

**SKRIPSI**

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MESIN ES  
BALOK KRISTAL TIPE CETAKAN CELUP DENGAN  
TEKNOLOGI PENYIMPANAN ENERGI TERMAL  
BERBASIS PCM**



**POLITEKNIK NEGERI BALI**

Oleh

**I Gusti Ngurah Narendra**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI BALI**

**2023**

**SKRIPSI**

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MESIN ES  
BALOK KRISTAL TIPE CETAKAN CELUP DENGAN  
TEKNOLOGI PENYIMPANAN ENERGI TERMAL  
BERBASIS PCM**



**POLITEKNIK NEGERI BALI**

Oleh

**I Gusti Ngurah Narendra**  
NIM.1915234005

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI BALI  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MESIN ES BALOK KRISTAL TIPE CETAKAN CELUP DENGAN TEKNOLOGI PENYIMPANAN ENERGI TERMAL BERBASIS PCM

Oleh

**I Gusti Ngurah Narendra**  
**1915234005**

Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Skripsi pada Program Studi Sarjana  
Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas  
Pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali

Disetujui Oleh :

Pembimbing I



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

Pembimbing II



**Achmad Wibolo, S.T. M.T**  
NIP. 196405051991031002



Disahkan oleh:  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

**Dr. Irena Gede Santosa, M.Erg**  
NIP: 196609241993031003

## LEMBAR PERSETUJUAN

### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MESIN ES BALOK KRISTAL TIPE CETAKAN CELUP DENGAN TEKNOLOGI PENYIMPANAN ENERGI TERMAL BERBASIS *PCM*

Oleh

**I Gusti Ngurah Narendra**  
**1915234005**

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

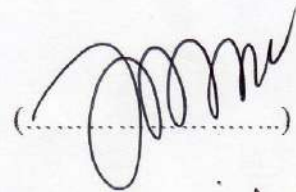
#### Tim Peguji

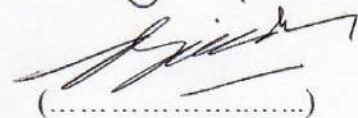
Penguji I : Dr. Adi Winarta, S.T., M.T.  
NIP. : 197610102008121003

Penguji II : Ir. I Nyoman Gede Baliarta, M.T  
NIP. : 196509301992031002

Penguji III : Dr. Ida Ayu Anom Arsani, S.Si, M.Pd  
NIP. : 197008191998022001

#### Tanda Tangan

()

()

()

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : I Gusti Ngurah Narendra

NIM : 1915234005

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas

Judul Proyek Akhir : Perancangan dan Pembuatan Mesin Es Balok Kristal Tipe Cetakan Celup dengan Teknologi Penyimpanan Energi Thermal 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, 29 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan



I Gusti Ngurah Narendra

NIM. 1915234005

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan 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 I Nyoman Suamir, ST, MSc, PhD selaku dosen pembimbing utama yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Bapak Achmad Wibolo, ST, MT selaku dosen pembimbing kedua yang selalu memberikan dukungan, perhatian, semangat, dari awal menjadi mahasiswa hingga saat ini.
7. Bapak Dr. Adi Winarta, S.T., M.T. Bapak Ir. I Nyoman Gede Baliarta, M.T dan Ibu Dr. Ida Ayu Anom Arsani, S.Si, M.Pd selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan saran dan nasehat, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan
8. 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.
9. Kedua orang tua tercinta Bapak I Gusti Ngurah Rai Winata dan Ibu Ni Wayan Mariati yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa demi kelancaran dan kesuksesan dalam menyelesaikan Skripsi ini.
10. Teman-teman seperjuangan dalam menyelesaikan Skripsi tahun 2023 yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan kepada penulis.

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

Badung, 29 Agustus 2023  
I Gusti Ngurah Narendra

## ABSTRAK

Es batu kristal memiliki bentuk yang kecil tetapi menjadi faktor penting dalam bisnis sektor makanan dan minuman. Namun banyaknya permintaan pasar, membuat penjual es kristal kewalahan dikarenakan waktu produksi es kristal yang cukup lama. Maka muncul ide membuat mesin es balok kristal dengan cetakan celup sehingga dapat meningkatkan produksi es, serta dapat menghemat dari segi konsumsi daya mesin es kristal.

