

SKRIPSI

**OPTIMASI KONSTRUKSI DAN PENGUJIAN KINERJA
MESIN ES BALOK KRISTAL TIPE CETAKAN CELUP
BIO-PCM**



Oleh

I KADEK ROMI MAHENDRA

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2024

SKRIPSI

**OPTIMASI KONSTRUKSI DAN PENGUJIAN KINERJA
MESIN ES BALOK KRISTAL TIPE CETAKAN CELUP
BIO-PCM**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I KADEK ROMI MAHENDRA

NIM. 2015234010

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI KONSTRUKSI DAN PENGUJIAN KINERJA MESIN ES BALOK KRISTAL TIPE CETAKAN CELUP BIO-PCM

Oleh

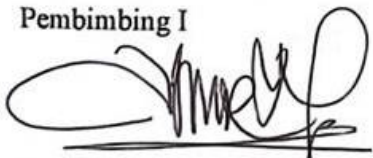
I KADEK ROMI MAHENDRA

NIM. 2015234010

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

Disetujui oleh :

Pembimbing I



Prof. I Nyoman Suamir, ST, MSc, PhD
NIP. 196503251991031002

Pembimbing II



I Dewa Gede Agus Tri Putra, ST, MT
NIP. 197611202003121001

Disahkan oleh :

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. I Gede Santosa, MErg
NIP. 196609241993031003

LEMBAR PERSETUJUAN

OPTIMASI KONSTRUKSI DAN PENGUJIAN KINERJA MESIN ES BALOK KRISTAL TIPE CETAKAN CELUP BIO-PCM

Oleh

I KADEK ROMI MAHENDRA

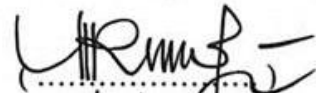
NIM. 2015234010

Skripsi ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima untuk dapat
dicetak sebagai Buku Skripsi pada hari / tanggal :
Selasa / 27 Agustus 2024

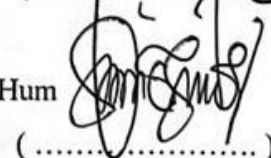
Tim Penguji

Tanda Tangan

Penguji I : Prof. Dr. Ir. I Made Rasta, MSi
NIP : 196506171992031001



Penguji II : Prof. Dr. I Made Rai Jaya Widanta, SS, MHum
NIP : 197310272001121002



Penguji III : Ir. I Putu Sastra Negara, MSi
NIP : 196605041994031003



SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : I Kadek Romi Mahendra

NIM : 2015234010

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas

Judul Skripsi : Optimasi Konstruksi dan Pengujian Kinerja Mesin Es Balok
Kristal Tipe Cetakan Celup Bio-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, 14 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan



I Kadek Romi Mahendra

NIM. 2015234010

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Buku 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 terima kasih 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 Wiryantara, S.T., M.T., selaku sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Dr. Made Ery Arsana, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Utilitas.
5. Bapak Prof. I Nyoman Suamir, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing - 1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Bapak I Dewa Gede Agus Tri Putra, S.T., M.T., 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 penulis hingga dapat menunjang dalam penyelesaian Skripsi.
8. Kepada orang tua tercinta dan keluarga 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 Ni Putu Noviana Pratiwi yang senantiasa meluangkan waktu dan membantu dalam penyusunan skripsi ini.
10. Teman seperjuangan dalam menyelesaikan Skripsi tahun 2024 yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan kepada penulis.
11. Serta masih banyak lagi pihak yang berpengaruh dalam proses penyelesaian Skripsi yang tidak bisa peneliti sebutkan satu persatu semoga Tuhan Yang Maha Kuasa senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Semoga Buku Skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya, peneliti atau penulis, dan khususnya kepada civitas akademik Politeknik Negeri Bali.

