

**SKRIPSI**

**PENGUJIAN DAN ANALISA KINERJA MESIN ES  
BALOK KRISTAL DENGAN BANTALAN BIO-PCM**



**POLITEKNIK NEGERI BALI**

Oleh

**A.A.NGR DWI INDRA PUTRA KEPAKISAN**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI  
REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI BALI**

**2022**

**SKRIPSI**

**PENGUJIAN DAN ANALISA KINERJA MESIN ES  
BALOK KRISTAL DENGAN BANTALAN BIO-PCM**



**POLITEKNIK NEGERI BALI**

Oleh

**A.A.NGR DWI INDRA PUTRA KEPAKISAN**

NIM: 1815234003

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI  
REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI BALI**

**2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGUJIAN DAN ANALISA KINERJA MESIN ES BALOK KRISTAL DENGAN BANTALAN BIO-PCM

Oleh

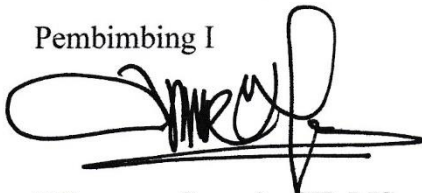
**A.A.NFR DWI INDRA PUTRA KEPAKISAN**

NIM: 1815234003

Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Pendidikan Program Studi  
sarjana terapan pada Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Bali

Disetujui oleh:

Pembimbing I



**I Nyoman Suamir, ST, MSc, PhD**  
NIP: 196503251991031002

Pembimbing II



**Ir. I Putu Sastra Negara, MSi**  
NIP: 196605041994031003

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Dr. Ir. I Gede Santosa. MErg**  
NIP: 196609241993031003

## LEMBAR PERSETUJUAN

### PENGUJIAN DAN ANALISA KINERJA MESIN ES BALOK KRISTAL DENGAN BANTALAN BIO-PCM

Oleh:

**A.A.NGR DWI INDRA PUTRA KEPAKISAN**  
NIM. 1815234003

Skripsi ini telah dipertahankan di depan tim penguji dan diterima untuk di  
Lanjutkan sebagai Skripsi pada tanggal  
9 September 2022

#### Tim Penguji

Ketua Penguji : I Nengah Ardita, ST, MT  
NIP : 196411301991031004

Penguji I : Dr. Made Ery Arsana, ST, MT  
NIP : 196709181998021001

Penguji II : Ir. I Nyoman Gunung, M.Pd  
NIP : 195905021989031002

#### Tanda/Tangan

(.....)

(.....)

(.....)

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : A.A.Ngr Dwi Indra Putra Kepakisan  
NIM : 1815234003  
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas  
Judul Skripsi : Pengujian dan Analisa kinerja mesin es balok kristal dengan bantalan 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, 28 Agustus 2022



A.A.Ngr Dwi Indra Putra Kepakisan

## 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-1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Ir. I Putu Sastra Negara, MSi 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 yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa demi kelancaran dan kesuksesan dalam menyelesaikan Skripsi ini.
9. Adik tercinta A.A.A Bintang Kartika Dewi yang telah memberikan dukungan serta perhatian kepada penulis.
10. Teman-teman seperjuangan dalam menyelesaikan Skripsi tahun 2022 yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan kepada penulis.

11. Sahabat-sahabat, Putra, sugita, nanda, agus chandra. Terima kasih telah menjadi sahabat terbaik bagi penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan motivasi hingga penulis dapat menyelesaikan buku Skripsi ini.
12. 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, 28 Agustus 2022