Metode penelitian yang akan dilakukan adalah perancangan serta pembuatan pada mesin es balok kristal, dimana pada mesin es balok ini akan diaplikasikan dengan PCM. PCM ini akan merendam cetakan celup serta evaporator. Perancangan ini bertujuan untuk menciptakan inovasi baru terhadap mesin es balok kristal agar mengoptimalkan dari kinerja mesin es balok serta mensimulasikan hasil rancangan untuk penyajian dan menguji sistem hasil rancangan.

Hasil penelitian ini memuat hasil rancangan mesin es balok Kristal, rancangan kapasitas produksi mesin es balok Kristal berbasis simulasi program *U-RefS*, proses pembuatan mesin es balok kristal, serta uji komisioning. Sehingga mampu mengadopsi pengujian alat dengan PCM. Hasil dari simulasi program *U-RefS* dengan refrigeran R-404A mendapatkan kapasitas produksi 143,35 kg dengan waktu produksi selama 15,6 jam dengan kapasitas pendingin 0,84 kW, hasil gambar rancangan diproses dalam pembuatan mesin, dan terakhir melakukan uji komisioning. Dari hasil tes, menunjukkan temperatur PCM produksi pertama dan kedua belum tercapai  $-20^{\circ}\text{C}$  dengan merata. Tetapi pada produksi kedua rata-rata temperaturnya lebih rendah dibandingkan produksi pertama dan temperatur dijaga konstan di  $-20^{\circ}\text{C}$ , sehingga PCM yang digunakan pada penelitian ini sesuai yaitu sebagai *thermal storage*.

**Kata kunci:** Es Balok Kristal, PCM, *Rancangan*

# DESIGN AND MAKING OF DIVING MOLD TYPE CRYSTAL ICE BLOCK MACHINE WITH PCM-BASED THERMAL ENERGY STORAGE TECHNOLOGY

## Abstract

*Crystal ice cubes have a small shape but are an important factor in the food and beverage sector business. However, there is a lot of market demand, making crystal ice sellers overwhelmed due to the long production time of crystal ice. So the idea arose to make a crystal ice block machine with dip molds so that it could increase ice production, and could save in terms of power consumption of crystal ice machines.*

*The research method to be carried out is the design and manufacture of a crystal ice block machine, where this ice block machine will be applied with PCM. This PCM will soak the dip mold and evaporator. This design aims to create new innovations to the crystal ice block machine in order to optimize the performance of the ice block machine and simulate the design results for presentation and test the design system.*

*The results of this study contain the results of the design of the Crystal ice block machine, the design of the production capacity of the Crystal ice block machine based on the simulation of the U-RefS program, the process of making a crystal ice block machine, and commissioning tests. So as to be able to adopt tool testing with PCM. The results of the U-RefS program simulation with R-404A refrigerant get a production capacity of 143.35 kg with a production time of 15.6 hours with a cooling capacity of 0.84 kW, the results of the design drawings are processed in the manufacture of machines, and finally conduct commissioning tests. From the test results, the first and second production PCM temperatures have not reached  $-20^{\circ}\text{C}$  evenly. But in the second production, the average temperature is lower than the first production and the temperature is kept constant at  $-20^{\circ}\text{C}$ , so the PCM used in this study is suitable as thermal storage.*

**Keywords:** *Crystal Ice Block, PCM, Design*



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Buku Skripsi ini yang berjudul Pengembangan 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, 29 Agustus 2023