Badung, 14 Agustus 2024
I Kadek Romi Mahendra

ABSTRAK

Bali merupakan pulau di Indonesia yang terkenal akan pariwisatanya. Sehingga banyak sektor yang bergerak pada bidang *Hospitality*, salah satunya industri perhotelan. Banyak hal yang bisa di sajikan untuk memenuhi kebutuhan dari industri ini misalnya seperti es balok. Kita dapat menyajikan es balok yang eksklusif yaitu adalah es balok kristal. Dimana es balok kristal ini dapat kita manfaatkan sebagai artistik kesenian contohnya *ice carving* dan juga bisa diolah dengan memotong menjadi beberapa bagian kecil untuk disajikan pada minuman di bar, ataupun restoran. Mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM yang sudah tersedia di Lab Tata Udara Politeknik Negeri Bali, namun perlu dilakukan optimasi konstruksi karena masih terdapat kekurangan dimana hasil produk tidak sesuai dengan kebutuhan industri, dan akan dilakukan pengujian kinerja.

Adapun optimasi konstruksi yang diterapkan pada mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM ini meliputi, Optimasi agitator atau proses sirkulasi pada air yang akan di produksi sebagai es balok kristal, yaitu dengan menggunakan 2 buah pompa aquarium yang menghasilkan 2 buah aliran air yang saling berlawanan pada permukaan air. Kemudian optimasi dengan melakukan penggantian cetakan es balok kristal menggunakan plat stainless steel ketebalan 1mm dan penambahan 2 lapis plastik dengan bentuk menyerupai cetakan di dalam cetakan es balok kristal. Serta penambahan penyangga pada sisi luar cetakan es balok kristal dan mempersiapkan proses panen es balok kristal dengan matang. Kemudian pengujian kinerja dari mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM mendapat hasil data meliputi data sistem refrigerasi, data bio-PCM, data pada ruang cetakan es, pertumbuhan dan perkembangan es balok kristal, dan data daya serta konsumsi energi selama proses produksi berlangsung.

Pengujian ini dilakukan berdasarkan waktu nyata (*real time*) dengan variasi waktu 1 menit untuk parameter uji yang dicatat dengan data logger dan pencatatan data manual seperti pertumbuhan dan perkembangan es balok kristal. Prinsip terbentuknya es balok kristal menggunakan konsep perpindahan panas satu arah dari bawah ke atas. Hasil optimasi agitator dengan menggunakan 2 buah pompa dimana arah aliran air saling berlawanan di permukaan air mendapat produk es balok kristal yang bening sesuai dengan harapan industri. Pengaplikasian bio-PCM pada mesin es balok kristal mendapat konsumsi energi yang lebih hemat sebesar 10 % dibandingkan tanpa menggunakan bio-PCM.

Kata kunci: *es balok kristal, optimasi konstruksi, bio-PCM, dan kinerja konsumsi energi.*

Optimization of construction and performance testing of a bio-PCM dip mold type crystal block ice machine

ABSTRACT

Bali is an island in Indonesia which is famous for its tourism. So there are many sectors that operate in the Hospitality sector; one of which is the hotel industry. There are many things that can be served to meet the needs of this industry, for example ice blocks. We can present exclusive ice blocks, namely crystal ice blocks. Where we can use these crystal ice blocks as artistic arts, for example ice carving and can also be processed by cutting them into small pieces to serve with drinks in bars or restaurants. The bio-PCM dip mold type crystal ice block machine is already available at the Bali State Polytechnic Air Conditioning Lab, but construction optimization needs to be carried out because there are still shortcomings where the product results do not meet industry needs, and performance testing will be carried out.

The construction optimization applied to the bio-PCM dip mold type crystal ice block machine includes, Optimizing the agitator or circulation process in the water that will be produced as crystal ice blocks, namely by using 2 aquarium pumps which produce 2 streams of water. opposite each other on the water surface. Then optimize by replacing the crystal ice block mold using a 1mm thick stainless steel plate and adding 2 layers of plastic with a shape resembling a mold in the crystal ice block mold. As well as adding support to the outside of the crystal ice block mold and preparing the crystal ice block harvesting process thoroughly. Then, performance testing of the bio-PCM dip mold type crystal block ice machine obtained data results including refrigeration system data, bio-PCM data, data on the ice mold chamber; growth and development of crystal block ice, and data on power and energy consumption during the production process. .