A.A.Ngr Dwi Indra Putra Kepakistan

## ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji pengaruh dari bantalan bio-PCM terhadap kinerja energi dan temperatur mesin es balok kristal. Kajian jua mencakup kapasitas produksi dari mesin tersebut. Hasil penelitian menunjukkan kinerja temperatur mesin es balok kristal dengan bantalan Bio-PCM sudah dapat ditentukan. Diperoleh sistem refrigerasi dari mesin es balok kristal beroperasi pada temperatur refrigeran keluar kompresor dan keluar kondensor berada pada kisaran berturut-turut 70-88 °C dan 28-34 °C; temperatur evaporasi -18 °C pada operasi tanpa efek bio-PCM dan sekitar -25 °C sampai dengan -28 °C dengan efek Bio-PCM dan sistem berhasil menjaga temperatur *superheat* pada refrigeran masuk kompresor sekitar 12 °C. Sedangkan konsumsi energi mesin es balok kristal dengan efek bantalan bio-PCM relatif lebih rendah dibandingkan dengan tanpa efek Bio-PCM.

Kapasitas produksi ini kalau dibandingkan dengan hasil perancangan dan simulasi termodinamik sangat jauh lebih rendah. Berdasarkan hasil perancangan dan simulasi termodinamik kapasitas produksi es balok kristal yang mampu dihasilkan adalah 215,02 kg dengan waktu produksi 15,6 jam atau setara dengan 0,331 ton es per hari. Perbedaan ini disebabkan oleh karena, dalam perancangan belum memperhitungkan arah heat transfer hanya dari satu sisi bidang perpindahan panas.

Pada penelitian ini konsumsi daya rata-rata dari mesin es balok kristal adalah 1,90 kW dengan waktu operasi 96 jam dan diperoleh konsumsi energi dalam satu kali produksi adalah sebesar 143,6 kWh. Dari aspek kapasitas produksi, es balok kristal mampu memproduksi seberat 215 kg es balok kristal dalam waktu 4 hari atau sekitar 54 kg per hari.

**Kata kunci** : kinerja temperatur dan energi, mesin es balok kristal, bantalan bio-PCM



## **TESTING AND ANALYSIS ON ENERGY PERFORMANCE OF CRYSTAL CLEAR BLOCK ICE MACHINE WITH BIO-PCM PACKAGE**

### **ABSTRACT**

*This study examines the effect of bio-PCM package on the energy performance and temperature of the block ice machine. The study also includes the production capacity of the machine. The results showed that the temperature performance of the crystal block ice machine with Bio-PCM bearings could be determined. The refrigeration system obtained from the crystal block ice machine operates at the temperature of the refrigerant leaving the compressor and leaving the condenser in the range of 70-88 °C and 28-34 °C, respectively; the evaporation temperature was -18 °C at operation without bio-PCM effect and around -25 °C to -28 °C with Bio-PCM effect and the system managed to maintain the superheat temperature of the refrigerant entering the compressor at around 12 °C. Meanwhile, the energy consumption of ice block machine with bio-PCM bearing effect is relatively lower than without Bio-PCM effect.*

*In this study, the average power consumption of the crystal block ice machine is 1.90 kW with an operating time of 96 hours and the energy consumption in one production is 143.6 kWh. From the aspect of production capacity, crystal block ice is capable of producing 215 kg of crystal block ice in 4 days or about 54 kg per day.*

*This production capacity when compared with the results of the design and thermodynamic simulation is very much lower. Based on the results of the design and thermodynamic simulation, the production capacity of crystal block ice that can be produced is 215.02 kg with a production time of 15.6 hours or the equivalent of 0.331 tons of ice per day. This difference is due to the fact that the design has not taken into account the direction of heat transfer only from one side of the heat transfer plane.*

**Keywords:** *temperature and energy performance, crystal clear block ice machine, bio-PCM package*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul Pengujian dan Analisa mesin es balok kristal dengan Bantalan 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 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, 28 Agustus 2022