I Gusti Ngurah Narendra

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	ii
Lembar Pengesahan .....	iii
Lembar Persetujuan.....	iv
Surat Pernyataan Bebas Plagiat.....	v
Ucapan Terima Kasih.....	vi
Abstrak .....	vii
<i>Abstract</i> .....	viii
Kata Pengantar .....	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel .....	xvi
Daftar Lampiran .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
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.....	4
1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali .....	4
1.5.3 Bagi Masyarakat.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	5
2.1 Perancangan .....	5
2.2 Pengertian Refrigerasi .....	5
2.3 Refrigerasi Kompresi Uap.....	6
2.4 Perhitungan Menentukan <i>COP</i> ( <i>Coefficient Of Performance</i> ) .....	7
2.5 Komponen Sistem Refrigerasi Kompresi Uap.....	9

2.5.1	Komponen Utama.....	9
2.5.2	Komponen Tambahan .....	16
2.6	Mesin Es Kristal.....	18
2.7	<i>Phase Change Material (PCM)</i> .....	21
2.7.1	PCM Organik .....	22
2.7.2	PCM Anorganik .....	24
2.7.3	PCM Kombinasi .....	26
2.8	Aplikasi PCM.....	26
2.9	<i>SketchUp Pro 2022</i> .....	27
2.10	<i>Program U-RefS</i> .....	27
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>28</b>
3.1	Jenis Penelitian.....	28
3.1.1	Desain Mesin Es Balok Kristal .....	28
3.1.2	Rancang Awal Diagram Proses es Balok Kristal .....	29
3.2	Alur Penelitian .....	30
3.3	Lokasi Dan Waktu Penelitian.....	31
3.4	Penentuan Sumber Data .....	31
3.5	Sumber Daya Penelitian.....	31
3.6	Instrumental Penelitian.....	31
3.6.1	<i>SketchUp Pro 2022</i> .....	32
3.6.2	<i>Program U-RefS</i> .....	32
3.7	Prosedur Penelitian.....	33
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>34</b>
4.1	Hasil Penelitian .....	34
4.1.1	Rancangan Akhir Proses Produksi Mesin Es Balok Kristal dengan PCM .	34
4.1.2	Hasil Rancangan Kapasitas Produksi Es Balok Kristal Berbasis Simulasi Program <i>U-RefS</i> .....	35
4.1.3	Hasil Rancangan Konstruksi Mesin Es Balok Kristal .....	37
4.1.4	Hasil Rancangan Bagian Dalam Mesin Es Balok Kristal .....	39
4.2	Pembahasan .....	47
4.2.1	Sistem Kelistrikan .....	47

4.2.2 Proses Pengecatan Bodi Mesin .....	48
4.2.3 Proses Penyambungan Penutup Bodi Dengan Bodi Mesin es .....	48
4.2.4 Proses Pemasangan Drainase .....	49
4.2.5 Proses Pemasangan Pompa Sirkulasi.....	50
4.2.6 Melakukan Tes Kebocoran .....	52
4.2.7 Proses Pengisian Refrigeran.....	53
4.2.8 Proses Pengisian PCM .....	53
4.3 Uji Komisioning.....	55
4.3.1 Temperatur PCM Pada Mesin Es Balok .....	61
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>63</b>
5.1 Kesimpulan .....	63
5.2 Saran .....	64
<b>Daftar Pustaka</b> .....	<b>65</b>
<b>Lampiran - Lampiran</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skematis siklus refrigerasi kompresi uap.....	6
Gambar 2.2 Ph diagram, refrigeran R-404A.....	7
Gambar 2.3 Kompresor hermetik.....	10
Gambar 2.4 kompresor semihmetik.....	11
Gambar 2.5 kompresor terbuka.....	11
Gambar 2.6 Kondensor.....	12
Gambar 2.7 Katup Ekspansi.....	13
Gambar 2.8 Evaporator <i>Shell &amp; Tube</i> .....	15
Gambar 2.9 Evaporator <i>bare-tube</i> .....	15
Gambar 2.10 Evaporator <i>Plate surface</i> .....	15
Gambar 2.11 <i>Filter dryer</i> .....	16
Gambar 2.12 Akumulator.....	17
Gambar 2.13 Fan Motor.....	17
Gambar 2.14 <i>Sight glass</i> .....	18
Gambar 2.15 <i>Ice Flake Machine</i> .....	19
Gambar 2.16 <i>Ice Block Machine</i> .....	20
Gambar 2.17 <i>Ice Tube Machine</i> .....	21
Gambar 2.18 Proses Pemadatan.....	21
Gambar 3.1 Skema Mesin Es Kristal.....	27
Gambar 3.2 Rancangan awal diagram proses pembuatan es balok kristal.....	28
Gambar 3.3 Skematik mesin es balok kristal dengan PCM.....	28
Gambar 3.4 Diagram alur penelitian.....	29
Gambar 3.5 Denah Politeknik Negeri Bali.....	30
Gambar 3.6 <i>SketchUp Pro 2022</i> .....	32
Gambar 3.7 Tampilan Program.....	32
Gambar 4.1 Gambar akhir diagram proses produksi es balok.....	34
Gambar 4.2 Tampilan simulasi kapasitas produksi es balok menggunakan R-404A.....	36
Gambar 4.3 Konsumsi daya spesifik menggunakan R-404A.....	36

