

SKRIPSI

**OPTIMASI KONSTRUKSI DAN PENGUJIAN
KINERJA MESIN ES BALOK KRISTAL BANTALAN
EVAPORATOR BIO-PCM**



Oleh

I GEDE SUARDIKA

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2024

SKRIPSI

**OPTIMASI KONSTRUKSI DAN PENGUJIAN
KINERJA MESIN ES BALOK KRISTAL BANTALAN
EVAPORATOR BIO-PCM**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I GEDE SUARDIKA
NIM. 2015234032

**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 BANTALAN EVAPORATOR BIO-PCM

Oleh

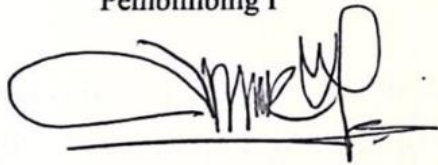
I GEDE SUARDIKA

NIM. 2015234032

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

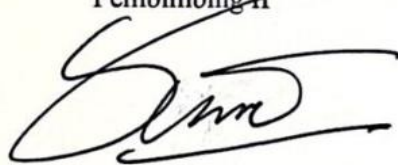
Disetujui oleh :

Pembimbing I



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

Pembimbing H



I Gede Artha Negara, ST,MT
NIP. 199805232022031011

Disahkan oleh :

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

LEMBAR PERSETUJUAN

OPTIMASI KONSTRUKSI DAN PENGUJIAN KINERJA MESIN ES BALOK KRISTAL BANTALAN EVAPORATOR BIO-PCM

Oleh
I GEDE SUARDIKA
NIM. 2015234032

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

Tim Penguji

Penguji I : Dr. Luh Putu Ike Midiani, S.T.,M.T.

NIP : 197206021999032002

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

NIP : 196509301992031002

Penguji III : I Wayan Suma Wibawa, S.T.,M.T.

NIP : 19880926201903109

Tanda Tangan



(.....)



(.....)



(.....)

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : I Gede Suardika

NIM : 2015234032

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas

Judul Proyek Akhir : Optimasi Konstruksi Dan Pengujian Kinerja Mesin Es Balok Kristal Bantalan Evaporator Bio-PCM.

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



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 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, ST, MSc, PhD., selaku dosen pembimbing - 1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Bapak I Gede Artha Negara, 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. Teman – teman seperjuangan dalam menyelesaikan Skripsi tahun 2024 yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan kepada penulis.
10. Yang sangat 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 Proposal Skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya, peneliti atau penulis, dan khususnya kepada civitas akademik Politeknik Negeri Bali.

Badung, 27 Agustus 2024
I Gede Suardika

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 bantalan evaporator 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 bantalan evaporator 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 pada setiap cetakan es balok kristal 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 bantalan evaporator 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.

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

Construction optimization and performance testing of a bio-PCM evaporator bearing 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 crystal ice block machine bearing a bio-PCM evaporator is already available at the Bali State Polytechnic Air Management Lab, but construction optimization needs to be carried out because there are still shortcomings where the product results do not comply with industry needs, and performance testing will be carried out.

The construction optimization applied to the crystal block ice machine bearing the bio-PCM evaporator includes, Optimizing the agitator or circulation process in the water that will be produced as crystal block ice, namely by using 2 aquarium pumps in each crystal block ice mold which produces 2 the fruit of opposing water flows on the surface of the water. 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, testing the performance of the crystal block ice machine bearing the bio-PCM evaporator, resulting in data including refrigeration system data, bio-PCM data, data on the ice mold chamber, growth and development of the crystal block ice, and data on power and energy consumption during the production process.

This test is carried out on a real time basis with a time variation of 1 minute for test parameters recorded with a data logger and manual data recording such as the growth and development of crystal ice blocks. The principle of forming crystalline ice blocks uses the concept of one-way heat transfer from bottom to top.