This test is conducted based on real time with a time variation of 1 minute for parameter tests recorded with a data logger and manual data recording such as the growth and development of crystal ice blocks. The principle of crystal ice block formation uses the concept of one-way heat transfer from bottom to top. The results of optimizing the agitator using 2 pumps where the direction of water flow is opposite to each other on the water surface get clear crystal ice block products according to industry expectations. The application of bio-PCM to the crystal ice block machine gets 10% more efficient energy consumption compared to not using bio-PCM

Keywords: *ice crystal blocks, construction optimization, bio-PCM, and energy consumption performance.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas Rahmat – Nya penulis dapat menyelesaikan Buku Skripsi ini yang berjudul Optimasi Konstruksi dan Pengujian Kinerja Mesin Es Balok Kristal Tipe Cetakan Celup Bio-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, 14 Agustus 2024
I Kadek Romi Mahendra

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Lembar Persetujuan.....	iii
Surat Pernyataan Bebas Plagiat.....	iv
Ucapan Terima Kasih.....	v
Abstrak.....	vi
<i>Abstract</i>	vii
Kata Pengantar.....	viii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Lampiran.....	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
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.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.5.1 Manfaat Teoritis.....	3
1.5.2 Manfaat Praktis.....	3
BAB II. LANDASAN TEORI	4
2.1 Pengertian Optimasi Konstruksi.....	4
2.2 Pengertian Kinerja Mesin.....	4
2.3 Produktivitas.....	4
2.4 Pengertian Kinerja Mesin Es Balok.....	5
2.5 Pengertian Es Balok.....	5
2.5.1 Es Balok Biasa.....	5

2.5.2	Es Balok Kristal	6
2.6	Mesin Es	6
2.7	Definisi Refrigerasi.....	6
2.8	Prinsip Dasar Refrigerasi.....	7
2.9	Komponen Sistem Refrigerasi Kompresi Uap	8
2.9.1	Komponen Utama	8
2.9.2	Komponen Bantu	10
2.10	Refrigeran	13
2.10.1	Refrigeran Primer.....	14
2.10.2	Refrigeran Sekunder.....	15
2.11	Agitator Mesin Es Balok Kristal	15
2.12	Siklus Refrigerasi Kompresi Uap.....	15
2.12	Energi.....	17
2.13	PCM (<i>Phase Change Material</i>).....	18
2.14	Aplikasi PCM (<i>Phase Change Material</i>)	25
BAB III. METODE PENELITIAN		26
3.1	Jenis Penelitian	26
3.2	Alur Penelitian.....	28
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian	30
3.4	Penentuan Sumber Data.....	30
3.5	Sumber Daya Penelitian	32
3.6	Instrumen Penelitian	33
3.7	Prosedur Penelitian	36
BAB IV. HASIL PEMBAHASAN.....		38
4.1	Hasil Penelitian.....	38
4.1.1	Hasil Optimasi Konstruksi	39
4.1.2	Kinerja Temperatur Mesin Es Balok Kristal Tipe Cetakan Celup Bio-PCM.....	44
4.1.3	Kinerja Energi Mesin Es Balok Kristal Tipe Cetakan Celup Bio-PCM.....	51
4.1.4	Kapasitas Mesin Es Balok Kristal Tipe Cetakan Celup Bio-PCM .	57

