

PROYEK AKHIR

**RANCANG BANGUN ENKAPSULASI DAN STRATEGI
PENEMPATAN BIO-PCM *CHEST FREEZER***



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I NYOMAN GEDE YUDHA DARMANA PUTRA

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK PENDINGIN
DAN TATA UDARA**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2023**

PROYEK AKHIR

RANCANG BANGUN ENKAPSULASI DAN STRATEGI PENEMPATAN BIO-PCM *CHEST FREEZER*



Oleh

I NYOMAN GEDE YUDHA DARMANA PUTRA
NIM. 1915223029

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK PENDINGIN
DAN TATA UDARA**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN ENKAPSULASI DAN STRATEGI PENEMPATAN BIO-PCM CHEST FREEZER

Oleh

I NYOMAN GEDE YUDHA DARMANA PUTRA
NIM. 1915223029

Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan
Program D3 pada Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Bali

Disetujui oleh :

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Nyoman Sugiarta, S.T., M.Eng., M.Si.
NIP. 197010261997021001



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

LEMBAR PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN ENKAPSULASI DAN STRATEGI PENEMPATAN BIO-PCM *CHEST FREEZER*

Oleh

I NYOMAN GEDE YUDHA DARMANA PUTRA
NIM. 1915223029

Proyek Akhir ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima untuk
dapat dicetak sebagai Buku Proyek Akhir pada hari/tanggal :
Selasa / 22 Agustus 2023

Tim Penguji

Ketua Penguji : I Nengah Arditia, S.T., M.T.

NIP : 196411301991031004

Penguji I : Ir. I Wayan Adi Subagia, M.T.

NIP : 196211241990031001

Penguji II : I Nyoman Suparta, S.T., M.T.

NIP : 196312311992011001

Tanda Tangan



()
- 20/08/23



()

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : I Nyoman Gede Yudha Darmana Putra
NIM : 1915223029
Program Studi : D3 Teknik Pendingin Dan Tata Udara
Judul Proyek Akhir : Rancang Bangun Enkapsulasi dan Strategi Penempatan Bio-PCM *Chest Freezer*

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Buku Proyek Akhir ini bebas plagiat. Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam Buku Proyek Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai Peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan perundang – undangan yang berlaku.

Badung, 22 Agustus 2023
Yang membuat pernyataan



I Nyoman Gede Yudha Darmana Putra
NIM. 1915223029

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Buku Proyek Akhir 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, S.E., Me.Com., 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, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Ir. I Wayan Adi Subagia, M.T., selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Pendingin dan Tata Udara
5. Bapak Dr. Ir. I Made Rasta, M.Si., selaku dosen pembimbing-1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Buku Proyek Akhir ini dapat terselesaikan.
6. Bapak Nyoman Sugiarta, S.T., M.Eng., M.Si 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 Proyek Akhir ini.
8. Kedua orang tua tercinta yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa demi kelancaran dan kesuksesan dalam penyelesaian Proyek Akhir ini.
9. Kemudian terima kasih banyak untuk kakak tercinta Sri Dharma Yanti dan Ayu Purnamasari yang telah memberikan dukungan serta perhatian kepada penulis.
10. Teman-teman seperjuangan dalam myelesaikan Proyek Akhir tahun 2020 yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan kepada penulis.
11. Sahabat-sahabat, I Gede Eka Pernanda Saputra, I Gede Wahyu Aditya Putra, I Kadek Ady Wiranata, I Wayan Anik Junaedy, Made Widiarsana, dan I Made Yuda Kusuma terima kasih telah menjadi sahabat terbaik bagi penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, motivasi, serta doa hingga penulis dapat menyelesaikan Buku Proyek Akhir ini.

12. Serta masih banyak lagi pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian Proyek Akhir yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan.

Semoga Buku Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya, peneliti atau penulis, dan khususnya kepada civitas akademik Politeknik Negeri Bali.

