

**SKRIPSI**

**PENGUJIAN KINERJA MESIN ES BALOK KRISTAL  
TIPE CETAKAN CELUP DENGAN TEKNOLOGI  
PENYIMPANAN ENERGI BERBASIS PCM**



**POLITEKNIK NEGERI BALI**

Oleh

**I MADE ADITYA SATRIA DHARMA**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI BALI**

**2023**

**SKRIPSI**

**PENGUJIAN KINERJA MESIN ES BALOK KRISTAL  
TIPE CETAKAN CELUP DENGAN TEKNOLOGI  
PENYIMPANAN ENERGI BERBASIS PCM**



**POLITEKNIK NEGERI BALI**

Oleh

**I MADE ADITYA Satria Dharma**  
NIM. 1915234009

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI BALI  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGUJIAN KINERJA MESIN ES BALOK KRISTAL TIPE CETAKAN CELUP DENGAN TEKNOLOGI PENYIMPANAN ENERGI BERBASIS PCM

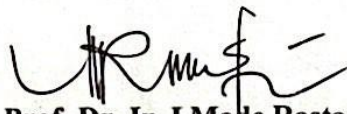
Oleh

**I MADE ADITYA SATRIA DHARMA**  
NIM. 1915234009

Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan  
Program Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Bali

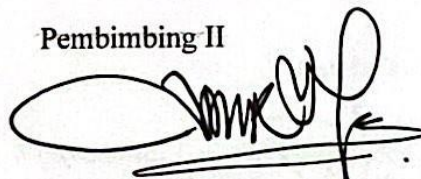
Disetujui oleh:

Pembimbing I



**Prof. Dr. Ir. I Made Rasta, M.Si**  
NIP. 196506171992031001

Pembimbing II



**Prof. I Nyoman Suamir, ST., M.Sc., Ph.D.**  
NIP. 196503251991031002

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

## LEMBAR PERSETUJUAN

### PENGUJIAN KINERJA MESIN ES BALOK KRISTAL TIPE CETAKAN CELUP DENGAN TEKNOLOGI PENYIMPANAN ENERGI BERBASIS PCM

Oleh


**I MADE ADITYA SATRIA DHARMA**  
NIM. 1915234009

Skripsi ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima untuk dapat  
dilanjutkan sebagai Skripsi pada hari/tanggal:  
23 Agustus 2023

#### Tim Penguji

#### Tanda Tangan

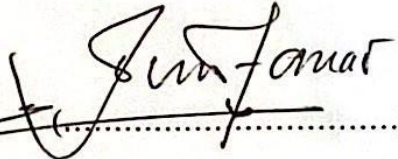
Ketua Penguji : Prof. Dr. Ir. Putu Wijaya Sunu,  
S.T, M.T., IPM., ASEAN. Eng.  
NIP : 198006142006041004

  
(.....)

Anggota Penguji I : Ir. I Wayan Adi Subagia, M.T  
NIP : 196211241990031001

 29/8/2023  
(.....)

Anggota Penguji II : I Made Sudana, ST, M.Erg  
NIP : 196910071996031002

  
(.....)

## **SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : I Made Aditya Satria Dharma  
NIM : 1915234009  
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas  
Judul Proyek Akhir : Pengujian Kinerja Mesin Es Balok Kristal Tipe Cetakan  
Celup Dengan Teknologi Penyimpanan Energi Berbasis  
PCM

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Buku Skripsi ini bebas plagiat. Apabila di kemudian hari dibuktikan plagiat Dalam Buku Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai Peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Perundang – undangan yang berlaku.

Badung, 23 Agustus 2023



**I Made Aditya Satria Dharma**

NIM : 1915234009

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Proposal 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 Prof. Dr. Ir. I Made Rasta, M.Si selaku dosen pembimbing-1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan.
6. I Nyoman Suamir, ST., M.Sc., PhD selaku dosen pembimbing-2 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 dan kakak yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa demi kelancaran dan kesuksesan dalam menyelesaikan Skripsi ini.
9. Kemudian terima kasih kepada Ida Ayu Putri Adriyanti, S.Pd yang senantiasa meluangkan waktu dan membantu dalam penyusunan skripsi ini.
10. Sahabat-sahabat, I Nyoman Widyastana, I Gusti Ngurah Narendra, dan I Made Duta Irawan. Terima kasih telah menjadi sahabat terbaik bagi penulis yang

selalu memberikan dukungan, semangat, dan motivasi hingga penulis dapat menyelesaikan buku Skripsi ini.