4.2	Pembahasan	59
4.2.1	Kinerja Temperatur	59
4.2.2	Kinerja Energi	60
4.2.3	Kapasitas Produksi Mesin Es Balok Kristal.....	61
BAB V.	PENUTUP	62
5.1	Kesimpulan	62
5.2	Saran	63
	DAFTAR PUSTAKA	65
	LAMPIRAN.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Titik leleh dan panas peleburan laten beberapa paraffin	20
Tabel 2.2	Titik leleh dan panas peleburan beberapa non parafin	21
Tabel 2.3	Titik leleh dan panas peleburan beberapa asam lemak	21
Tabel 2.4	Titik leleh dan panas peleburan beberapa hidrat garam	23
Tabel 2.5	Titik leleh dan panas peleburan beberapa metalik	24
Tabel 2.6	Daftar PCM kombinasi organik anorganik	24
Tabel 2.7	Aplikasi PCM	25
Tabel 3.1	Waktu pelaksanaan.....	30
Tabel 3.2	Pengumpulan data	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Es balok biasa.....	5
Gambar 2.2	Es balok kristal.....	6
Gambar 2.3	Kompresor.....	8
Gambar 2.4	Kondensor	9
Gambar 2.5	Katup ekspansi	9
Gambar 2.6	Evaporator	10
Gambar 2.7	<i>Fillter dryer</i>	11
Gambar 2.8	Akumulator	11
Gambar 2.9	<i>Fan motor</i>	12
Gambar 2.10	<i>Sight glass</i>	12
Gambar 2.11	<i>Liquid receiver</i>	13
Gambar 2.12	Pompa aquarium	13
Gambar 2.13	Refrigeran R - 404a.....	14
Gambar 2.14	Siklus refrigerasi kompresi uap.....	16
Gambar 2.15	Perubahan fasa PCM.....	18
Gambar 3.1	Mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM sebelum optimasi konstruksi.....	26
Gambar 3.2	Agitator mesin es balok kristal sebelum optimasi.....	27
Gambar 3.3	Skematik sistem refrigerasi mesin es balok kristal	27
Gambar 3.4	Diagram alur penelitian optimasi konstruksi dan pengujian kinerja mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM.....	29
Gambar 3.5	Hasil produk es balok kristal produksi ke-1 sebelum optimasi konstruksi.....	32
Gambar 3.6	Hasil produk es balok kristal produksi ke-2 sebelum optimasi konstruksi.....	32
Gambar 3.7	<i>Clamp meter</i> /tang ampere	33
Gambar 3.8	<i>Thermocouple</i>	33
Gambar 3.9	<i>Pressure gauge</i> /manifold	34
Gambar 3.10	<i>Data logger</i>	35

Gambar 3.11	<i>Power analyzer</i>	36
Gambar 4.1	Sirkulasi aliran air dengan 2 pompa.....	39
Gambar 4.2	Penempatan pompa sebelum dan sesudah optimasi.....	40
Gambar 4.3	Cetakan es balok kristal	40
Gambar 4.4	Cetakan plastik es balok kristal.....	41
Gambar 4.5	Penyangga Cetakan Es Balok Kristal.....	42
Gambar 4. 6	Pemberian warna pada badan mesin es balok kristal.....	42
Gambar 4.7	Badan mesin es balok kristal.....	43
Gambar 4. 8	<i>Engine crane</i>	43
Gambar 4. 9	Temperatur T1 dan T4 produksi es balok kristal ke-1	45
Gambar 4.10	Temperatur T2 dan T3 produksi es balok kristal ke-1	46
Gambar 4.11	Temperatur ruang produksi es balok dan temperatur lingkungan produksi ke-1.....	47
Gambar 4.12	Temperatur PCM di 4 titik pengukuran yang berbeda pada produksi ke-1.....	48
Gambar 4.13	Temperatur T1 dan T4 produksi es balok kristal ke-2	49
Gambar 4.14	Temperatur T2 dan T3 produksi es balok kristal ke-2.....	49
Gambar 4.15	Temperatur ruang produksi es balok dan temperatur lingkungan produksi ke-2.....	50
Gambar 4.16	Temperatur PCM di 4 titik pengukuran yang berbeda pada produksi ke-2.....	51
Gambar 4.17	Variasi daya mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM produksi ke-1.....	52
Gambar 4.18	Variasi daya mesin es balok kritical pada hari ke-1 produksi ke-1..	53
Gambar 4.19	Variasi daya mesin es balok kristal pada hari ke-2 produksi ke-1	53
Gambar 4.20	Variasi daya mesin es balok kristal hari ke-3 produksi ke-1	54
Gambar 4.21	Variasi daya mesin es balok kristal hari ke-4 produksi ke-1	54
Gambar 4.22	Konsumsi energi mesin es balok kristal produksi ke-1.....	54
Gambar 4.23	Variasi daya mesin es balok kristal produksi ke-2	55
Gambar 4.24	Variasi daya mesin es balok kristal hari ke-1 produksi ke-2.....	56
Gambar 4.25	Variasi daya mesin es balok kristal hari ke-2 produksi ke-2.....	56

