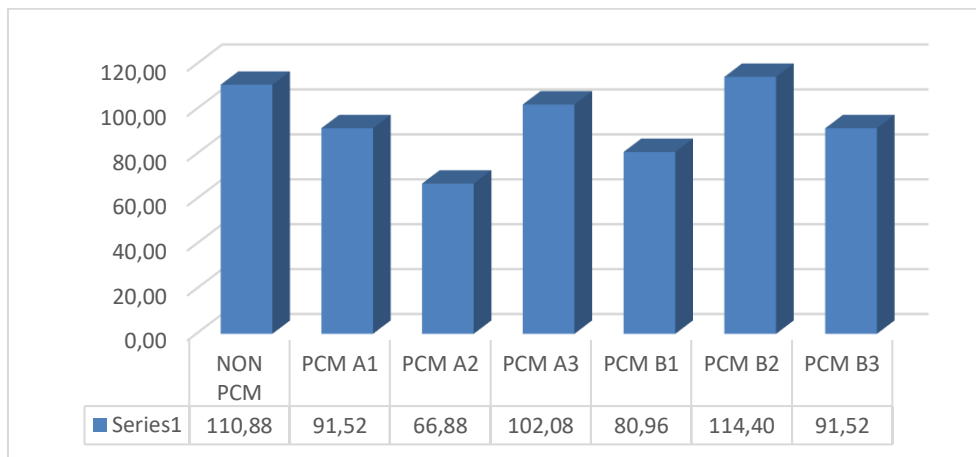
**Gambar 5.** Perbandingan pcm B1 500ml, B2 500ml dan B3 500ml

Grafik di atas adalah perbandingan lama grafik PCM disini dapat dilihat performa PCM 500 ml dapat menyimpan dingin lebih lama, dari ketiga variable campuran yaitu B1 500ml, B2 500ml dan B3 500ml. Campuran yang baik dalam menyimpan dingin di tunjukan pada PCM B2 500ml (10% Salt, 20% Metanol dan 70% Aquades). Selain dari analisa kinerja PCM disini juga dilakukan perhitungan efisiensi daya kinerja pada *cool box* dengan menggunakan rumus kebutuhan daya dalam waktu 90 menit pada masing-masing variable PCM. Dibawah ini merupakan tabel perhitungan waktu yang digunakan selama 90 menit kerja.

**Tabel 5.** Efisiensi Daya pada *Cool Box*

PCM	Waktu On (Menit)	Waktu Off (Menit)	Total	Persentase On	Persentase Off
NON PCM	38.36	51.64	90	42.62%	57.38%
PCM A1	31.49	50.77	90	34.99%	56.41%
PCM A2	22.97	57.43	90	25.52%	63.81%
PCM A3	35.02	47.68	90	38.91%	52.98%
PCM B1	27.90	53.56	90	31.00%	59.51%
PCM B2	39.02	42.71	90	43.36%	47.46%
PCM B3	31.46	51.11	90	34.96%	56.79%

Dari Gambar 6 dapat dilihat masing-masing kebutuhan daya yang di perlukan PCM selama operasional 90 menit, setelah mendapatkan kebutuhan daya masing-masing PCM selanjutnya kita dapat menghitung biaya listrik yang di perlukan oleh *Cool Box* dalam operasional 90 menit, dengan perkiraan harga/kWh pada daerah tanggerang selatan pada bulan september adalah Rp 1.666,66 /kWh. Berikut adalah tabel kebutuhan daya dengan variasi PCM.



**Gambar 6.** Kebutuhan Daya dengan variasi PCM

Dari data di atas dapat dilihat bahwa PCM dengan pemakaian daya yang paling murah biayanya adalah pada PCM A2 campuran Etanol 250 ml dengan biaya sebesar Rp111.422 lebih murah dibandingkan tanpa menggunakan PCM sebesar Rp184.726 Sedangkan untuk campuran (Etanol) hasil kinerja yang paling baik adalah di tunjukan pada PCM B2 500 ml dengan biaya Rp190.590. biaya penggunaan pcm yang baik terdapat pada PCM A2 dengan persentase 11,11%.