11. Serta masih banyak lagi pihak – pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian skripsi yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan.

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

Badung, 23 Agustus 2023

I Made Aditya Satria Dharma

## ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara padat penduduk sehingga memerlukan banyak sumber produksi makanan ataupun minuman. Untuk menjaga kualitas makanan dan minuman tersebut tentunya diperlukan suatu pengawet yang alami agar bahan-bahan seperti makanan/minuman dapat bertahan lama. Konsumsi es balok kristal khususnya di Indonesia sudah marak diperjual belikan sehingga bisnis es balok kristal sangat memiliki peluang besar bagi masyarakat. Es balok kristal banyak dikonsumsi oleh masyarakat guna menyimpan bahan-bahan makanan untuk jangka waktu yang panjang. Dikarenakan es balok kristal ini dapat bertahan lama dan lebih kuat (tidak cepat mencair) untuk digunakan.

Adapun jenis penelitian dari Pengujian kinerja mesin es balok kristal tipe cetakan celup dengan teknologi penyimpanan energi berbasis PCM yang penulis uraikan dalam proyek akhir skripsi ini adalah, studi pengaplikasian PCM yang nantinya berada pada mesin es balok kristal. Pengujian yang dilaksanakan meliputi pengujian kinerja mesin dan temperatur yang dihasilkan oleh mesin es balok kristal dengan teknologi penyimpanan energi berbasis PCM, analisa data yang didapat dari analisa yang sudah dilaksanakan. Pengujian mesin es balok kristal tipe cetakan celup dengan menggunakan teknologi penyimpanan energi berbasis PCM sudah selesai dilakukan di Lab. Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bali. Hasil yang didapat dari pengujian mesin es balok kristal dengan menggunakan PCM mendapatkan data seperti data sistem refrigerasi, data PCM, data-data pada ruang cetakan es, pertumbuhan dan perkembangan es balok, dan data daya serta konsumsi selama proses produksi es balok kristal berlangsung.

Pengujian ini dilakukan berdasarkan waktu nyata (*real time*) dengan variasi waktu 10 detik untuk parameter uji yang dicatat dengan data logger dan setiap 3 jam untuk pencatatan manual seperti pada pertumbuhan dan perkembangan pembentukan es kristal di dalam cetakan. Prinsip terbentuknya es tentunya menggunakan konsep perpindahan panas satu arah dari bawah ke atas, tentunya selama proses produksi berlangsung menggunakan alat berupa pompa air yang bertujuan untuk menjaga air di dalam cetakan tetap bersirkulasi. Hal ini menjadikan hasil es sangat bening sebening kristal pada saat proses pembekuan es karena tidak ada gas yang terjebak di dalam es. Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pada mesin es balok kristal tipe cetakan celup dengan menggunakan teknologi penyimpanan energi berbasis PCM pada evaporator yang direndam dengan kapasitas daya sistem refrigerasi 0,820 kW.

**Kata kunci:** *Mesin es kristal, PCM, kinerja temperatur, kinerja energi*



## ***Performance Testing of Crystal Ice Block Machine with Dip Molding Type and PCM-Based Energy Storage Technology***

### **ABSTRACT**

*Indonesia is a densely populated country that requires many sources of food and beverage production. To maintain the quality of these foods and beverages, of course, a natural preservative is needed so that materials such as food/drinks can last a long time. The consumption of crystal ice cubes, especially in Indonesia, has been rampant in trading, so the crystal block ice business has great opportunities for the community. Crystal block ice is widely consumed by the public to store food ingredients for a long period of time. Because this crystal ice block can last a long time and is stronger (does not melt quickly) to use.*