Gambar 4.26	Variasi daya mesin es balok kristal hari ke-3 produksi ke-2.....	56
Gambar 4.27	Konsumsi energi mesin es balok kristal produksi ke-2.....	57
Gambar 4.28	Laju pertumbuhan es balok kristal produksi ke-1	58
Gambar 4.29	Laju pertumbuhan es balok kristal produksi ke-2	58
Gambar 4.30	Hasil produk es balok kristal produksi ke-1	59
Gambar 4.31	Hasil produk es balok kristal produksi ke-2.....	59

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)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bali merupakan pulau di Indonesia yang terkenal akan pariwisatanya. Sehingga banyak sektor yang bergerak pada bidang *Hospitality*, salah satunya industri perhotelan. Banyak hal yang bisa di sajikan untuk memenuhi kebutuhan dari industri ini misalnya seperti es balok. Kita dapat menyajikan es balok yang eksklusif yaitu adalah es balok kristal. Dimana es balok kristal ini dapat kita manfaatkan sebagai artistik kesenian contohnya *ice carving* dan juga bisa diolah dengan memotong menjadi beberapa bagian kecil untuk disajikan pada minuman di bar, ataupun restoran

Untuk memproduksi es balok kristal yang dibutuhkan oleh industri tersebut maka kita memerlukan yang nama nya mesin es balok kristal. Sebelumnya sudah terdapat mesin es balok kristal di Lab Tata Udara Politeknik Negeri Bali. Akan tetapi produk es balok yang di hasilkan masih belum sesuai dengan kebutuhan industri, yang dimana bentuk dari es balok masih buram dan terdapat corak rambut-rambut di dalamnya. Sehingga perlu kita lakukan optimasi konstruksi pada bagian agitatornya.

Kemudian pada saat panen es balok kristal, terdapat kendala dalam proses pengangkatan es balok kristal untuk keluar dari cetakan. Hal ini disebabkan karena adanya kebocoran pada bak es yang mengakibatkan bekunya cetakan sehingga mengalami kesulitan pada saat mengangkat es balok kristal. Untuk itu perlu kita optimasi konstruksi pada bagian cetakan es balok kristal tersebut.

Setelah itu, mesin es balok kristal ini, akan kita lakukan pengujian kinerja kepada konsumsi energi (kWh/kg produk) yang dihasilkan. Dari segi tampilan mesin es balok kristal ini juga perlu optimasi konstruksi seperti pengecatan badan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang terdapat pada Skripsi ini diantaranya :

1. Bagaimana optimasi konstruksi mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM sesuai kebutuhan industri ?
2. Bagaimana kinerja dan kualitas produk dari mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM setelah dilakukan optimasi ?

1.3 Batasan Masalah

Menurut rumusan masalah diatas, peneliti akan membatasi masalah yang telah diidentifikasi

1. Hanya melakukan optimasi konstruksi pada mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM sebagaimana yang di harapkan Industri.
2. Hanya melakukan pengujian kinerja konsumsi energi (kWh/kg produk).
3. Tidak melakukan pengujian terhadap mesin es balok kristal tipe cetakan celup tanpa menggunakan teknologi bio-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

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan ilmu dan memecahkan masalah–masalah yang ada sehingga adanya penelitian ini diharapkan memberikan pengaruh yang lebih baik. Berdasarkan permasalahan diatas, adapun tujuan yang ingin dicapai sebagai berikut :

1. Dapat diperoleh konstruksi optimum mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM sesuai kebutuhan industri.
2. Dapat ditentukan kinerja dan hasil produksi dari mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM setelah dioptimasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, agar dapat berguna serta memberikan manfaat yang baik. Jika penelitian ini berhasil, akan dapat memberikan manfaat secara teoritis dan praktis, diantaranya :