Badung, 22 Agustus 2023

I Nyoman Gede Yudha Darmana Putra

ABSTRAK

Meminimalisir kebutuhan akan energi listrik dari mesin refrigerasi menjadi salah satu prioritas kedepannya. Salah satu cara yang dapat diaplikasikan untuk mengurangi kebutuhan energi listrik khususnya di Indonesia yaitu dengan menggeser beban pendinginan yang terjadi pada saat waktu beban puncak menjadi diluar waktu beban puncak. Untuk menggeser beban pendinginan tersebut maka perlu adanya pemanfaatan *thermal energy storage* (TES) dengan menggunakan *phase change material* (PCM) sebagai *latent heat storage* (LHS).

Jenis penelitian ini adalah modifikasi atau memperbaiki sistem yang sudah ada. Modifikasi dilakukan pada *chest freezer* kapasitas 220 liter dengan membuat baru komponen evaporator yang dilengkapi dengan kontainer enkapsulasi bio-PCM dimana evaporator menempel pada dinding luar kontainer enkapsulasi bertujuan untuk memaksimalkan penyerapan kalor dari produk dalam kabin *chest freezer* dan memaksimalkan penyimpanan energi *latent heat storage* pada kontainer enkapsulasi bio-PCM. Material yang akan digunakan untuk pembuatan evaporator dan enkapsulasi adalah *stainless steel*. Evaporator terbuat dari pipa *stainless steel* dengan diameter dan panjang dari pipa tersebut mengikuti ukuran evaporator yang ada pada *chest freezer* kapasitas 220 liter yang akan dimodifikasi.

Hasil dari penelitian ini mencakup : perencanaan modifikasi, pembuatan kontainer enkapsulasi *chest freezer* dari plat *stainless steel*, pembuatan evaporator, dan strategi penempatan bio-PCM di dalam enkapsulasi. Dengan penambahan bio-PCM pada *chest freezer*, terdapat penerunan konsumsi energi atau adanya efisiensi energi. Pada *chest freezer* dengan bio-PCM pada *setting* termostat -23 °C ~ -27 °C efisiensi energinya sebesar 4,92% dan pada *chest freezer* dengan bio-PCM pada *setting* termostat -18 °C ~ -22 °C efisiensi energinya sebesar 21,74%.

Kata kunci: *chest freezer, enkapsulasi, evaporator, bio-PCM, dan konsumsi energi.*

ENCAPSULATION DESIGN AND PLACEMENT STRATEGY OF BIO-PCM CHEST FREEZER

ABSTRACT

Minimizing the need for electrical energy from refrigeration machines is one of the priorities going forward. One way that can be applied to reduce the need for electrical energy, especially in Indonesia, is by shifting the cooling load that occurs during peak load times to outside of peak load times. To shift the cooling load, it is necessary to utilize thermal energy storage (TES) using phase change material (PCM) as latent heat storage (LHS).

This type of research is a modification or improvement of an existing system. Modifications were made to the chest freezer with a capacity of 220 liters by making a new evaporator component equipped with a bio-PCM encapsulation container where the evaporator is attached to the outer wall of the encapsulation container aiming to maximize heat absorption from the product in the chest freezer cabin and maximize energy storage latent heat storage in the encapsulation container bio-PCM. The material to be used for the manufacture of the evaporator and encapsulation is stainless steel. The evaporator is made of stainless steel pipe with the diameter and length of the pipe following the size of the evaporator in the chest freezer with a capacity of 220 liters which will be modified.

The results of this study include: planning modifications, making chest freezer encapsulation containers from stainless steel plates, making evaporators, and strategies for placing bio-PCM inside the encapsulation. By adding bio-PCM to the chest freezer, there is a reduction in energy consumption or energy efficiency. In a chest freezer with bio-PCM at a thermostat setting of -23 °C ~ -27 °C the energy efficiency is 4.92% and in a chest freezer with bio-PCM at a thermostat setting of -18 °C ~ -22 °C the energy efficiency is 21 .74%.