Gambar 4.4 Kapasitas pendingin mesin/ <i>cooling capacity</i> menggunakan R-404A .....	37
Gambar 4.5 Bodi mesin es tampak depan.....	38
Gambar 4.6 Bodi mesin es tampak samping.....	38
Gambar 4.7 Bodi bagian dalam.....	39
Gambar 4.8 Kaki penyangga bodi.....	40
Gambar 4.9 Cetakan celup .....	41
Gambar 4.10 Penutup bodi.....	41
Gambar 4.11 Evaporator dari sisi atas .....	42
Gambar 4.12 Evaporator keseluruhan.....	42
Gambar 4.13 Pompa sirkulasi .....	43
Gambar 4.14 Komponen <i>Condensing Unit</i> .....	44
Gambar 4.15 Tinggi <i>Condensing Unit</i> .....	44
Gambar 4.16 Bagian Luar 1 .....	45
Gambar 4.17 Bagian Luar 2 .....	45
Gambar 4.18 Bagian dalam 1 .....	46
Gambar 4.19 Bagian dalam 2.....	46
Gambar 4.20 Sistem kelistrikan .....	47
Gambar 4.21 Proses pengecatan dan hasil akhir pengecatan.....	48
Gambar 4.22 Proses pengelasan engsel .....	49
Gambar 4.23 Hasil Pengelasan engsel .....	49
Gambar 4.24 Hasil pemasangan pipa drainase .....	50
Gambar 4.25 Proses perakitan pompa sirkulasi .....	51
Gambar 4.26 Hasil perakitan pompa sirkulasi .....	52
Gambar 4.27 Proses <i>Vacuum</i> .....	53
Gambar 4.28 Proses pengisian refrigeran .....	53
Gambar 4.29 Pengisian PCM.....	54
Gambar 4.30 Temperatur <i>Logger</i> .....	55
Gambar 4.31 <i>Power Analyzer</i> .....	55
Gambar 4.32 Termokopel .....	56
Gambar 4.33 Pemasangan pompa sirkulasi .....	56

Gambar 4.34 Mesin Kondisi hidup .....	57
Gambar 4.35 Pengecekan ketebalan es .....	57
Gambar 4.36 Monitoring temperatur .....	57
Gambar 4.37 Monitoring arus listrik.....	58
Gambar 4.38 Alat crane .....	58
Gambar 4.39 Proses pengangkatan es.....	59
Gambar 4.40 Proses Mengeluarkan es dari cetakan.....	59
Gambar 4.41 Hasil dari es balok kristal proses pertama.....	60
Gambar 4.42 Hasil dari es balok kristal proses kedua .....	60
Gambar 4.43 Temperatur PCM pada sisi kiri dan sisi kanan produksi 1.....	61
Gambar 4.44 Temperatur PCM pada sisi kiri dan sisi kanan produksi 2.....	61