A.A.Ngr Dwi Indra Putra Kepakisan

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	ii
Pengesahan Oleh Pembimbing.....	iii
Pernyataan Bebas Plagiat .....	v
Ucapan Terima Kasih.....	vi
Abstrak .....	viii
Abstract .....	ix
Kata Pengantar .....	viii
Daftar Isi.....	xi
Daftar Gambar.....	xiv
Daftar Tabel .....	xvi
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 .....	2
1.4.1 Tujuan umum .....	2
1.4.2 Tujuan khusus .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.5.1 Bagi penulis .....	3
1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali .....	3
1.5.3 Bagi masyarakat.....	3
<b>BAB II DASAR TEORI.....</b>	<b>4</b>
2.1 Pengertian Refrigrasi.....	4
2.2 Komponen Utama Siklus Kompresi Uap .....	4
2.2.1 Komponen utama.....	5
2.2.2 Komponen bantu.....	7
2.3 Refrigeran .....	8

2.3.1	Refrigeran primer .....	8
2.3.2	Refrigeran sekunder .....	8
2.4	Komponen Siklus Kompresi Uap .....	8
2.5	Phase Change Material.....	11
2.5.1	PCM organik .....	11
2.5.2	PCM anorganik .....	12
2.5.3	PCM kombinasi.....	13
2.6	Mesin Es Balok Kristal Dengan Bantalan Bio-PCM.....	13
2.7	Aplikasi PCM .....	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>16</b>
3.1	Jenis Penelitian .....	16
3.2	Alur Penelitian .....	17
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian .....	18
3.4	Penentuan Sumber Data.....	18
3.5	Sumber Daya Penelitian .....	19
3.6	Instumental Penelitian .....	19
3.7	Alat Ukur .....	22
3.8	Prosedur Penelitian .....	21
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>24</b>
4.1	Hasil Penelitian.....	24
4.1.1	Kinerja <i>temperature</i> mesin es balok kristal dengan bio-pcm .....	25
4.1.2	Kinerja energi mesin es balok kristal.....	28
4.1.3	Kapasitas produksi mesin es balok kristal dengan bantalan bio-pcm.....	33
4.2	Pembahasan .....	34
4.2.1	Kinerja temperatur .....	34
4.2.2	Kinerja energi .....	34
4.2.3	Kapasitas energi mesin es balok .....	35
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>36</b>
5.1	Kesimpulan .....	36

5.2	Saran .....	37
	Daftar Pustaka .....	38
	<b>Lampiran - Lampiran</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kompresor .....	5
Gambar 2.2 Kondensor .....	5
Gambar 2.3 Alat Ekspansi .....	6
Gambar 2.4 Evaporator.....	6
Gambar 2.5 Filter <i>dryer</i> .....	7
Gambar 2.6 Akumulator .....	7
<b>Gambar 2.7</b> Fan motor.....	9
Gambar 2.8 Gambar skematis siklus refrigrasi kompresi uap .....	10
Gambar 2.9 Gambar siklus refrigrasi termasuk perubahan tekanannya.....	11
<b>Gambar 3.1</b> Gambar mesin es balok kristal.....	17
<b>Gambar 3.2</b> Diagram alur penelitian .....	18
<b>Gambar 3.3</b> Peta lokasi penelitian .....	19
<b>Gambar 3.4</b> Tang amper .....	21
<b>Gambar 3.5</b> Thermokopel.....	22
<b>Gambar 3.6</b> <i>Stop watch</i> .....	22
<b>Gambar 4.1</b> Temperatur refrigerant keluar evaporator ( $T_1$ ) selama proses produksi es kristal.....	25
<b>Gambar 4.2</b> Temperatur refrigerant masuk evaporator .....	25
<b>Gambar 4.3</b> Temperatur refrigeran keluar kompresor selama proses produksi es balok kristal.....	26
<b>Gambar 4.4</b> Temperatur refrigerant keluar kondensor selama proses produksi es balok kristal.....	26
<b>Gambar 4.5</b> Temperatur ruang produksi es balok dan temperatur lingkungan.....	27
<b>Gambar 4.6</b> Temperatur bio-pcm pada berbagai posisi di sekitar bantalan evaporator .....	28
<b>Gambar 4.7</b> Variasi daya mesin es balok kristal selama proses produksi .....	29
<b>Gambar 4.8</b> Variasi daya mesin es balok kristal pada hari ke-1.....	29