Keywords: *chest freezer, encapsulation, evaporator, bio-PCM, and energy consumption.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Buku Proyek Akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Enkapsulasi dan Strategi Penempatan Bio-PCM *Chest Freezer*” tepat pada waktunya. Penyusunan Buku Proyek Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk kelulusan program pendidikan pada jenjang Diploma 3 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

Penulis menyadari Buku Proyek Akhir 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, 22 Agustus 2023
I Nyoman Gede Yudha Darmana Putra

DAFTAR ISI

Halaman Judul	ii
Pengesahan oleh Pembimbing	iii
Persetujuan Dosen Penguji	iv
Surat Pernyataan Bebas Plagiat.....	v
Ucapan Terima Kasih.....	vi
Abstrak dalam Bahasa Indonesia	viii
Abstrak dalam Bahasa Inggris	ix
Kata Pengantar	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel	xiv
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Lampiran.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.4.1 Tujuan umum	3
1.4.2 Tujuan khusus	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.5.1 Manfaat bagi penulis	4
1.5.2 Manfaat bagi mahasiswa.....	4
1.5.3 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali.....	4
1.5.4 Manfaat bagi masyarakat	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Rancang Bangun.....	6
2.2 Enkapsulasi.....	6

2.3	Pilihan Bahan Material Enkapsulasi.....	7
2.3.1	Tembaga	7
2.3.2	Aluminium.....	8
2.3.3	<i>Stainless steel</i>	9
2.4	Refrigerasi	9
2.5	Refrigerasi Kompresi Uap	10
2.6	Komponen Utama Sistem Refrigerasi	12
2.6.1	Kompresor	12
2.6.2	Kondensor.....	12
2.6.3	Alat Ekspansi.....	13
2.6.4	Evaporator	13
2.7	Refrigeran	14
2.8	Panas (Kalor)	14
2.9	<i>Thermal Energy Storage</i>	16
2.10	<i>Phase Change Material</i>	16
2.10.1	Klasifikasi <i>phase change material</i>	17
2.10.2	Sifat-sifat <i>phase change material</i>	19
2.10.3	Pengaplikasian <i>phase change material</i> pada <i>chest freezer</i>	20
2.11	Konsumsi Energi	22
BAB III METODE PENELITIAN		23
3.1	Jenis Penelitian	23
3.1.1	<i>Chest freezer</i> kapasitas 220 liter yang masih standar.....	24
3.1.2	Desain <i>chest freezer</i> dengan rancangan enkapsulasi bio-PCM dan evaporator yang sudah dimodifikasi.....	25
3.2	Alur Penelitian.....	28
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	29
3.4	Sumber Daya Penelitian	31
3.5	Instrumen Penelitian.....	32
3.6	Prosedur Penelitian.....	38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil Penelitian	39
4.1.1 Perencanaan enkapsulasi	39
4.1.2 Strategi penempatan bio-PCM <i>chest freezer</i>	43
4.1.3 Perbandingan kapasitas ruang / kabin <i>chest freezer</i> standar dan <i>chest freezer</i> modifikasi	45
4.2 Pemilihan Bahan Enkapsulasi.....	49
4.3 Proses Pembuatan Enkapsulasi	51
4.3.1 Pembuatan kontainer enkapsulasi dari plat <i>stainless steel</i>	51
4.3.2 Alat dan bahan yang digunakan	52
4.4 Proses Pembuatan Evaporator.....	55
4.5 Proses Perakitan Komponen	57
4.6 Proses Penambahan Bio-PCM	60
4.7 Hasil Data Pengujian.....	62
4.8 Konsumsi Energi.....	66
BAB V PENUTUP.....	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pengaplikasian sistem refrigerasi.....	10
Tabel 2.2	Perbandingan PCM organik dengan PCM anorganik.....	19
Tabel 3.1	Waktu pelaksanakan	30
Tabel 3.2	Spesifikasi <i>chest freezer</i> standar	31
Tabel 4.1	Sifat termal bio-PCM, hasil test DSC.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pelat tembaga	8
Gambar 2.2	Pelat aluminium.....	8
Gambar 2.3	Pelat <i>stainless steel</i>	9
Gambar 2.4	Siklus refrigerasi kompresi uap.....	11
Gambar 2.5	Kompresor	12
Gambar 2.6	Kondensor	12
Gambar 2.7	Pipa kapiler.....	13
Gambar 2.8	Evaporator	14
Gambar 2.9	Refrigeran 600a	14
Gambar 2.10	Skema kalor.....	15
Gambar 2.11	Klasifikasi PCM	17
Gambar 3.1	<i>Chest freezer</i> kapasitas 220 liter standar	24
Gambar 3.2	<i>Chest freezer</i> dengan rancangan enkapsulasi dan desain evaporator baru	25
Gambar 3.3	Rancangan enkapsulasi dan evaporator berbahan <i>stainless steel</i>	27
Gambar 3.4	Gambar potongan rancangan enkapsulasi dan pipa evaporator modifikasi	27
Gambar 3.5	Alur penelitian.....	28
Gambar 3.6	Denah Politeknik Negeri Bali.....	29
Gambar 3.7	<i>Chest freezer</i>	31
Gambar 3.8	<i>Autodesk inventor</i>	32
Gambar 3.9	Bending pipa.....	33
Gambar 3.10	Pemotong pipa.....	33
Gambar 3.11	<i>Alat swagging dan flaring</i>	33
Gambar 3.12	Peralatan <i>brazing</i>	34
Gambar 3.13	Mesin las argon	34