**Tabel 5.** Efisiensi Daya pada *Cool Box*

Pengujian	Kebutuhan Daya (Watt)	Harga /kWh (Rp)	Total (Rp)
NON PCM	110,88	1.666	Rp184.726
PCM A1	91,52	1.666	Rp152.472
PCM A2	66,88	1.666	Rp111.422
PCM A3	102,08	1.666	Rp170.065

Pengujian	Kebutuhan Daya (Watt)	Harga /kWh (Rp)	Total (Rp)
PCM B1	80,96	1.666	Rp134.879
PCM B2	114,40	1.666	Rp190.590
PCM B3	91,52	1.666	Rp152.472

## KESIMPULAN

Hasil pengujian PCM *Water-Salt* dan Etanol dengan iterasi 90 menit hasil yang terbaik terdapat pada PCM B2 500ml, dengan lebih banyak komposisi PCM maka semakin bagus kinerja suatu PCM, hingga persentase efisiensi biaya mencapai 11,11% dibandingkan tanpa menggunakan PCM, dan efisiensi biaya tertinggi pada PCM B2 500ml hingga mencapai Rp 73.304.

## PENGAKUAN

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak KEMENDIKBUD RISTEK yang sudah memberikan pendanaan sehingga peneliti mendapatkan kesempatan dalam pengembangan diri khususnya dalam penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. S. Palupi, F. R. Zakaria, and E. Prangdimurti, "Pengaruh Pengolahan Terhadap Nilai Gizi Pangan," in *Modul e-Learning ENBP*, Bogor: Departemen Ilmu & Teknologi Pangan-Fateta-IPB, 2007, pp. 1–14.
- [2] Mirmanto, Syahrul, M. Wirawan, I. M. A. Sayoga, A. T. Wijayanta, and I. Mahyudin, "Performance of a Thermoelectric Powered by Solar Panel for a Large Cooler Box," *Adv. Sci. Technol. Eng. Syst. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 325–333, 2020, doi: <https://dx.doi.org/10.25046/aj050141>.
- [3] A. Najmurrokhman, Kusnandar, and Amrulloh, "Prototipe Pengendali Suhu dan Kelembaban Untuk Cold Storage Menggunakan Mikrokontroler Arduino ATMEGA328 dan Sensor DHT11," *J. Teknol.*, vol. 10, no. 1, pp. 73–82, 2018, doi: <https://doi.org/10.24853/jurtek.10.1.73-82>.
- [4] D. N. C. Dewi, "Sistem Kombinasi Garam Nitrat Sebagai Penyimpan Panas Pada Proses Konversi Energi Matahari," Universitas Brawijaya, 2015.
- [5] R. Mardiah, "Pengaruh Komposisi Garam dan Penambahan Agen Nukleasi Terhadap Derajat Supercooling Serta Kinerja Larutan Eutektik Garam/H<sub>2</sub>O Untuk Cold Storage Berbasis Phase Change Material (PCM)," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [6] M. Amin and N. Putra, "Karakterisasi Phase Change Material (PCM) Lokal Indonesia," in *Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) XV*, 2016, pp. 539–545.
- [7] F. Souayfane, F. Fardoun, and P.-H. Biwole, "Phase change materials (PCM) for cooling applications in buildings: A review," *Energy Build.*, vol. 129, pp. 396–431, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.04.006>.
- [8] P. D. Pemula, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析 Title," vol. 110265, p. 110493, 2017.
- [9] A. Mursadin and R. Subagyo, *Bahan Ajar Perpindahan Panas I HMKK 453*. Banjarbaru: Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, 2016.
- [10] S. Siagian, "Perhitungan Beban Pendingin pada Cold Storage Untuk Penyimpanan Ikan Tuna pada PT.X," *Bina Tek. Maj. Ilm. FTI-UPN Veteran*, vol. 13, no. 1, pp. 139–149, 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.54378/bt.v13i1.65>.
- [11] M. Soleh, "Analisa Kinerja dan Karakteristik Eutectic *Water-Salt* Phase Change Material (PCM) Untuk Mengurangi Konsumsi Energi Cold Storage," Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2018.