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Titik leleh dan panas peleburan laten beberapa jenis paraffin .....	23
Tabel 2.2 Titik leleh dan panas peleburan laten beberapa non paraffin.....	24
Tabel 2.3 Titik leleh dan panas peleburan laten beberapa asam lemak .....	24
Tabel 2.4 Titik leleh dan panas peleburan laten beberapa hidrat garam .....	25
Tabel 2.5 Titik leleh dan panas peleburan laten beberapa <i>Metallic</i> .....	26
Tabel 2.6 Aplikasi PCM.....	27
Tabel 3.1 <i>time schedule</i> skripsi .....	31



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 : Lembar Bimbingan Dosen I

Lampiran 2 : Lembar Bimbingan Dosen II

Lampiran 3 : Gambar rancangan mesin es balok kristal

Lampiran 4 : Data Temperatur PCM dan Temperatur Ruang es

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia yang merupakan negara beriklim tropis menjadi faktor berkembangnya bisnis minuman maupun makanan sehingga memacu seluruh lini bisnis pendukungnya. Salah satunya yaitu es batu kristal memiliki bentuk yang kecil tetapi menjadi faktor penting dalam mendorong bisnis sektor makanan dan minuman. Penggunaan es batu terus meningkat tiap tahunnya, dikarenakan banyak digunakan untuk menyegarkan minuman, maupun pendingin bagi makanan seperti daging, ikan, dan bahan lainnya. Namun banyaknya permintaan pasar, membuat penjual es kristal kewalahan dikarenakan waktu produksi es kristal yang cukup lama sehingga terjadi ketidakseimbangan pada permintaan pasar, maka dari itu muncul ide untuk mengembangkan mesin es kristal dengan menambahkan cetakan celup berbasis PCM.

*Phase Charge Materials* (PCM) adalah material yang memiliki kemampuan untuk melepas/menyerap sejumlah energi pada transisi fase yang dimanfaatkan untuk menyimpan energi (Sarier dan Onder, 2012). Berdasarkan jenis perubahan fasenya PCM digolongkan ke dalam 4 golongan yaitu fase padat – padat, padat – cair, cair – gas, dan cair – cair (Sharma, 2005). Kemampuan PCM dalam hal menyerap dan melepaskan panas ini dimanfaatkan dalam mesin es sebagai material penyempurnaan untuk mendapatkan sifat bahan yang memiliki kemampuan responsif dan adaptif terhadap perubahan suhu luar, dan menjaga suhu dalam pada suatu rentang tertentu yang diinginkan.

Menurut Fauzan dan Korawan, (2019) dari hasil penelitian yang telah dilakukan salah satu komponen sistem refrigerasi yang memiliki peran penting adalah Evaporator dikarenakan evaporator merupakan komponen yang sebenarnya memberikan efek pendinginan pada sistem pendingin kompresi uap. Evaporator harus dirancang sedemikian rupa sehingga mampu menyerap kalor untuk

mendapatkan pendinginan yang diinginkan dari sistem lemari pendingin. Dalam meningkatkan efek pendinginan dan mengurangi konsumsi energi dirancang evaporator yang mampu menyimpan energi dan dimanfaatkan ketika sistem pendingin telah dimatikan atau listrik saat mati. Dengan penambahan PCM pada mesin kompresi uap ternyata mampu mempertahankan efek pendinginan dan dapat mempertahankan suhu udara konstan.

Dengan melihat latar belakang di atas, diharapkan dengan dibuatnya mesin es balok kristal dengan cetakan celup pada mesin es dapat meningkatkan produksi es, serta dapat menghemat dari segi konsumsi daya pada mesin es kristal.

### **1.2 Rumusan Masalah**

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

1. Bagaimana rancangan kapasitas produksi mesin es balok kristal dengan cetakan celup berbasis simulasi program *U-RefS*.
2. Bagaimana rancangan dan pembuatan konstruksi mesin es balok kristal serta cetakan es terintegrasi PCM.