Gambar 3.14 <i>Pressure gauge</i>	35
Gambar 3.15 <i>Thermocouple</i>	35
Gambar 3.16 <i>Power analyzer</i>	36
Gambar 3.17 <i>Data logger</i>	36
Gambar 3.18 <i>Computer</i>	37
Gambar 3.19 Tang ampere.....	37
Gambar 4.1 Gambar <i>chest freezer</i> modifikasi.....	39
Gambar 4.2 Desain enkapsulasi <i>chest freezer</i> modifikasi	40
Gambar 4.3 Dimensi enkapsulasi bio-PCM pelat <i>stainless steel</i>	41
Gambar 4.4 Dimensi modifikasi evaporator pipa <i>stainless steel</i>	42
Gambar 4.5 <i>Stainless steel</i>	49
Gambar 4.6 Evaporator pipa <i>stainless steel</i>	50
Gambar 4.7 <i>Thermal image camera</i> dan tampilan evaporator	50
Gambar 4.8 Gambar dimensi enkapsulasi.....	51
Gambar 4.9 Proses pemotongan plat <i>stainless</i>	53
Gambar 4.10 Hasil penekukan plat <i>stainless</i>	54
Gambar 4.11 Proses pengelasan plat <i>stainless</i>	54
Gambar 4.12 Hasil pengelasan.....	54
Gambar 4.13 Tes kebocoran kontainer enkapsulasi.....	55
Gambar 4.14 Alat bending pipa	57
Gambar 4.15 Proses penekukan	57
Gambar 4.16 Hasil penekukan	57
Gambar 4.17 Hasil pemasangan evaporator dengan enkapsulasi.....	58
Gambar 4.18 Pemasangan enkapsulasi dan evaporator di dalam kabin <i>chest freezer</i>	58
Gambar 4.19 Proses pengelasan komponen.....	59
Gambar 4.20 Proses pengelasan pipa ke nepel.....	57
Gambar 4.21 Proses vakum.....	59
Gambar 4.22 Proses pencampuran bio-PCM	61
Gambar 4.23 Proses penuangan bio-PCM	61