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 Bantalan Evaporator Bio PCM tepat pada waktunya. Penyusunan Buku Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk kelulusan Program Pendidikan pada jenjang Sarjana Terapan 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, 27 Agustus 2024 I
Gede Suardika

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan	ii
Lembar Persetujuan.....	ii
Surat Pernyataan Bebas Plagiat.....	iv
Ucapan Terima Kasih	v
Abstrak	vi
<i>Abstract</i>	vii
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Tabel.....	xii
Daftas 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 khusus	2
1.4.2 Tujuan umum	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	5
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	7
2.7	Pengertian Refrigerasi	7
2.8	Komponen Siklus Kompresi Uap	8
2.8.1	Komponen utama	8
2.8.2	Komponen bantu	10
2.9	Refrigeran	13
2.10	Agitator Mesin Es Balok Kristal	14
2.11	Siklus Refrigerasi Kompresi Uap	14
2.12	Energi	16
2.13	<i>Phase Change Material</i> (PCM)	17
2.13.1	PCM Organic	18
2.13.2	PCM anorganik	19
2.14	Aplikasi PCM	20
BAB III METODE PENELITIAN		21
3.1	Jenis Penelitian	21
3.2	Alur Penelitian	22
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian	25
3.4	Penentuan Sumber Data	25
3.5	Sumber Daya Penelitian	26
3.6	Instrumen Penelitian	26
3.7	Prosedur Penelitian	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Hasil Penelitian	32
4.1.1	Hasil Optimasi Kontruksi	33
4.1.2	Kinerja Temperatur Mesin Es Balok Kristal Bantalan Evaporator Bio-PCM	40
4.1.3	Kinerja Energi Mesin Es Balok Kristal Bantalan Evaporator Bio-PCM	50
4.1.4	Kapasitas Mesin Es Balok Kristal Bantalan Evaporator Bio-PCM	56
4.2	Pembahasan	59
4.2.1	Kinerja Temperatur	59
4.2.2	Kinerja Energi	59
BAB V PENUTUP		61

5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63
Lampiran	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Aplikasi PCM	6
Tabel 3. 1 Waktu pelaksanaan.....	26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Es balok biasa.....	7
Gambar 2. 2 Es balok kristal	6
Gambar 2. 3 Kompresor	9
Gambar 2. 4 Kondensor	10
Gambar 2. 5 Katup ekspansi thermostatik	10
Gambar 2. 6 Evaporator	11
Gambar 2. 7 Filter <i>dryer</i>	12
Gambar 2. 8 Akumulator.....	12
Gambar 2. 9 Fan motor	13
Gambar 2. 10 Pompa aquarium.....	13
Gambar 2. 11 Refrigeran 404a	14
Gambar 2. 12 Siklus refrigerasi kompresi uap.....	16
Gambar 2. 13 Perubahan fasa PCM	18
Gambar 3. 1 Mesin es balok kristal tipe bantalan evaporator sebelum di optimasi kontruksi.....	21
Gambar 3. 2 Skematik sistem refrigerasi mesin es balok kristal	23
Gambar 3.3 Diagram alur penelitian optimasi kontruksi dan pengujian kinerja mesin es balok kristal.....	25
Gambar 3. 4 Tang ampere (<i>Clamp meter</i>).....	27
Gambar 3. 5 Thermokopel	28
Gambar 3. 6 Manifold (<i>pressure gauge</i>).....	28
Gambar 3. 7 Data loger.....	30
Gambar 3. 8 Power analyzer	30
Gambar 4.1 Sirkulasi aliran air dengan 2 pompa di setiap cetakan	33
Gambar 4.2 Cetakan es balok kristal.....	34
Gambar 4.3 Cetakan plastik es balok kristal.....	35
Gambar 4.4 Penyangga Cetakan es balok kristal.....	35
Gambar 4.5 Proses pendempulan.....	36
Gambar 4.6 Proses pengecatan.....	36