<b>Gambar 4.9</b>	Variasi daya mesin es balok kristal pada hari ke-2.....	30
<b>Gambar 4.10</b>	Variasi daya mesin es balok kristal pada hari ke-3.....	30
<b>Gambar 4.11</b>	Variasi daya mesin es balok kristal pada hari ke-4.....	31
<b>Gambar 4.12</b>	Variasi daya mesin es balok kristal dengan siklus on-off tanpa efek bio-pcm .....	31
<b>Gambar 4.13</b>	Konsumsi energi mesin es balok selama proses produksi dengan efek bio-pcm.....	32
<b>Gambar 4.14</b>	Konsumsi energi mesin es balok selama proses produksi dengan efek bio-pcm.....	32
<b>Gambar 4.15</b>	Laju pertumbuhan es kristal pada cetakan berbentuk balok horizontal .....	33
<b>Gambar 4.16</b>	Contoh es balok kristal pada penelitian .....	35

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Aplikasi PCM .....	15
Tabel 3.1 Waktu pelaksanaan .....	18



## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1: Lembar Bimbingan Dosen I
- Lampiran 2: Lembar Bimbingan Dosen II
- Lampiran 3: Surat Penerimaan Artikel TRU
- Lampiran 4: Data Konsumsi Daya Mesin Es Balok Kristal
- Lampiran 5: Data Temperatur Sistem Refrigerasi
- Lampiran 6: Data Temperatur PCM dan Temperatur Ruang es

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bisnis penjualan minuman di Indonesia semakin hari semakin diminati. Maraknya para pelaku usaha yang menjual minuman dari skala kecil hingga kelas restoran, menjadikan permintaan es batu juga semakin meningkat. Namun sekarang ini banyak dari para penjual minuman tersebut menggunakan es batu kristal yang sudah berbentuk potongan-potongan seragam (*tube*), bukan es balok yang bentuknya masih besar. Alasannya, es batu kristal ini lebih praktis dan higienis untuk digunakan. Sehingga tidak diperlukan lagi menghancurkan es secara manual. Salah satu ide yang dapat ditawarkan yaitu menambahkan es kristal dengan bentuk – bentuk yang unik atau sesuai selera yang diinginkan pada menu minuman yang akan dijual. Mesin pembuat es kristal yang banyak dipasarkan di kalangan masyarakat umum, hanya dapat memproduksi es dalam bentuk *tube* dan *cube*. Permasalahan inilah yang mendasari perancangan dan pembuatan mesin es balok kristal sebagai salah satu alternatif dalam menghadapi persaingan usaha di bidang minuman. Dengan melihat latar belakang di atas, penelitian ini membuat suatu alat pembuat es balok kristal dengan bentuk sesuai yang diharapkan oleh pelaku usaha. Harapan dari penelitian ini yaitu membantu pelaku usaha kuliner membuat inovasi – inovasi yang baru. Permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah bagaimana rancangan konstruksi dan evaporator mesin es balok kristal serta pemakaian katup ekspansi, daya kompresor, beban pendinginan dan COP pada mesin *crystal ice custom*. Dengan tujuan menghasilkan rancangan konstruksi, rancangan sistem dan *prototype* mesin es balok kristal serta mengetahui performa dari mesin es balok kristal.