Gambar 4.24	Proses penuangan bio-PCM ke enkapsulasi	61
Gambar 4.25	Bio-PCM <i>corn oil</i>	62
Gambar 4.26	Grafik daya kompresor <i>chest freezer</i> tanpa bio-PCM (setingan thermostat -23 °C ~ -27 °C)	62
Gambar 4.27	Grafik temperatur <i>chest freezer</i> tanpa bio-PCM (24 jam) (setingan thermostat -23 °C ~ -27 °C)	63
Gambar 4.28	Grafik daya kompresor <i>chest freezer</i> dengan bio-PCM (setingan thermostat -23 °C ~ -27 °C)	64
Gambar 4.29	Grafik temperatur <i>chest freezer</i> dengan bio-PCM (24 jam) (setingan thermostat -23 °C ~ -27 °C)	64
Gambar 4.30	Grafik daya kompresor <i>chest freezer</i> dengan bio-PCM (setingan thermostat -18 °C ~ -22 °C)	65
Gambar 4.31	Grafik temperatur <i>chest freezer</i> dengan bio-PCM (setingan thermostat -18 °C ~ -22 °C)	66
Gambar 4.32	Grafik konsumsi energi	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Konduktivitas thermal material.....	74
Lampiran 2 : Dokumentasi pemilihan bahan	75
Lampiran 3 : Dokumentasi pembuatan dan perakitan	76
Lampiran 4 : Pencampuran dan penambahan bio-PCM	79
Lampiran 5 : Proses perakitan dan pemasangan alat ukur.....	80
Lampiran 6 : Grafik daya kompresor dan temperatur tanpa bio-PCM	81
Lampiran 7 : Grafik daya kompresor dan temperatur dengan bio-PCM	82
Lampiran 8 : Lembar bimbingan pembimbing 1	83
Lampiran 9 : Lembar bimbingan pembimbing 2	85



POLITEKNIK NEGERI BALI

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era globalisasi sekarang ini teknologi telah mengalami perkembangan begitu pesat, banyak peralatan canggih tercipta yang dalam pengoperasiannya memerlukan energi listrik. Energi listrik merupakan salah satu energi yang paling krusial dan sangat penting. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), konsumsi listrik Indonesia mencapai 1.109 kilowatt jam (kWh) per kapita pada kuartal III 2021. Angka tersebut setara dengan 92,2% dari target yang ditetapkan pada 2021 sebesar 1.203 kWh per kapita. Sejak 2015 konsumsi listrik per kapita Indonesia terus meningkat. Peningkatan tertinggi terjadi pada tahun 2017 sebesar 6,8%, sedangkan peningkatan terendah terjadi pada 2020 sebesar 0,4% (Dihni, 2021).

Dengan meningkatnya kebutuhan dan konsumsi listrik nasional maka berdampak pada peningkatan *greenhouse gas* (GHG) *emission* yang menyebabkan memburuknya kualitas udara dan berdampak buruk terhadap lingkungan. Berdasarkan data dari International Energy Agency (2010), kebutuhan energi global berhubungan dengan GHG *emission* pada tahun 2030 akan menjadi 40% lebih tinggi dari pada tahun 2007. Di sisi lain, Suamir (2012) menjelaskan bahwa sistem refrigerasi bertanggung jawab atas 15% dari konsumsi listrik global maka refrigerasi menjadi salah satu penyumbang GHG *emission* yang cukup tinggi.

Salah satu mesin refrigerasi yang sering dijumpai adalah *freezer*. *Freezer* banyak digunakan sebab memiliki peran penting dalam pengawetan makanan karena temperatur dingin yang dihasilkan oleh *freezer* dapat menghambat pertumbuhan mikroba, perubahan fisik dan kandungan kimia pada produk makanan. Terdapat dua jenis *freezer* yang sering dijumpai yaitu *chest freezer* dan *up right freezer*. Pada operasionalnya *chest freezer* memerlukan beban pendinginan yang fluktuatif dari waktu ke waktu tergantung dengan kondisi lingkungannya. Untuk memenuhi kebutuhan beban pendinginan maksimum, *chest freezer*

umumnya dirancang dengan kapasitas pendinginan lebih besar dari beban pendinginan yang dibutuhkan. Karena beban pendinginan yang fluktuatif, kinerja sistem *chest freezer* menjadi tidak efektif akibat dari seringnya terjadi hidup-mati sistem selama operasional, sehingga akan memerlukan konsumsi energi yang lebih.