Gambar 4.7 Hasil pendempulan dan pengecatan.....	36
Gambar 4.8 Pemasangan pelastik cetakan.....	37
Gambar 4.9 Mengisi air kedalam cetakan es balok kristal.....	37
Gambar 4.10 Pemasangan agitator / pompa sirkulasi air.....	38
Gambar 4.11 Pemasangan pelat pengangkat es balok kristal.....	38
Gambar 4.12 <i>Engine crane</i>	39
Gambar 4.13 Temperatur refrigeran keluar evaporator (T1) selama proses produksi pertama.....	41
Gambar 4.14 Temperatur refrigeran masuk evaporator (T4) selama proses produksi pertama.....	41
Gambar 4.15 Temperatur refrigeran keluar kompresor (T2) selama produksi pertama.....	42
Gambar 4.16 Temperatur refrigeran keluar kondensor (T3) selama produksi pertama.....	42
Gambar 4.17 Temperatur ruang produksi es balok dan temperatur lingkungan	43
Gambar 4.18 Temperatur PCM di 4 titik pengukuran berbeda pada bagianj atas produksi ke-1.....	44
Gambar 4.19 Temperatur PCM di 4 titik pengukuran berbeda pada bagianj dasar produksi ke-1.....	44
Gambar 4.20 Temperatur refrigeran keluar evaporator (T1) selama proses produksi ke-2.....	45
Gambar 4.21 Temperatur refrigeran masuk evaporator (T4) selama proses produksi ke-2.....	46
Gambar 4.22 Temperatur refrigeran keluar kompresor (T2) selama proses produksi ke-2.....	46
Gambar 4.23 Temperatur refrigeran keluar kondensor (T3) selama proses produksi ke-2.....	47
Gambar 4.24 Temperatur ruang produksi es balok dan temperatur lingkungan produksi ke-2.....	48

Gambar 4.25 Temperatur PCM di 4 titik pengukuran berbeda pada bagianj atas produksi ke-2.....	49
Gambar 4.26 Temperatur PCM di 4 titik pengukuran berbeda pada bagian bawah produksi ke-2.....	49
Gambar 4.27 Variasi daya mesin es balok kristal bantalan evaporator bio-PCM produksi ke-1.....	50
Gambar 4. 28 Variasi daya mesin es balok krital pada hari ke-1 produksi ke-1.....	51
Gambar 4.29 Variasi daya mesin es balok krital pada hari ke-2 produksi ke-1.....	51
Gambar 4.30 Variasi daya mesin es balok krital pada hari ke-3 produksi ke-1.....	52
Gambar 4.31 Variasi daya mesin es balok krital pada hari ke-4 produksi ke-1.....	52
Gambar 4.32 Variasi daya mesin es balok krital pada hari ke-5 produksi ke-1.....	53
Gambar 4.33 Konsumsi energi mesin es balok kristal produksi ke-1.....	53
Gambar 4.34 Variasi daya mesin es balok kristal produksi ke-2.....	54
Gambar 4.35 Variasi daya mesin es balok kristal hari ke-1 produksi ke-2.....	55
Gambar 4.36 Variasi daya mesin es balok kristal hari ke-2 produksi ke-2.....	55
Gambar 4.37 Variasi daya mesin es balok kristal hari ke-3 produksi ke-2.....	56
Gambar 4.38 Laju pertumbuhan es kristal pada produksi ke-1.....	57
Gambar 4.39 Laju pertumbuhan es kristal pada produksi ke-2.....	57
Gambar 4.40 Hasil produk es balok kristal produksi ke-1.....	58
Gambar 4.41 Hasil produk es balok kristal produksi ke-2.....	58

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1: Lembar Bimbingan Dosen I
- Lampiran 2: Lembar Bimbingan Dosen II
- Lampiran 3: Data Temperatur Sistem Refrigerasi (produksi ke-1)
- Lampiran 4: Data Temperatur Sistem Refrigerasi (produksi ke-2)
- Lampiran 5: Data Temperatur PCM Bagian Depan, Ice Chamber, dan Lingkungan (produksi ke-1)
- Lampiran 6: Data Temperatur PCM Bagian Belakang, dan Ice Chamber, (produksi ke-1)
- Lampiran 7: Data Temperatur PCM Bagian Depan, Ice Chamber, dan Lingkungan (produksi ke-2)
- Lampiran 8: Data Temperatur PCM Bagian Belakang, dan Ice Chamber, (produksi ke-2)
- Lampiran 8: 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 adalah pulau yang ada di Indonesia yang terkenal dengan pariwisatanya, sehingga banyak sektor yang bergerak di bidang perhotelan. Salah satu industri yang berkembang adalah industri perhotelan. Ada banyak inovasi yang dapat dilakukan untuk memenuhi kebutuhan industri ini, salah satunya adalah penggunaan es balok. Salah satu jenis es balok yang eksklusif adalah es balok kristal. Es balok kristal ini dapat dimanfaatkan sebagai karya seni yang artistik, seperti ice carving, dan juga dapat diolah dengan memotongnya menjadi beberapa bagian kecil untuk disajikan di bar atau restoran sebagai tambahan pada minuman.