*The type of research from testing the performance of the dipping mold type crystal block ice machine with PCM-based energy storage technology that the authors describe in this final project is the study of the application of PCM which will later be in a crystal block ice machine. The tests carried out included testing the performance of the machine and the temperature produced by the crystal block ice machine with PCM-based energy storage technology, analyzing data obtained from the analysis that had been carried out. Testing of the dipped mold type crystal block ice machine using PCM-based energy storage technology has been completed in the Lab. Bali State Polytechnic Refrigeration and Air Conditioning. The results obtained from testing the crystal block ice machine using PCM obtained data such as refrigeration system data, PCM data, data on the ice molding chamber, growth and development of ice blocks, and power and consumption data during the crystal ice block production process.*

*This test is carried out based on real time with a time variation of 10 seconds for test parameters recorded with a data logger and every 3 hours for manual recording such as the growth and development of the formation of ice crystals in the mold. The principle of forming ice, of course, uses the concept of one-way heat transfer from the bottom up, of course, during the production process, a device in the form of a water pump is used to keep the water circulating in the mold. This results in very clear, crystal-clear ice during the ice freezing process because there is no gas trapped in the ice. Based on the results of testing and analysis on a dipped mold type crystal block ice machine using PCM-based energy storage technology in an immersed evaporator with a refrigeration system power capacity of 0,820 kW.*

**Keywords:** *Crystal ice machine, PCM, temperature performance, energy performance*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Buku Skripsi ini yang berjudul Pengujian Kinerja Mesin Es Balok Kristal Tipe Cetakan Celup Dengan Teknologi Penyimpanan Energi Berbasis PCM tepat pada waktunya. Penyusunan Buku Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk kelulusan program pendidikan pada jenjang Sarjana Terapan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

Penulis menyadari Buku 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, 23 Agustus 2023

I Made Aditya Satria Dharma

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Lembar Persetujuan.....	iii
Surat Pernyataan Bebas Plagiat.....	iv
Ucapan Terima Kasih.....	v
Abstrak .....	vii
Abstract .....	viii
Kata Pengantar .....	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Tabel .....	xiii
Daftar Gambar.....	xiv
Daftar Lampiran .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.4.1 Tujuan Umum .....	2
1.4.2 Tujuan Khusus .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.5.1 Manfaat Teoritis .....	3
1.5.2 Manfaat Praktis .....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1 Pengertian Kinerja Mesin .....	5
2.2 Pengertian Kinerja Mesin Es Balok .....	5
2.3 Pengertian Es Balok .....	5
2.3.1 Es Balok Biasa .....	6
2.3.2 Es Balok Kristal .....	6

2.4	Mesin Es .....	7
2.5	Definisi Refrigerasi .....	7
2.6	Prinsip Refrigerasi .....	7
2.7	Komponen Sistem Refrigerasi Kompresi Uap .....	8
2.7.1	Komponen Utama .....	8
2.7.2	Komponen Bantu .....	9
2.8	Refrigeran .....	12
2.9	Siklus Kompresi Uap .....	13
2.10	Energi .....	15
2.10.1	Energi thermal (kalor) .....	15
2.10.2	Kalor Sensibel .....	16
2.11	PCM ( <i>Phase Change Materials</i> ) .....	17
2.12	Aplikasi PCM ( <i>Phase Change Materials</i> ) .....	21
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>23</b>
3.1	Jenis Penelitian .....	23
3.2	Alur Penelitian .....	25
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian .....	27
3.4	Penentuan Sumber Data .....	27
3.5	Sumber Daya Penelitian .....	27
3.6	Instrumen Penelitian .....	28
3.7	Prosedur Penelitian .....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>31</b>
4.1	Hasil Penelitian .....	31
4.1.1	Kinerja temperatur mesin es balok kristal dengan menggunakan PCM .....	32
4.1.2	Kinerja energi mesin es balok kristal tipe cetakan celup .....	37
4.1.3	Kapasitas mesin es balok kristal tipe cetakan celup dengan menggunakan PCM .....	43
4.2	Pembahasan .....	45
4.2.1	Kinerja temperatur .....	45
4.2.2	Kinerja energi .....	46
4.2.3	Kapasitas produksi mesin es balok .....	47
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>49</b>