Dengan melihat latar belakang di atas, penelitian ini membuat suatu alat pembuat es balok kristal dengan bentuk dan waktu produksi sesuai yang diharapkan oleh pelaku usaha. Harapan dari penelitian ini yaitu membantu pelaku usaha kuliner

membuat inovasi – inovasi yang baru dan cepat dalam pelayanan. Permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah bagaimana rancangan konstruksi dan evaporator mesin es balok kristal serta pemakaian katup ekspansi, daya kompresor, beban pendinginan, COP pada mesin es balok kristal dan kinerja bio – PCM. Dengan tujuan menghasilkan rancangan konstruksi mesin es balok kristal yang dapat memproduksi lebih cepat dengan mengkonsumsi daya yang efisien.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari latar belakang di atas maka permasalahan yang akan dibahas dalam analisa mesin es balok kristal dengan bantalan Bio – PCM:

1. Bagaimana temperatur mesin es balok kristal dengan menggunakan bantalan bio-PCM?
2. Bagaimana kinerja energi mesin es balok kristal dengan menggunakan bantalan bio-PCM?
3. Bagaimana produktivitas mesin es balok kristal dengan bantalan bio-PCM?

## **1.3 Batasan Masalah**

Dalam tugas akhir ini penulis memberi batasan masalah pada pembahasan penempatan Bio – PCM yang terintegrasi pada evaporator mesin es balok kristal yang diuji pada simulasi mesin es balok kristal.

## **1.4 Tujuan**

Tujuan yang penulis harapkan dari penyusunan skripsi yang bertemakan kajian penempatan Bio – PCM pada evaporator terhadap kinerja mesin es balok kristal dan penggunaan energinya

### **1.4.1 Tujuan umum**

Adapun tujuan umum dari pembuatan skripsi ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Untuk memenuhi salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Prodi 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 yang ingin dicapai dari pembuatan skripsi ini adalah sebagai berikut

1. Dapat menentukan temperatur mesin es balok kristal dengan menggunakan bantalan bio-PCM.
2. Dapat menentukan kinerja energi mesin es balok kristal dengan bantalan bio-PCM.
3. Dapat menentukan produktivitas mesin es balok kristal dengan bantalan bio-PCM.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil analisa dari mesin es balok kristal dengan bantalan Bio – 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 analisa ini sebagai sarana untuk menerapkan dan 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 refrigerasi di kemudian hari dan sebagai salah satu pertimbangan untuk dapat dikembangkan lebih lanjut.