Untuk memproduksi es balok kristal yang dibutuhkan oleh industri tersebut maka kita memerlukan yang namanya mesin es balok kristal. Untuk sebelumnya sudah terdapat mesin es balok kristal di Lab Refrigerasi Politeknik Negeri Bali. Akan tetapi produk es balok yang dihasilkan masih belum sesuai dengan kebutuhan industri, yang dimana bentuk dari es balok masih buram dan terdapat corak 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 bak es yang mengalami kebocoran yang mengakibatkan cetakan menjadi membeku hingga mengalami kesulitan ketika mengangkat es balok kristal. Berdasarkan kejadian tersebut, maka diperlukan optimasi konstruksi bagian cetakan es balok.

Setelah itu, mesin es balok kristal ini, akan kita lakukan pengujian kinerja pada konsumsi energi (kWh)/produk (kg) yang dihasilkan. Karena pada pengujian sebelumnya mesin es balok kristal ini pengaplikasian bio-PCMnya belum optimum, sehingga akan kita optimumkan untuk pengaplikasian PCM tersebut. Dari segi tampilan mesin es balok kristal ini juga perlu optimasi konstruksi seperti pengecatan badan mesin.

1.2 Rumusan Masalah

Berlandaskan pada latar belakang yang telah dijabarkan, maka pokok masalah yang dikaji dalam Optimasi konstruksi dan pengujian kinerja mesin es balok kristal bantalan evaporator Bio-PCM ini adalah :

1. Bagaimana optimasi konstruksi mesin es balok kristal bantalan Evaporator Bio-PCM sesuai kebutuhan industri ?
2. Bagaimana kinerja dan kualitas produk pada mesin es balok kristal bantalan Evaporator Bio-PCM setelah dilakukan optimasi ?

1.3 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah di atas, penelitian akan membatasi masalah yaitu:

1. Hanya melakukan optimasi konstruksi pada mesin es balok kristal tipe bantalan evaporator Bio-PCM yang diharapkan industri
2. Hanya melakukan pengujian kinerja konsumsi energi (kWh) dan produk (kg)
3. Tidak melaksanakan pengujian mesin es balok kristal tipe bantalan evaporator tanpa menggunakan teknologi Bio-PCM.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan penulis dalam penulisan Skripsi dengan topik Optimasi konstruksi dan pengujian kinerja mesin es balok kristal bantalan evaporator Bio-PCM yakni terbagi menjadi dua, yakni tujuan khusus dan umum.

1.4.1 Tujuan khusus

Tujuan khusus dari penyusunan skripsi ini yakni antara lain

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

1.4.2 Tujuan umum

Agar dapat memenuhi salah satu persyaratan akademik untuk menuntaskan Pendidikan Sarjana Terapan Prodi Teknologi Rekayasa Utilitas Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

1.5 Manfaat Penelitian

Harapan peneliti yakni agar hasil yang diperoleh melalui penelitian ini mampu menghasilkan manfaat-manfaat yakni bisa memberikan kegunaan dan kontribusi yang optimal. Apabila telah dilakukan dengan sukses, maka akan mampu memberi manfaat, baik secara teoritis maupun praktis, yakni antara lain:

1.5.1 Manfaat teoritis

1. Bisa dimanfaatkan menjadi referensi, pedoman, landasan, dan pengembangan dalam pelaksanaan pengujian terutama terkait dengan bagaimana konstruksi mesin es balok kristal tipe bantalan evaporator Bio-PCM yang diharapkan industri.
2. Mendorong peneliti lainnya agar mampu melakukan pengembangan lebih lanjut pada aspek-aspek yang memerlukan pendalaman pada optimasi konstruksi, pengujian kinerja, serta kualitas produk dari mesin es balok kristal tipe bantalan evaporator Bio-PCM.
3. Bisa menjadi suatu perbandingan dengan sumber-sumber lainnya yang berkaitan dengan konstruksi, kinerja, dan hasil produk dari mesin es balok kristal tipe bantalan evaporator Bio-PCM.