### **1.3 Batasan Masalah**

Dalam penulisan skripsi penulis hanya membahas mengenai tentang pengembangan mesin es kristal dengan cetakan celup serta bantalan PCM. Berdasarkan rumusan masalah di atas maka batasan masalah dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Menentukan kapasitas produksi mesin es balok kristal dengan cetakan menggunakan program *U-RefS*.
2. Rancangan konstruksi mesin dan cetakan es balok kristal terintegrasi PCM.
3. Pembuatan mesin dan cetakan es balok kristal, dengan evaporator terintegrasi PCM.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang penulis harapkan dari penyusunan Skripsi yang bertemakan Pengembangan Mesin Es Balok Kristal Tipe Cetakan Celup Dengan Teknologi

Penyimpanan Energi Berbasis PCM. Dalam pembuatan skripsi ini terdapat tujuan, yaitu tujuan umum dan tujuan Khusus.

#### **1.4.1 Tujuan Umum**

Adapun tujuan umum dari pembuatan Skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk memenuhi salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.
2. Untuk mengaplikasikan ilmu-ilmu yang di 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 di bangku kuliah menerapkan ke dalam bentuk perancangan.

#### **1.4.2 Tujuan Khusus**

Adapun tujuan khusus dari pembuatan Skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu menentukan rancangan kapasitas produksi mesin es balok kristal dengan cetakan celup berbasis simulasi program *U-RefS*.
2. Mampu merancang dan membuat konstruksi mesin es balok kristal serta cetakan es terintegrasi PCM.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil Pengembangan Mesin Es Balok Kristal Tipe Cetakan Celup Dengan Teknologi Penyimpanan Energi Berbasis PCM ini diharapkan dapat bermanfaat bagi penulis, instansi pendidikan khususnya di Politeknik Negeri Bali, dan juga bagi masyarakat pada umumnya.

#### **1.5.1 Bagi Penulis**

Hasil perancangan ini sebagai sarana untuk menerapkan mengembangkan ilmu-ilmu yang di dapat selama mengikuti perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali baik secara teori maupun praktek. Selain itu merupakan syarat dalam menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

### **1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali**

Sebagai bahan pendidikan atau ilmu pengetahuan di bidang perancangan alat refrigerasi di kemudian hari dan sebagai salah satu pertimbangan untuk dapat dikembangkan lebih lanjut.

### **1.5.3 Bagi Masyarakat**

Adapun manfaat dari mesin es kristal dengan cetakan celup berbasis PCM ini adalah untuk membantu para penjual es dalam mencetak es agar memenuhi kebutuhan pasar.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari pembahasan di atas, penulis dapat menyimpulkan bahwa mesin es kristal tipe cetakan celup dengan teknologi penyimpanan berbasis PCM sebagai berikut :

1. Rancangan kapasitas produksi mesin es balok kristal berbasis simulasi program *U-RefS* juga sudah diperoleh. Yang pertama memasukan input data Temperatur dari mesin es balok kristal, dengan suhu temperatur udara luar yaitu 30 °C, lalu jenis refrigeran yang digunakan adalah R404a. untuk temperatur evaporator yaitu T4 adalah -31 °C dan T1 adalah -21 °C, selanjutnya untuk temperatur kondensor T2 adalah 77,9 °C dan T3 adalah 43 °C. setelah memasukan input data temperatur selanjutnya adalah dimensi ruang es dimana: panjang 1,365 m, lebar 0,745 m, tinggi 0,62 m; dimensi es balok: panjang 1,04 m, lebar 0,50 m, tinggi 0,15 m; dan temperatur es balok -20 °C dapat diproduksi es balok kristal sebanyak 143,35 kg dalam waktu 72 jam dengan daya spesifik yang sudah dikalkulasikan oleh program *U-RefS* adalah 3,18 kW/TR.
2. PCM yang digunakan untuk konstruksi mesin es balok kristal ini berjenis *corn oil* atau minyak jagung. dikarenakan PCM ini sangat ramah lingkungan dan juga tidak akan merusak lapisan pada evaporator maupun bodi mesin. Proses Pengisian PCM ini dilakukan hingga merendam pipa eveporator. Dengan mengetahui jumlah PCM yang digunakan yaitu  $\text{Volume Bodi} - \text{Volume Evaporator} = 0,107 - 0,0142 = \mathbf{0,0928 \text{ m}^3}$  (92,8 liter PCM).
3. Mesin es balok kristal sudah dapat terintergrasi dengan PCM dimana hasil pengukuran pada saat uji komisioning temperatur PCM yang diletakan 4 titik di dalam *box*, menyatakan bahwa hasil pengujian pertama dengan