5.1	Kesimpulan.....	49
5.2	Saran.....	49
	<b>Daftar Pustaka.....</b>	<b>51</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat thermal pada PCM Organik.....	19
Tabel 2.2 Sifat thermal PCM Anorganik .....	20
Tabel 2.3 Sifat thermal PCM Kombinasi.....	21
Tabel 2.4 Aplikasi PCM.....	22
Tabel 3.1 Waktu pelaksanaan .....	27

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Es balok biasa.....	6
Gambar 2.2 Es balok kristal.....	6
Gambar 2.3 Kompresor.....	8
Gambar 2.4 Kondensor.....	8
Gambar 2.5 Alat ekspansi TXV.....	9
Gambar 2.6 Evaporator.....	9
Gambar 2.7 <i>Filter dryer</i> .....	10
Gambar 2.8 Akumulator.....	10
Gambar 2.9 <i>Fan</i> motor kondensor.....	10
Gambar 2.10 <i>Sight glass</i> .....	11
Gambar 2.11 <i>Liquid receiver</i> .....	11
Gambar 2.12 Pompa aquarium.....	11
Gambar 2.13 Refrigeran R-404A.....	12
Gambar 2.14 Gambaran siklus kompresi uap.....	14
Gambar 2.15 Gambaran ph diagram R-404A.....	14
Gambar 2.16 Proses leleh/solidifikasi PCM.....	17
Gambar 3.1 Mesin es balok kristal tipe cetakan celup.....	23
Gambar 3.2 Tampak depan mesin es balok kristal tipe cetakan celup.....	23
Gambar 3.3 Skematik sistem refrigerasi mesin es balok kristal.....	24
Gambar 3.4 Diagram alur penelitian.....	26
Gambar 3.5 <i>Clamp meter</i> .....	28
Gambar 3.6 <i>Thermocouple</i> .....	29

Gambar 3.7 <i>Pressure gauge</i> .....	29
Gambar 4.1 Temperatur T1 dan T4 produksi es balok kristal ke-1.....	32
Gambar 4.2 Temperatur T2 dan T3 produksi es balok kristal ke-1.....	33
Gambar 4.3 Temperatur ruang produksi es balok dan temperatur lingkungan produksi ke-1 .....	33
Gambar 4.4 Temperatur PCM pada berbagai posisi di cairan PCM produksi ke-1 .....	34
Gambar 4.5 Temperatur T1 dan T4 produksi es balok kristal ke-2.....	35
Gambar 4.6 Temperatur T2 dan T3 produksi es balok kristal ke-2.....	35
Gambar 4.7 Temperatur ruang produksi es balok dan temperatur lingkungan produksi ke-2 .....	36
Gambar 4.8 Temperatur PCM dari berbagai posisi pada cairan PCM produksi ke-2 .....	37
Gambar 4.9 Variasi daya mesin es balok kristal dengan PCM produksi ke-1 .....	38
Gambar 4.10 Variasi daya mesin es balok kristal hari ke-1 produksi ke-1 .....	38
Gambar 4.11 Variasi daya mesin es balok kristal hari ke-2 produksi ke-1 .....	39
Gambar 4.12 Variasi daya mesin es balok kristal hari ke-3 produksi ke-1 .....	39
Gambar 4.13 Variasi daya mesin es balok kristal dengan PCM produksi ke-1 .....	39
Gambar 4.14 Variasi daya mesin es balok kristal dengan PCM produksi ke-2 .....	40
Gambar 4.15 Variasi daya mesin es balok kristal hari ke-1 produksi ke-2.....	41
Gambar 4.16 Variasi daya mesin es balok kristal hari ke-2 produksi ke-2.....	41



Gambar 4.17 Variasi daya mesin es balok kristal hari ke-3 produksi ke-2 .....	41
Gambar 4.18 Konsumsi energi mesin es balok kristal produksi ke-2 dengan PCM .....	42
Gambar 4.19 Variasi daya mesin es balok kristal pada saat <i>test</i> <i>commissioning</i> .....	42
Gambar 4.20 Konsumsi energi mesin es balok kristal pada saat <i>test</i> <i>commissioning</i> .....	43
Gambar 4.21 Laju pertumbuhan es balok kristal produksi ke-1 .....	44
Gambar 4.22 Laju pertumbuhan es balok kristal produksi ke-2 .....	44
Gambar 4.23 Hasil es balok kristal pada produksi ke-1 .....	45
Gambar 4.24 Hasil es balok kristal pada produksi ke-2 .....	45
Gambar 4.25 Konsumsi daya spesifik menggunakan R-404A .....	46
Gambar 4.26 Kapasitas pendinginan mesin/ <i>cooling capacity</i> menggunakan R-404A .....	45