1.5.1 Manfaat teoritis

1. Dapat digunakan sebagai referensi, acuan, dan pengembangan dalam pelaksanaan pengujian khususnya bagaimana konstruksi mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM yang di harapkan industri.
2. Mengasah peneliti lain untuk mengembangkan lebih dalam hal hal yang perlu di kembangkan dalam optimasi konstruksi, pengujian kinerja, serta kualitas produk dari mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM.
3. Dijadikan sebagai pembanding dengan referensi lain mengenai konstruksi, kinerja, dan hasil produk dari mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM.

1.5.2 Manfaat praktis

1. Memberikan manfaat kepada peneliti lain yang bergelut di bidang refrigerasi khususnya pada mesin-mesin es sebagai pedoman dalam melaksanakan optimasi serta pengujian kinerja dan hasil produk dari mesin balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM yang sesuai dengan kebutuhan industri.
2. Diperuntukan juga sebagai kebutuhan referensi mengenai acuan penelitian dari bagaimana optimasi konstruksi serta pengujian kinerja dan hasil produk dari mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM di Perpustakaan Politeknik Negeri Bali yang nantinya digunakan sebagai literatur dalam penulisan karya ilmiah.
3. Bagi peneliti ataupun calon sarjana terapan sebagai sumber referensi dalam melakukan optimasi konstruksi serta pengujian kinerja hasil produksi dari mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil optimasi konstruksi pada mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM mendapat hasil bahwa dengan pengaturan aliran air yang akan di produksi sebagai es balok kristal sangat berpengaruh pada hasil produk es balok kristal. Dimana dengan penggunaan 2 buah pompa air yang menghasilkan 2 aliran air yang berlawanan pada permukaan air mendapatkan kualitas es balok kristal yang sesuai dengan kebutuhan industri, hasil es menjadi bening. Kemudian persiapan proses produksi juga berperan penting yaitu dengan menggunakan 2 lapis plastik yang membentuk menyerupai cetakan es balok kristal akan lebih memudahkan proses panen. Serta bentuk dari produk es balok kristal masih utuh menyerupai cetakannya.

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 es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM sudah dapat ditentukan. Diperoleh sistem refrigerasi dari mesin es balok tipe cetakan celup bio-PCM dapat beroperasi pada temperatur refrigeran keluar kompresor dan keluar kondensor berada pada kisaran 79 - 81 °C dan 33 - 39 °C pada produksi ke- 1, sedangkan 79 - 80 °C dan 32 - 35 °C pada produksi ke-2; temperatur evaporasi -18 °C sampai dengan -29 °C.
2. Konsumsi daya yang dihasilkan mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM pada produksi ke-2 relatif lebih tinggi 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 0,82 kW dan produksi ke-2 yaitu 0,88 kW. Sedangkan konsumsi energi dalam satu kali produksi berturut-turut adalah sebesar 72,69 kWh dan 62,40 kWh. Pada *test commissioning* daya rata-rata mendapatkan angka 0,69 kW dan konsumsi energi sebesar 69,46 kWh. Jadi produksi energi mesin es balok kristal bio-PCM produksi ke-1 lebih boros sebesar 3 % dari yang tanpa menggunakan PCM. Untuk produksi ke-2 lebih hemat sebesar 10 % dari yang tanpa menggunakan PCM. Sedangkan produksi ke-2 lebih hemat sebesar 14 % dari produksi ke-1 mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM. Jika dibandingkan dengan pengujian sebelumnya yang di uji oleh I Made Aditya Satria Dharma pada tahun 2023, Efisiensi produksi energi mesin es balok kristal tipe cetakan celup bio-PCM sebelum dioptimasi 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 sedang berlangsung dimana kurangnya pemerataan pertumbuhan es balok kristal. Hal itu disebabkan oleh kurangnya *heat transfer* antara evaporator dengan cetakan es balok kristal. Masih terdapat celah antara pipa evaporator dengan cetakan es balok kristal. Seiring dengan menurunnya temperatur PCM hingga mencapai titik beku, maka es akan terbentuk pada celah antara evaporator dengan cetakan sehingga adanya sekat, karena mesin es balok kristal ini menggunakan tipe cetakan celup. Jadi di harapkan cetakan es balok kristal benar-benar menyentuh pipa evaporator tanpa adanya celah.
2. Berdasarkan dugaan hasil eksperimen menggunakan *propylene glycol* dengan persentase yang cukup tinggi sehingga pada temperatur operasional masih pada posisi cair, pertumbuhan es balok kristal menjadi cukup merata dibandingkan dengan menggunakan PCM yang pada saat temperatur operasional PCM