Untuk menghemat penggunaan energi dapat dilakukan dengan mengaplikasikan TES (*thermal energy storage*) teknologi yang menggunakan material PCM (*phase change material*). PCM mampu meningkatkan efisiensi penghematan energi serta mengurangi ketidaksesuaian antara persediaan dan permintaan energi. TES merupakan teknik untuk menyimpan energi termal ekstra dengan menggunakan berbagai teknologi-teknologi yang dapat mengakomodasi jangkauan yang bervariasi pada keperluan penyimpanan energi yang dapat digunakan di masa depan. Terdapat 3 cara dalam melakukan penyimpanan energi termal, yaitu: *thermochemical energy storage*, *sensible heat storage*, dan *latent heat storage*. Dimana PCM ini termasuk jenis *latent heat storage* (LHS) yang menyediakan kemampuan penyimpanan termal yang lebih besar pada keadaan *isothermal* dengan jangkauan temperatur yang terbatas dan ukuran yang kecil (Saputra, 2020).

Meminimalisir kebutuhan akan energi listrik dari mesin refrigerasi akan menjadi salah satu prioritas kedepannya. Salah satu cara yang dapat diaplikasikan untuk mengurangi kebutuhan konsumsi energi listrik khususnya di Indonesia yaitu dengan menggeser beban pendinginan yang terjadi pada saat waktu beban puncak menjadi di luar waktu beban puncak. Untuk menggeser beban pendinginan tersebut maka perlu adanya pemanfaatan TES dengan menggunakan PCM sebagai LHS.

Berdasarkan penjabaran tersebut, maka dilakukan penelitian pada sebuah mesin refrigerasi yaitu *chest freezer* yang akan dimodifikasi dengan penambahan teknologi TES di dalam box kabin untuk memperoleh efisiensi energi listrik mesin refrigerasi. Dimana teknologi TES yang digunakan yaitu berbasis bio-PCM dan tentunya memerlukan bahan penyalut (enkapsulasi). Oleh karena itu, dalam penelitian ini perlu dilakukan sebuah rancangan bangun wadah atau tempat dari bio-PCM yang akan di tempatkan dalam box kabin *chest freezer*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka adapun permasalahan yang dibahas pada proposal proyek akhir ini, yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana rancang bangun enkapsulasi dan strategi penempatan bio-PCM pada *chest freezer* ?
2. Bagaimana perbandingan konsumsi energi mesin pendingin *chest freezer* yang sudah dimodifikasi sesuai rancang bangun tanpa bio-PCM dan dilengkapi dengan bio-PCM ?

1.3 Batasan Masalah

Mengingat waktu yang sangat terbatas maka pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan batasan-batasan masalah diantaranya melakukan rancang bangun enkapsulasi sebagai pembungkus bio-PCM yang akan ditempatkan didalam kabin *chest freezer* dan melakukan modifikasi evaporator *chest freezer* dengan desain baru dimana evaporator menempel pada dinding luar enkapsulasi dengan menggunakan material *stainless steel* agar higienis dan sesuai standar *food grade*.

1.4 Tujuan Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis memiliki tujuan yang diharapkan dapat tercapai kedepannya. Adapun tujuan yang diharapkan yaitu berupa tujuan umum dan tujuan khusus.

1.4.1 Tujuan umum

Tujuan umum yang diharapkan oleh penulis dalam melaksanakan penelitian ini diantaranya sebagai berikut: Untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik dalam menyelesaikan pendidikan pada jenjang Diploma III pada Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara di Politeknik Negeri Bali.

1. Untuk mengaplikasikan ilmu-ilmu yang selama ini diperoleh dari mengikuti perkuliahan baik secara teori maupun praktik di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.
2. Mengembangkan ilmu pengetahuan yang diperoleh di masa perkuliahan, menerapkan dan menuangkan ke dalam bentuk tugas akhir.

1.4.2 Tujuan khusus

1. Dapat membuat rancang bangun enkapsulasi dengan desain baru evaporator menggunakan material *stainless steel* dilengkapi strategi penempatan bio-PCM pada *chest freezer*
2. Dapat mengetahui perbandingan konsumsi energi mesin pendingin *chest freezer* yang sudah dimodifikasi sesuai perancangan tanpa bio-PCM dan dilengkapi dengan bio-PCM

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan tentu dengan harapan memiliki manfaat kedepannya. Adapun manfaat yang diharapkan bagi penulis sendiri, mahasiswa, Politeknik Negeri Bali, dan juga tentunya masyarakat.