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Lembar Bimbingan Dosen Pembimbing I
- Lampiran 2 Lembar Bimbingan Dosen Pembimbing II
- Lampiran 3 Data Temperatur Sistem Refrigerasi (produksi ke-1)
- Lampiran 4 Data Temperatur Sistem Refrigerasi (produksi ke-2)
- Lampiran 5 Data Temperatur PCM, Ice Chamber dan Lingkungan (produksi ke-1)
- Lampiran 6 Data Temperatur PCM, Ice Chamber dan Lingkungan (produksi ke-2)
- Lampiran 7 Data Konsumsi Daya dan Energi (produksi ke-1)
- Lampiran 8 Data Konsumsi Daya dan Energi (produksi ke-2)
- Lampiran 9 Data Konsumsi Daya dan Energi Tanpa PCM (*test commissioning*)

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara padat penduduk sehingga memerlukan banyak sumber produksi makanan ataupun minuman. Untuk menjaga kualitas makanan dan minuman tersebut tentunya diperlukan suatu pengawet yang alami agar bahan-bahan seperti makanan/minuman dapat bertahan lama. Salah satu pengawet alami yang dapat digunakan untuk mengawetkan dan menyegarkan makanan dan minuman yaitu es balok kristal. Masyarakat tentunya memilih es balok kristal sebagai pengawet alami makanan dan minuman dikarenakan es balok kristal sangat mudah ditemukan di pasaran dan harganya sangat terjangkau.

Konsumsi es balok kristal khususnya di Indonesia sudah marak diperjual belikan sehingga bisnis es balok kristal sangat memiliki peluang besar bagi masyarakat. Es balok kristal banyak dikonsumsi oleh masyarakat guna menyimpan bahan-bahan makanan untuk jangka waktu yang panjang. Salah satu teknologi dalam pembuatan es balok kristal yaitu menggunakan teknologi PCM. Menurut Noel, dkk (2022), dikarenakan masalah produksi, penyimpanan, dan konsumsi energi di masyarakat kita saat ini sangat penting, penggunaan Phase Change Materials (PCM) mengalami minat baru. Ketertarikan mereka terletak pada terjadinya perubahan fase. Ketika transformasi eksotermik (misalnya cair ke padat), PCM melepaskan panas yang disimpan selama transformasi endotermik (misalnya padat ke cair). Dalam hal ini, panas laten yang terlibat selama perubahan fasa dapat disimpan atau dilepaskan. Jumlah energi yang lebih besar - untuk variasi suhu yang kecil - terlibat oleh panas laten daripada panas sensibel. Dalam konteks penyimpanan energi.

Berdasarkan hasil pengujian pada awal mesin dioperasikan dengan tanpa menggunakan PCM atau *test commissioning* mendapatkan hasil konsumsi daya rata-rata mencapai 0,69 kW dengan total konsumsi energi yang dibutuhkan sebesar

69,46 kWh. Mesin es balok kristal pada *test commissioning* ini beroperasi selama 95 jam.

Berdasarkan permasalahan di atas, penelitian ini membuat suatu alat pembuat es balok kristal dengan bentuk serta waktu produksi yang diharapkan oleh pengusaha. Harapan dari penelitian ini yaitu membantu pelaku usaha khususnya pengusaha kuliner membuat inovasi yang baru dan cepat dalam pelayanan. Permasalahan yang diangkat dalam skripsi ini adalah bagaimana rancangan konstruksi dan evaporator mesin es balok kristal serta daya kompresor, beban pendinginan, dan kinerja PCM. Dengan tujuan menghasilkan rancangan konstruksi mesin es balok kristal yang dapat berproduksi lebih cepat.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada skripsi ini yaitu :

1. Bagaimana kinerja temperatur mesin es balok kristal dengan menggunakan teknologi penyimpanan energi berbasis PCM ?
2. Berapakah konsumsi daya dan energi yang dibutuhkan selama proses produksi es balok kristal dengan menggunakan PCM ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, peneliti akan membatasi masalah yang telah diidentifikasi menjadi sebagai berikut :