suhu temperatur Temp PCM 1 yaitu  $-23,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , PCM 2 yaitu  $-5,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  PCM 3 yaitu  $-13,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan PCM 4 yaitu  $-7,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan hasil pengujian kedua temperatur Temp PCM 1 yaitu  $-24,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , PCM 2 yaitu  $-13,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , PCM 3 yaitu  $-11,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan PCM 4 yaitu  $-3,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . dari kedua pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat temperatur PCM produksi pertama dan kedua yang belum tercapai  $-20^{\circ}\text{C}$  dengan merata. Tetapi pada produksi kedua rata-rata temperturnya lebih rendah dibandingkan produksi pertama dan temperature dijaga konstan di  $-20^{\circ}\text{C}$ , sehingga PCM yang digunakan pada penelitian ini sesuai yaitu sebagai *thermal storage*.

## 5.2 Saran

Berdasarkan keterbatasan penelitian dan kesimpulan yang sudah disampaikan sebelumnya, maka dapat di sarankan bagi peneliti selanjutnya agar :

1. Menggunakan program *SketchUp* untuk perancangan desain sangat mudah digunakan karena antarmuka yang menarik dan sederhana, mudah digunakan bahkan untuk pemula, banyak macam *open source* serta *plugin* yang mendukung.
2. Temperatur PCM pada mesin es balok kristal belum mencapai suhu  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan merata sehingga untuk kedepannya mesin masih dapat di optimalkan dengan pengujian berkelanjutan.
3. Peneliti selanjutnya dapat menggunakan penelitian ini sebagai referensi untuk melakukan pengembangan dalam karya ilmiah dengan topik yang sama, seperti melakukan *redesign* pada bentuk evaporator, komposisi PCM yang digunakan, jenis PCM yang digunakan sehingga peneliti mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anshori, Gian. 2019. Perbedaan Jenis kompresor dan Fungsinya pada Sistem Pendingin Retrieved from <https://www.rokindojayamandiri.com/blog-post/perbedaan-jenis-compressor-dan-fungsinya-pada-sistem-pendingin>. Diakses pada tanggal 5 Februari 2023
- Agung, P. 2016 Komponen-komponen Utama yang ada pada AC dalam Ruangan Retrieved from <https://serviceacjogja.pro/mengenal-komponen-ac-ruangan-dan-fungsinya/>. Diakses pada tanggal 5 Februari 2023
- Astro (2018) Mesin Pembuat Ice & Minuman Mesin Es Kristal Retrieved from <https://astromesin.com/harga-mesin-es-kristal/>. Diakses pada tanggal 5 februari 2023
- Abhishek, A. 2019. Development and characterization of ternary mixture series of medium- and long-chain saturated fatty acids for energy applications. Diakses pada tanggal 10 maret 2023
- Bagus, S. 2017. Fungsi Expansi Valve (Katup Expansi) Retrieved from <https://acmobilbagussurabaya.wordpress.com/2017/01/31/fungsi-expansi-valve-katup-expansi-pada-sistem-ac-mobil/>. Diakses pada tanggal 5 Februari 2023
- Bftech, 2022. *Ice Block Makers* Retrieved from <https://bftech.pro/catalog/icemaker/> Diakses pada tanggal 5 Februari 2023
- Biobase, 2021. Flake Ice Makers Retrieved From <https://www.biobase.cc/Flake-Ice-Maker-pd45094022.html>. Diakses pada tanggal 5 Februari 2023
- Enot. (2020). *Filter Dryer Refrigerant Air Conditioner. Kegunaan Filter Dryer*. Retrieved from Jasa Service AC Ponidi: <http://service-ac-ponidi.blogspot.com/2013/11/filter-dryer-refrigerant-aircond.html>. Diakses pada tanggal 13 Januari 2022
- Firli, M. (2016). *Komponen Utama Refrigerasi Kompresi Uap*. Retrieved from Scribd:<https://www.scribd.com/doc/310261758/Komponen-Utama-Refrigerasi-Kompresi-Uap>. Diakses pada tanggal 5 Februari 2023
- Fauzan, Iwan, and Agus Dwi Korawan. 2019. “Penggunaan PCM Sebagai Material Penyimpan Kalor Pada Lemar Pendingin.” *SIMETRIS* 13(1):6–8.
- Fleischer, Amy S. n.d. *Springer Briefs In Applied Sciences And Technology Thermal Engineering And Applied Science Thermal Energy Storage Using Phase Change Materials Fundamentals and Applications*.
- Hidayat, Wahyu 2016. Perancangan Media Video Desain Interior Sebagai Salah Satu Penunjang Promosi Dan Informasi Di Pt. Wans Desain Group Diakses pada tanggal 14 maret 2023