1.5.2 Manfaat praktis

1. Memberikan manfaat kepada peneliti lainnya yang berfokus pada bidang refrigerasi, terutama mesin es, sebagai acuan atau landasan untuk melakukan optimasi dan pengujian kinerja serta hasil produk dari mesin es balok kristal tipe bantalan evaporator Bio-PCM yang sesuai 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 bantalan evaporator Bio-PCM di Perpustakaan Politeknik Negeri Bali yang kedepannya bisa dimanfaatkan menjadi bahan referensi untuk menyusun suatu karya ilmiah.
3. Teruntuk peneliti serta para calon sarjana terapan dapat dijadikan bahan referensi saat melaksanakan optimasi konstruksi serta pengujian kinerja hasil produksi dari mesin es balok kristal tipe bantalan evaporator bio-PCM.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil optimasi konstruksi pada mesin es balok kristal bantalan evaporator 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 di setiap 1 cetakan 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 dengan cetakaan es yang telak dioptimasi sudah tidak mengalami kebocoran, Kemudian untuk 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 pada hasil pengujian dan analisis pada mesin es balok kristal tipe bantalan evaporator dengan teknologi penyimpanan energi berbasis PCM dan daya 2,05 kW, kesimpulan yang dapat diambil yakni antara lain:

1. Temperatur refrigeran keluar dari kompresor dan kondensor selama produksi pertama berkisar antara 40°C hingga 98°C untuk kompresor dan 27°C hingga 37°C untuk kondensor. Sedangkan pada produksi kedua, suhu mencapai 98°C hingga 100°C untuk kompresor dan 29°C hingga 30°C untuk kondensor. Temperatur evaporasi berkisar antara -18°C hingga -29°C.
2. Konsumsi energi mesin pada produksi pertama lebih tinggi dibandingkan dengan produksi kedua. Rata-rata konsumsi daya mesin pada produksi pertama adalah 1,41 kW, sedangkan pada produksi kedua adalah 1,43 kW. Konsumsi energi untuk satu kali produksi secara berurutan yakni 136,26 kWh pada produksi pertama dan 99,53 kWh pada produksi kedua. Selama tes commissioning, daya rata-rata tercatat sebesar 0,03 kW dengan konsumsi energi 36,73 kWh. Efisiensi produksi energi mesin es balok kristal dengan bantalan evaporator bio-PCM meningkat sebesar 26,95% dibandingkan dengan produksi pertama.

5.2 Saran

Beberapa saran yang hendak penulis utarakan mengenai pelaksanaan pengujian serta sejumlah keterbatasan yang dialami, terutama selama pengujian mesin es balok kristal bantalan evaporator Bio-PCM, sampai pada tahapan produksi es balok kristal, yakni antara lain:

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 bantalan evaporator Bio-PCM. Jadi diharapkan cetakan es balok kristal benar-benar menyentuh pipa evaporator tanpa adanya celah.
2. Hasil pengujian menunjukkan Optimasi Kontruksi dan Pengujian Kinerja Mesin Es Balok Kristal sudah optimal bentuk es sudah bening, dengan adanya flow air dari agitator. Tetapi pertumbuhan es yang kurang merata maka perlu adanya optimasi konpigurasi evaporator / optimasi kontruksi evaporator.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, I. 2018. *Konstruksi Dan Manufaktur Optimalisasi Rancangan Mesin Cetak Injeksi. 1(2)*, 22–50. Diakses Pada Tanggal : 5 Januari 2024.
- Asnandar. 2018. *Perbandingan Karakteristik R-22 Dan R-134a. 6(4)*, 5–25. Diakses Pada Tanggal :4 Januari 2024.
- Agus. 2023 3 Fungsi Filter Dryer Pada Sistem Ac Terdapat Pada Link : <https://images.app.goo.gl/Geiqmyphnbr474qu6>. Diakses Pada Tanggal : 4 Januari 2024.
- Benerin. 2021 Pengertian Kondensor Ac Serta Fungsinya Terdapat Pada Link : <https://images.app.goo.gl/8yrhf8pqmbyylzlj9>. Diakses Pada Tanggal : 5 Januari 2024.
- Bina Indojoya. 2021 Bagaimana Cara Kerja Kompresor Kulkas? Terdapat Pada Link : <https://images.app.goo.gl/K1q2lajueogvfkyk6>. Diakses Pada Tanggal :7 Januari 2024.
- Catatan Teknik. 2018 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap (Srku) Terdapat Pada Link : <https://images.app.goo.gl/2bo255wiopufq5tt8>. Diakses Pada Tanggal :6 Januari 2024.
- Darma, N. 2023. *Pengujian Kinerja Mesin Es Balok Kristal Tipe Cetakan Celup Dengan Teknologi Penyimpanan Energi Berbasis Pcm*. Diakses Pada Tanggal : 7 Januari 2024.
- Dharma. 2024 Informasi Seputar Freon R404a, Dari Kandungan Hingga Tekanannya Terdapat Pada Link : <https://images.app.goo.gl/Unwnt8mpmw4pdxe39>. Diakses Pada Tanggal :4 Januari 2024.
- Dharma, Sunu, Subagia, S. 2023. *Pengujian Kinerja Mesin Es Balok Kristal Tipe Cetakan Celup Dengan Teknologi Penyimpanan Energi Berbasis Pcm*. Diakses Pada Tanggal : 5 Januari 2024.
- Evans. 2017 Katup Ekspansi Thermostatik Danfos Katup Ekspansi Thermostatiktipe T 2 Dan Te 2 Untuk Ac Terdapat Pada Link : 5 Januari 2024.
- Faputri, A. F. 2016. Kondisi Operasi Optimal Pada Desain Peralatan. *Jurnal TeknikPatra Akademika, 7(2)*, 17–23. Diakses Pada Tanggal : 7 Januari 2024.
- George, A. 1989. Phase Change Thermal Storage Materials. Guyer C Edisi, McgrawHill Book Co. In Hand Book Of Thermal Design. Diakses Pada Tanggal : 7 Januari 2024

- Bill Whitman, B. J. 2013. Review From : Refrigeration & Air Conditioning Technology 7th Edition. Usa. Diakses Pada Tanggal : 5 Januari 2024.
- Graha Mesin. 2018. Mesin Es Balok : Mesin Pabrik Es Balok Terdapat Pada Link :<https://images.app.goo.gl/6519f4ems9xl3iux5>.
Diakses Pada Tanggal :10 Januari 2024.
- Hermawan. 2012. Blog (Refrigeration And Air Conditioning Systems) *Terdapat Pada Link* :<https://images.app.goo.gl/Epbc2tmpvkxqk6ze6>. Diakses Pada Tanggal : 5 Januari 2024.
- Irama, S. 2018. Analisa Unjuk Kerja Modifikasi Dispenser Menjadi Air Conditioning (Ac) Portabel Yang Menggunakan Freon R-134a Berdasarkan Pada Variasi Putaran Kipas Pada Evaporator Terhadap Suhu Pendinginan Ruangan. *Jurnal Teknik Mesin*, 1(2018), 1–11. Diakses Pada Tanggal : 7 Januari 2024.
- Kepakisan. 2022. Politeknik Negeri Bali. Pengujian Dan Analisa Kinerja Mesin EsBalok Kristal Dengan Bantalan Bio Pcm . Diakses Pada Tanggal : 7 Januari 2024.
- Khoirudin, M. 2019. *Variasi Filter-Drier Terhadap Coefficient Of Performance (COP) Lemari Pendingin 172 Liter Merek Sharp*. <https://lib.unnes.ac.id/36789/>. Diakses Pada Tanggal : 5 Januari 2024.
- Mamun, H. 2020. Kajian Perpindahan Panas Pada Partisi Dinding Yang Mengandung Material Berubah Fasa Berpa Parafin Untuk Aplikasi Ruang Sejuk. *Energy For Sustainable Development: Demand, Supply, Conversion And Management*, 1–14. Diakses Pada Tanggal : 7 Januari 2024.
- Mamun, & Hasanuzzaman. 2020. Energy For Sustainable Development: Demand,Supply, Conversion And Management. *Energy For Sustainable Development: Demand, Supply, Conversion And Management*, 1–14. Diakses Pada Tanggal : 5 Januari 2024.
- Pudjiastuti, W. 2011. Jenis Jenis Bahan Berubah Fasa Dan Aplikasi Nya. *Jurnal Kimia Kemasan*. 33 (123). Diakses Pada Tanggal : 7 Januari 2024.
- Panjaitan, P., & Prasetya, A. 2017. Pengaruh Social Media Terhadap ProduktivitasKerja Generasi Millennial (Studi Pada Karyawan Pt. Angkasa Pura I Cabang Bandara Internasional Juanda). *Jurnal Administrasi Bisnis (Jab)/Vol*, 48(1), 173–180. Diakses Pada Tanggal : 5 Januari 2024.
- Sari, Kurniawan, Arianto, S. 2017. Sistem Pengolahan Data Produksi Dan Penjualan Es Balok Pada Upt Ppi Kota Dumai. *Informatika, Manajemen DanKomputer*, 9(2), 51–59. Diakses Pada Tanggal : 7 Januari 2024.
- Saski, E., & Sugiarto, T. 2014. Perbandingan Efek Pendinginan Dan Performa Air Conditioner Mobil Yang Menggunakan Accumulator Dengan Air Conditioner Mobil Yang Menggunakan Receiver Dryer. *Automotive*