1.5.1 Manfaat bagi penulis

Bagi penulis, dengan dilaksanakannya penelitian ini bermanfaat untuk mengaplikasikan ilmu dan pengetahuan yang selama ini diperoleh pada masa perkuliahan dan dengan terlaksananya penelitian ini, maka secara tidak langsung menambah wawasan penulis mengenai topik permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini.

1.5.2 Manfaat bagi mahasiswa

Mahasiswa secara umum dan khususnya di lingkungan Politeknik Negeri Bali dapat memanfaatkan penelitian ini sebagai refrensi dan juga media pembelajaran dalam melakukan penyusunan buku proyek akhir ini kedepannya terkait dengan pengujian yang dilakukan pada *chest freezer* yang dilengkapi dengan bio-PCM.

1.5.3 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali

Penelitian ini juga diharapkan dapat bermanfaat bagi instansi yang memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian ini. Politeknik Negeri Bali dapat memanfaatkan penelitian ini sebagai bahan pendidikan di bidang Teknik Pendingin dan Tata Udara di kemudian hari sehingga menjadi suatu pertimbangan untuk dapat dikembangkan lebih lanjut.

1.5.4 Manfaat bagi masyarakat

Dengan terselesaikannya penelitian ini nantinya, masyarakat dapat memanfaatkan dan mengetahui apakah penggunaan dari *chest freezer* dengan penambahan bio-PCM memiliki keuntungan apabila diterapkan pada kehidupan sehari-hari.



POLITEKNIK NEGERI BALI

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan diatas penulis dapat menyimpulkan bahwa perancangan enkapsulasi dan strategi penempatan bio-PCM *chest freezer* sebagai berikut :

1. Pada proyek akhir ini penulis telah berhasil menyelesaikan rancang bangun enkapsulasi dan strategi penempatan bio-PCM *chest freezer*. Dimana rancang bangun enkapsulasi dan evaporator yang dibuat sesuai desain berbahan dasar stainless steel dan telah berhasil diinstalasikan dengan condensing unit *chest freezer* 220 liter. Untuk dimensi dari masing-masing kontainer enkapsulasi sebagai berikut: bagian pertama berukuran panjang 350 mm dan tinggi 600 mm, lebar 20 mm, bagian yang kedua panjang 780 mm tinggi 600 mm dan lebar 20 mm yang berjumlah 2 buah, dan yang ketiga tinggi 390 mm dan panjang 350 mm dan lebar 20 mm. Rancang bangun enkapsulasi ini memiliki volume bio-PCM sebesar 23,84 liter. Adapun bio-PCM yang digunakan yaitu campuran 25% *corn oil ester* dan 75% air sebanyak 20 liter. Selain itu rancang bangun ini juga telah berhasil dilakukan pengujian perbandingan konsumsi energi dengan dan tanpa bio-PCM.
2. Adapun perbandingan konsumsi energi hasil pengujian mesin pendingin *chest freezer* sebagai berikut:

Konsumsi energi dari *chest freezer* tanpa bio-PCM (setelan -23 °C ~ -27 °C) rata-rata daya yang dikonsumsi kompresor sebesar 0,064 kW dikalikan total *on-time* kompresor selama 16,28 jam. Jadi konsumsi energi dari *chest freezer* sebesar 1,041 kWh.

Konsumsi energi dari *chest freezer* dengan bio-PCM (setelan -23 °C ~ -27 °C) daya yang dikonsumsi kompresor sebesar 0,074 kW dikalikan total *on-time* kompresor selama 13,35 jam, jadi konsumsi energi yang diserap sebesar 0,99 kWh.