- Maychow, 2015 Shell Industri dan Tube Flooded Type Evaporator. Retrieved from [https://id.hstarschiller.com/industrial-shell-and-tube-flooded-type-evaporator\\_p82.html](https://id.hstarschiller.com/industrial-shell-and-tube-flooded-type-evaporator_p82.html). Diakses pada tanggal 5 Februari 2023
- Mofijur, 2019. Review Phase Change Materials (PCM) For Solar Energy Usages And Storage: An Overview Diakses pada tanggal 10 maret 2023
- Muhammad, 2016 Perancangan Sistem Pendingin Untuk Kapal Nelayan Kapasitas 8 Ton Diakses pada tanggal 10 maret 2023
- Nafisah, 2016. Grafika Komputer, Graha ilmu. Jakarta.
- Ponidi. (2013). *Filter Dryer Refrigerant Air Conditioner. Kegunaan Filter Dryer*. Retrieved from Jasa Service AC Ponidi: <http://service-ac-ponidi.blogspot.com/2013/11/filter-dryer-refrigerant-aircond.html>. Diakses pada tanggal 6 Februari 2023
- Pudjiastuti, W. (2011). Jenis-Jenis Bahan Berubah Fasa Dan Aplikasinya. *J. Kimia Kemasan, Vol. 33*, 118 - 123.
- Suamir, I. N. (2016). *Refrigrasi dan Tata Udara*. Badung - Bali: Politeknik Negeri Bali.
- Sarier, Nihal, and Emel Onder. 2012. "Organic Phase Change Materials and Their Textile Applications: An Overview." *Thermochimica Acta* 540:7–60.
- Sharma, S. Dutt, and Kazunobu Sagara. 2005. "Latent Heat Storage Materials and Systems: A Review." *International Journal of Green Energy* 2(1):1–56.
- Sharma, A. V. (2009). Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and Sustainable Energy Review* 13, 318 - 345.
- Soetyono, Ch. (2017). *Mesin Pendingin* Yogyakarta : Deepublish
- Temma (2020) Komponen AC Split Dan Fungsinya – Komponen Pendukung. Retrieved from <https://acmurahjakarta.com/blog/komponen-ac-split-dan-fungsinya-komponen-pendukung>. Diakses pada tanggal 5 Februari 2023
- Wahyudi, A, (2019). Sistem Pendingin. Retrieved from TPTUMETRO: <https://www.tptumetro.com/2019/01/sistem-pendingin.html> Diakses pada tanggal 6 Februari 2023
- Wirawan (2009). Analisa performansi pengkondisian udara tipe window dengan penambahan alat ukur penukar kalor Diakses pada tanggal 10 maret 2023