### **1.5.3 Bagi masyarakat**

Adapun manfaat dari mesin es balok kristal dengan bantalan Bio – PCM ini adalah untuk membantu para pedagang kecil untuk memenuhi es mereka yang tidak terlalu besar, dan juga para nelayan untuk mengawetkan ikan hasil tangkapannya.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil-hasil pengujian dan analisa pada mesin es balok kristal beserta produksinya dengan kapasitas daya sistem refrigerasi 2,05 kW dan bantalan Bio-PCM pada evaporatornya dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kinerja temperatur mesin es balok kristal dengan bantalan Bio-PCM sudah dapat ditentukan. Dengan cara mencari rata-rata data mesin es balok kristal di program *exle* diperoleh sistem refrigerasi dari mesin es balok kristal beroperasi pada temperatur refrigeran keluar kompresor dan keluar kondensor berada pada kisaran berturut-turut 70-88 °C dan 28-34 °C; temperatur evaporasi -18 °C pada operasi tanpa efek bio-PCM dan sekitar -25 °C sampai dengan -28 °C dengan efek Bio-PCM dan sistem berhasil menjaga temperatur superheat pada refrigeran masuk kompresor sekitar 12 °C. Temperatur Bio-PCM pada pengujian ini belum semuanya mencapai titik beku, sehingga fungsi Bio-PCM dalam pengujian ini belum optimal.
2. Kinerja energi mesin es balok kristal dengan efek bantalan bio-PCM relatif lebih rendah dibandingkan dengan tanpa efek Bio-PCM. Pada penelitian ini konsumsi daya rata-rata dari mesin es balok kristal adalah 1,90 kW dengan waktu operasi 96 jam dan diperoleh konsumsi energi dalam satu kali produksi adalah sebesar 143,6 kWh.
3. Kapasitas produksi es balok kristal seberat 215 kg dalam waktu 4 hari atau sekitar 54 kg per hari. Kapasitas produksi ini kalau dibandingkan dengan hasil perancangan dan simulasi termodinamik sangat jauh lebih rendah. Berdasarkan hasil perancangan dan simulasi termodinamik kapasitas produksi es balok kristal yang mampu dihasilkan adalah 215,02 kg dengan waktu produksi 15,6 jam atau setara dengan 0,331 ton es per hari. Perbedaan ini disebabkan oleh karena, dalam perancangan belum memperhitungkan arah heat transfer hanya dari satu sisi bidang perpindahan panas.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang penulis ingin sampaikan berkenaan dengan proses pengujian dan beberapa kendala yang dihadapi khususnya dalam proses pembuatan komponen mesin es, dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Bantalan evaporator dengan Bio-PCM terbuat dari bahan *stainless steel*, dan proses pembuatannya di luar kampus. Sering menjadi kendala terutama dalam waktu produksi, dimana sangat tergantung dari bengkelnya.. Keterlambatan bisa terjadi dan akhirnya menyebabkan keterlambatan dalam pengujian. Sangat perlu kalau kampus PNB memiliki kemampuan untuk memproduksi komponen mesin berbasis *stainless steel*.
2. Hasil pengujian menunjukkan, bantalan Bio-PCM belum sepenuhnya mengalami proses pembekuan sehingga fungsi dari bio-PCM belum optimal. Untuk itu sangat perlu terus dilakukan pengujian dan penyetelan thermostat sampai diperoleh operasi yang optimum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ajiwiguna, T. A. (2017). *Katup Ekspansi (Expansion Valve)*. Retrieved from T-LabRenewable energy and thermal system: <http://catatan-teknik.blogspot.com/2017/09/katup-ekspansi-expansion-valve.html>. Diakses pada tanggal 3 Desember 2021
- Belajar, A. M. (2022). *Fungsi Termokopel | Salah Satu Alat Untuk Mengukur Temperatur*. Retrieved from Aku Mau Belajar Tempatnya Ilmu yang Bermanfaat Dunia Akhirat: <https://akumaubelajar.com/ilmu-pendidikan/fungsi-termokopel/>. Diakses pada tanggal 13 Januari 2022
- Bintaro, R. (2021). *KONDENSOR TOYOTA AVANZA DENSO*. Retrieved from Tokopedia: <https://www.tokopedia.com/rotarybintaro/kondensor-toyota-avanza-denso>. Diakses pada tanggal 3 Desember 2021
- Center, M. E. (2022). *Stopwatch Casio HS70W - Alat Pengukur Waktu Stop Watch Casio HS-70W*. Retrieved from bibli.com: <https://www.bibli.com/p/stopwatch-casio-hs70w-alat-pengukur-waktu-stop-watch-casio-hs-70w/ps--MYE-60023-00186>. Diakses pada tanggal 13 Januari 2022
- Era, S. (2020). *FILTER DRIER*. Retrieved from Surya Era. AC & Refrigeration Spare Parts: <https://suryaera.com/produk-promo/filter-drier>. Diakses pada tanggal 13 Januari 2022
- Fathurohman, A. (2015). *Kompresor Semihermetik dan Kompresor Hermetik*. Retrieved from <http://linasundaritermodinamika.blogspot.com/>: <http://linasundaritermodinamika.blogspot.com/2015/04/kompresor-semihermetik-dan-kompresor.html>. Diakses pada tanggal 3 Desember 2021
- 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 3 Desember 2021
- Gununges13. (2013). *Accumulator*. Retrieved from GUNUNGES13 COOLING EQUIPMENT: <https://ges13.com/product/accumulator-sa-series/>. Diakses pada tanggal 13 Januari 2022