mencapai titik bekunya sehingga menimbulkan adanya celah yang menjadi sekat antara evaporator dengan cetakan es balok kristal. *Heat transfer* akan lebih baik, jika PCM masih pada posisi cair pada saat temperatur operasional, maka diperlukan campuran brain karena ada kemungkinan tipe cetakan celup akan lebih bagus dari tingkat kerataan volume es balok kristal, jika PCM di biarkan pada posisi cair atau tidak mencapai titik beku nya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbat, A. 1981. *Development of modular heat exchanger with an integrated latent heat storage*. Report number BMFT FBT 81-050. Germany Ministry of Science and Technology
- Aditya Satria Dharma, I. M. 2023. *Pengujian Kinerja Mesin Es Balok Kristal Tipe Cetakan Celup Dengan Teknologi Penyimpanan Energi Berbasis PCM*. Politeknik Negeri Bali, Badung – Bali.
- ASHRAE. (2014). *ASHRAE 2014 Handbook Refrigeration*. Atlanta: ASHRAE.
- Bill Whitman, B. J. (2013). Review from : *Refrigeration & Air Conditioning Technology 7th Edition*. USA.
- Eka Indrayana, I. P. 2022. *Analisa Komparasi Kinerja Mesin Es Balok Kristal Dengan dan Tanpa Bantalan Bio-PCM*. Politeknik Negeri Bali, Badung- Bali.
- George, A. 1989. *Phase change thermal storage materials*. Guyer C Edisi, McGraw Hill Book Co. In Hand book of thermal design.
- Kho, D. (2020). *Pengertian Termokopel (Thermocouple) dan Prinsip Kerjanya*. Terdapat pada: <https://teknikelektronika.com/pengertian-termokopel-thermocouple-dan-prinsip-kerjanya/>. Diakses pada tanggal 5 Januari 2024.
- Meng, Q. and Jinlian Hu. 2008. A poly (ethylene glycol)-based smart phase change material. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 92: 1260-1268.
- Panjaitan, M. 2017. Pengaruh Lingkungan Kerja Terhadap Produktivitas Kerja Karyawan. *Jurnal Manajemen*. 3 (2) 1-5.
- Pudjiastuti, W. 2011. *Jenis Jenis Bahan Berubah Fasa dan Aplikasinya*. *Jurnal Kimia Kemasan*. 33 (123).
- Sari, Y. U., Kurniawan, R., Arianto, A., Adrianto, S. 2017. Sistem Pengolahan Data Produksi Dan Penjualan Es Balok Pada UPT PPI Kota Dumai. *Jurnal Informatika, Manajemen dan Komputer*. 9 (2).

- Sharma, A., V.V. Tyagi, C.R. Chen, D. Buddhi. 2009. Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and Sustainable Energy Review* 13: 318-345.
- Sumantra, dan Suamir. 2016. *Sistem Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Denpasar.
- Triarjo, Sugeng, dan Edy (2017). *Pengaturan Tekanan Glove Box -101 Sebagai Persyaratan Crushing and Sieving Pada Proses Konversi Yelow Cake Menjadi Serbuk UO₂.10* (18).
- Wang, W., X. Yang, Y. Fang, J. Ding. 2008. Preparation and performance of form stable polyethylenen glycol/silicon dioxide composites as solid-liquid phase change materials. *Applied Energy* 87 (5): 1529-1534