- Engineering Education Journal*, 3(4), 1–8. Diakses Pada Tanggal : 5 Januari 2024.
- Saulina, H. 2009. *Pengendalian Mutu Pada Proses Pembekuan Udang Menggunakan Spc Di Pt Lola Mina Jakarta Utara*. Diakses Pada Tanggal : 10 Januari 2024.
- Satria. 2023. Pengujian Kinerja Mesin Es Balok Kristal Tipe cetakan Celup Dengan Teknologi Penyimpanan Energi Berbasis Pcm. Politeknik Negeri Bali, Badung – Bali. Diakses Pada Tanggal : 5 Januari 2024.
- Studi, P., Terapan, S., Utilitas, T. R., Mesin, J. T., & Bali, P. N. (2022). *Pengembangan Rancangan Mesin Es Balok Pengembangan Rancangan Mesin Es Balok*. Diakses Pada Tanggal : 10 Januari 2024.
- 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. Diakses Pada Tanggal : 10 Januari 2024.
- Sumantra, dan Suamir. 2016. *Sistem Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Denpasar. Diakses Pada Tanggal : 5 Januari 2024.
- Subiantoro, R. 2016. *Kinerja Pendinginan Pada Refrigerasi Kompak Dengan Narrow Gap Evaporator Dan Kompresor DC Mikro*. 2, 1–8. <https://core.ac.uk/download/pdf/324166367.pdf>. Diakses Pada Tanggal : 15 Januari 2024.
- Sdi. 2022. Pompa Aquarium, Cara Kerja Hingga Perawatannya Terdapat Pada Link : <https://Images.App.Goo.Gl/T9wyzkb9n4tpffgj7> . Diakses Pada Tanggal : 10 Januari 2024.
- Shutterstock 2023. 3 Phase transformations involving solid, liquid and gas. Melting <https://images.app.goo.gl/o6XNueh5i132kTg99>. Diakses Pada Tanggal : 8 Januari 2024.
- Thaselina. 2018 Pecinta Es Wajib Tahu, Bahaya Di Balik Konsumsi Es Balok Terdapat Pada Link : <https://Images.App.Goo.Gl/Eh5bcz7cxhv19m416>. Diakses Pada Tanggal : 5 Januari 2024.
- Wibowo, P. A., & Tomi, A. 2021. Perancangan Sistem Informasi Operating Time Mesin Secara Real Time. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 13(1), 1. <https://doi.org/10.22441/oe.2021.v13.i1.001>. Diakses Pada Tanggal : 10 Januari 2024.
- Yana, I., Suamir, I. N., & Midiani, L. P. I. 2022. Analisa Komparasi Kinerja Mesin Es Balok Kristal Dengan dan Tanpa Bantalan Bio-PCM. *Repository Politeknik Negeri ...*, 1–8. Diakses Pada Tanggal : 5 Januari 2024.

Yunus, M. Y., & Firman, F. 2019. Pengaruh Agitator Terhadap Penurunan Temperatur Air Buangan Pada Waste Water Pit Sistem Pltu. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M), 2019*, 107– 111. Diakses Pada Tanggal : 5 Januari 2024.