1. Tidak melakukan pengujian terhadap mesin es balok kristal tipe cetakan celup tanpa menggunakan teknologi PCM.
2. Hanya melakukan pengukuran konsumsi daya dan energi selama proses produksi terhadap mesin es balok dengan menggunakan teknologi PCM.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

### **1.4.1 Tujuan Umum**

Sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

### **1.4.2 Tujuan Khusus**

Tujuan dari penelitian ini untuk mengembangkan ilmu dan memecahkan masalah-masalah yang ada sehingga diharapkan dengan adanya penelitian ini membawa pengaruh yang lebih baik. Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan yang ingin dicapai sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui kinerja temperatur mesin es balok kristal dengan menggunakan teknologi penyimpanan energi berbasis PCM.
2. Dapat mengetahui berapa konsumsi daya dan energi yang dibutuhkan selama proses produksi es balok kristal dengan menggunakan PCM.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari diharapkan dapat berguna dan memberikan manfaat yang baik. Apabila penelitian berhasil, maka dapat memberikan manfaat secara teoritis dan praktis, yang meliputi :

#### **1.5.1 Manfaat Teoritis**

- 1) Dapat digunakan sebagai acuan, referensi atau pengembangan dalam melaksanakan pengujian khususnya untuk mengetahui kinerja energi mesin es balok kristal dengan teknologi penyimpanan berbasis PCM.
- 2) Mengasah peneliti lain untuk mengembangkan lebih dalam mengenai hal-hal yang belum ada dalam pengujian kinerja mesin es balok kristal tipe cetakan celup dengan teknologi penyimpanan energi berbasis PCM.
- 3) Dapat dijadikan pembandingan dengan referensi lain mengenai pengujian kinerja mesin es balok kristal tipe cetakan celup dengan teknologi penyimpanan energi berbasis PCM.

#### **1.5.2 Manfaat Praktis**

- 1) Bagi peneliti lain yang mendalami ilmu refrigerasi khususnya pada mesin es untuk menjadikan pedoman dalam melaksanakan pengujian kinerja mesin es balok kristal khususnya dalam peningkatan efisiensi energi menggunakan PCM.

- 2) Untuk melengkapi kebutuhan referensi mengenai acuan penelitian dari pengujian kinerja mesin es balok kristal tipe cetakan celup dengan teknologi penyimpanan energi berbasis PCM di Perpustakaan Politeknik Negeri Bali yang nantinya dapat digunakan sebagai literatur dalam penulisan karya ilmiah.
- 3) Bagi peneliti ataupun calon sarjana terapan sebagai sumber referensi dalam melakukan pengujian kinerja khususnya pada mesin es balok kristal dengan teknologi PCM.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pada mesin es balok kristal tipe cetakan celup dengan menggunakan teknologi penyimpanan energi berbasis PCM pada evaporator yang direndam dengan kapasitas daya sistem refrigerasi 0,820 kW dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kinerja temperatur mesin balok kristal tipe cetakan celup dengan menggunakan PCM sudah dapat ditentukan. Diperoleh sistem refrigerasi dari mesin balok tipe cetakan celup dengan menggunakan PCM dapat beroperasi pada temperatur refrigeran keluar kompresor dan keluar kondensor berada pada kisaran 70 - 78 °C dan 5 - 8 °C pada produksi ke-1, sedangkan 61 - 70 °C dan 4 - 8 °C pada produksi ke-2; temperatur evaporasi -18 °C sampai dengan -22 °C.
2. Konsumsi energi yang dihasilkan mesin es balok kristal tipe cetakan celup dengan menggunakan PCM pada produksi ke-2 relatif lebih rendah dibandingkan dengan produksi ke-1. Pada penelitian ini konsumsi daya rata-rata dari mesin es balok kristal dengan menggunakan PCM pada produksi ke-1 yaitu 0,75 kW dan produksi ke-2 yaitu 0,63 kW. Sedangkan konsumsi energi dalam satu kali produksi berturut-turut adalah sebesar 50,54 kWh dan 41,39 kWh. Pada *test commissioning* daya rata-rata mendapatkan angka 0,69 kW dan konsumsi energi sebesar 69,46 kWh. Jadi efisiensi produksi energi mesin es balok kristal menggunakan PCM lebih hemat 15 % dari yang tanpa menggunakan PCM.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang penulis ingin sampaikan berkenaan dengan proses pengujian dan beberapa kendala yang dihadapi khususnya dalam proses pengujian