- himawantriraharjo. (2013). *Pengertian Kondensor / Kondenser*. Retrieved from Mechanical Engineering Kalimantan: <http://himawantriraharjo.blogspot.com/2013/03/pengertian-kondensor-kondenser.html>. Diakses pada tanggal 3 Desember 2021
- Inc, G. (2022). *Politeknik Negeri Bali*. Retrieved from GoogleMaps: <https://www.google.com/maps/place/Bali+State+Polytechnic/@-8.7991152,115.1594973,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x2dd244c13ee9d753:0x6c05042449b50f8118m2!3d-8.7991152!4d115.161686>. Diakses pada tanggal 13 Januari 2022
- Kho, D. (2020). *Cara Menggunakan Tang Ampere (Clamp Meter) dan Prinsip Kerjanya*. Retrieved from Teknik Leketronika: <https://teknikelektronika.com/cara-menggunakan-tang-ampere-clamp-meter-prinsip-kerja/>. Diakses pada tanggal 13 Januari 2022
- Kho, D. (2020). *Pengertian Termokopel (Thermocouple) dan Prinsip Kerjanya*. Retrieved from Teknik Elektronika: <https://teknikelektronika.com/pengertian-termokopel-thermocouple-dan-prinsip-kerjanya/>. Diakses pada tanggal 10 Januari 2022
- Kurai, U. . (2013). *Jenis - jenis kompresor*. Retrieved from Moses Mico Blog: <http://mosesgan.blogspot.com/2013/09/jenis-jenis-kompresor.html>. Diakses pada tanggal 3 Desember 2021
- 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-air-cond.html>. Diakses pada tanggal 13 Januari 2022
- Pudjiastuti, W. (2011). *JENIS-JENIS BAHAN BERUBAH FASA DAN APLIKASINYA*. *J. Kimia Kemasan, Vol. 33*, 118 - 123.
- Rasta, I.M. and Suamir, I.N. (2018). The role of vegetable oil in water based phase change materials for medium temperature refrigeration. *Journal of Energy Storage*, 15, 368–378.
- Restoration, L. M. (2021). *1982-86 MUSTANG AIR CONDITIONER (A/C) EVAPORATOR CORE*. Retrieved from Late Model Restoration: <https://lmr.com/item/LRS->

19860A/82-86-Mustang-Air-Conditioner-A-C- Evaporator-Core. Diakses pada tanggal 3 Desember 2021

Shanghai KUB Refrigeration Equipment Co., L. (2012). *Katup Ekspansi Pendingin Kulkas TEX5*. Retrieved from Alibaba.com: <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/tex5-refrigerator-chiller-expansion-valve-60111915176.html>. Diakses pada tanggal 3 Desember 2021

Sharma, A. V. (2009). Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and Sustainable Energy Review* 13, 318 - 34

Snastools. (2018). *tang ampere digital / digital clamp meter FLUKE 305 1000A*. Retrieved from Tokopedia: <https://www.tokopedia.com/sanstechtools/tang-ampere-digital-digital-clamp-meter-fluke-305-1000a>. Diakses pada tanggal 13 Januari 2022

Solli Dwi Murtyas, S. N. (2018). PEMODELAN PHASE CHANGE MATERIALS PADA DISTRIBUSI TERMAL. *Journal of Mechanical Engineering, Vol.2, 2*.

Verstef. 2018. Komponen bagian mesin es kristal. <http://www.mesin-es-kristal.com/2018/04/bengkel-mesin-es-vestref.html>. diakses pada tanggal 6 februari 2022.

Wahyudi, A. (2019). *SISTEM PENDINGIN*. Retrieved from TPTUMETRO: <https://www.tptumetro.com/2019/01/sistem-pendingin.html>. Diakses pada tanggal 3 Desember 2021

Wordpress (2021). Mesin Pendingin Siklus Kompresi Uap. <https://gregoriusagung.wordpress.com/2010/12/11/mesin-pendingin-siklus-kompresi-uap>. Diakses pada tanggal 28 juli 2022.