mesin es balok kristal hingga selama proses produksi es balok kristal, dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Dalam proses produksi es balok kristal sebaiknya menggunakan pompa aquarium yang bertujuan untuk sirkulasi air pada saat pembentukan es balok kristal agar gas yang berada didalam air tidak terjebak sehingga bentuk es tidak terdapat buram maupun rambut-rambut didalamnya. Serta filter yang berada didalam pipa yang mengarah ke pompa sebaiknya juga dilakukan pembersihan atau penggantian agar aliran air tetap stabil.
2. Pada saat proses panen es balok kristal mendapatkan kesulitan disaat mengangkat es balok kristal untuk keluar dari cetakan. Terdapat kebocoran pada bak es yang mengakibatkan bekunya cetakan sehingga sangat sulit pada saat proses pengangkatan es balok kristal. Untuk itu sangat perlu dilakukannya pembenahan pada cetakan celup supaya mudah untuk mengangkat es balok keluar dari mesin es.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abhishek Anand, A. S. (2019). Review from : *Development and Characterization Of Ternary Mixture Series Of Medium and Long-Chain Saturated Fatty Acids For Energy Applications. Energy Storage*. 112. Diakses pada tanggal 4 Februari 2023.
- ASHRAE. (2014). *ASHRAE 2014 Handbook Refrigeration*. Atlanta: ASHRAE. Diakses pada tanggal 18 Januari 2023.
- Bill Whitman, B. J. (2013). Review frpom : *Refrigeration & Air Conditioning Technology 7th Edition*. USA. Diakses pada tanggal 17 Januari 2023.
- Eka Indrayana, I. P. (2022). *Analisa Komparasi Kinerja Mesin Es Balok Kristal Dengan dan Tanpa Bantalan Bio-PCM*. Politeknik Negeri Bali, Badung-Bali.
- Fleischer, A. S. (2015). Review from : *Thermal Energy Storage Using Phase Change Materials Fundamentals Applications*. USA. Diakses pada tanggal 21 Januari 2023.
- Kho, D. (2020). *Pengertian Termokopel (Thermocouple) dan Prinsip Kerjanya*. Terdapat pada : <https://teknikelektronika.com/pengertian-termokopel-thermocouple-dan-prinsip-kerjanya/>. Diakses pada tanggal 24 Januari 2023.
- Noel, Metiever, Becker, dan Leclerc. (2022). *Natural Convection In Phase Change Material: Experimental Study. International Journal of Heat and Mass Transfer*. 183. Diakses pada tanggal 28 Februari 2023.
- Pramayodha, E. R. (2019). *Sistem Pengoperasian dan Perawatan Alat Pendingin Makanan Di TB.Alim PT. Kaltim Shipyard Samarinda*. 7-8. Diakses pada tanggal 17 Januari 2023.
- Pudjiastuti, W. (2011). *Jenis-jenis Bahan Berubah Fasa dan Aplikasinya. Jurnal Kimia Kemasan, Vol. 33*, 123. Diakses pada tanggal 18 Januari 2023.
- Sumantra, dan Suamir (2016). *Sistem Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Denpasar. Diakses pada tanggal 20 Januari 2023.

- Triarjo, Sugeng, dan Edy (2017). *Pengaturan Tekanan Glove Box - 101 Sebagai Persyaratan Crushing and Sieving Pada Proses Konversi Yellow Cake Menjadi Serbuk UO<sub>2</sub>*. *Jurnal Vol. 10 No.18*. 42. Diakses pada tanggal 24 Januari 2023.
- Wijaya, I. M. (2019). *Kajian Pengaruh Integrasi Bio - PCM Pada Evaporator Terhadap Kinerja Energi Chest Freezer*. Politeknik Negeri Bali, Badung-Bali.