Konsumsi energi dari *chest freezer* dengan bio-PCM (settingan -18 °C ~ -22 °C) daya yang dikonsumsi kompresor sebesar 0,081 kW dikalikan total *on-time* kompresor selama 10,07 jam, jadi konsumsi energi yang diserap sebesar 0,815 kWh.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan adalah sebagai berikut :

1. Sebelum menambahkan bio-PCM pada *chest freezer* pastikan pada kontainer enkapsulasi agar tidak mengalami kebocoran.
2. Perlu dicarikan bio-PCM dengan *phase change* pada temperatur -25 °C agar cocok dengan temperatur *chest freezer* yang digunakan yaitu pada -22 °C sampai -27 °C
3. Pada pengujian selanjutnya di harapkan untuk mencari perbandingan campuran bio-PCM yang tepat.



POLITEKNIK NEGERI BALI

DAFTAR PUSTAKA

- Abedin, A.H., Rosen, M.A. 2012. A Critical Review of Thermochemical Energy Storage Systems. *The Open Renewable Energy Jurnal*. 4. 42-46.
- Amazon.in. 2023. *Tubing Flaring Tool set*. Terdapat pada:<https://www.amazon.in/Tubing-Flaring-CT%E2%80%91278-Chrome-Aluminum/dp/B093H6XRZP>. Diakses tanggal 27 Agustus 2023.
- Arismunandar, W. dan Heizo Saito. 2015. *Penyegaran Udara*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Asri, D. et al. 2021. Teknologi Enkapsulasi: Teknik dan aplikasinya. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*. 7(2). pp. 202-209.
- Bina Indojoya. 2022. *Sebelum Beli Freon R600a, Ketahui Kelebihan Kekurangannya Berikut*. Terdapat pada: <https://www.binaindojaya.com/sebelum-beli-freon-r600a-ketahui-kelebihan-kekurangannya-berikut>. Diakses tanggal 5 Agustus 2023.
- Dadi, L. M. 2023. *Apa yang Dimaksud Dengan HDD? Yuk, Kita Cari Tahu*. Terdapat pada: <https://www.hitsidn.com/tekno/6578303938/apa-yang-dimaksud-dengan-hdd-yuk-kita-cari-tahu>. Diakses tanggal 6 Agustus 2023.
- Dihni, V.A. 2021 *Konsumsi Energi Per Kapita Indonesia Capai 1.109 kWh pada Kuartal III 2021*. Terdapat pada: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/12/10/konsumsi-listrik-per-kapita-indonesia-capai-1109-kwh-pada-kuartal-iii-2021>. Diakses tanggal 2 Februari 2022.
- Duniapcoid. 2023. *Pengertian Refrigerasi*. Terdapat pada: <https://duniapendidikan.co.id/pengertian-refrigerasi/>. Diakses tanggal 5 Agustus 2023.
- Firman, F., Muhammad, A. 2019. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Garis Putih Pratama. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Gabriela, L. 2012. Thermal Energy Storage with Phase Change Material. *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*. 75-98.
- Ilyas, S. 2013. *Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan Jilid II*. Badan Penelitian dan pengembangan Pertanian. CV. Paripurna Jakarta.
- Jain, A. and Parhizi, M. 2022. Theoretical analysis of phase change heat transfer and energy storage in a spherical phase change material with encapsulation. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 185. p. 122348.
- Jebrik. 2016. *Definisi Rancang Bangun*. Terdapat pada: <https://jebrikblog.wordpress.com/2016/07/20/definisi-rancang-bangun>. Diakses tanggal 5 Februari 2022.

- Kataherisant. 2018. *Perbedaan Panas Sensibel dan Panas Laten*. Terdapat pada: <http://kataherisant.blogspot.com/2018/01/perbedaan-panas-sensibel-dan-panas-laten.html?m=1>. Diakses tanggal 5 Agustus 2023.
- Khartikeyan S., Muthu Saravanan S., Prashanth R. 2006. *Energy Conservation Through Phase Change Material Based Thermal Energy Storage System-A Project Report*, Anna University Chennai.
- Mondal, S. 2018. *Phase Change Material For Smart Textiles-An Overview*. 28, p. 1536-1550.
- Pasha951. 2023. *Kondensor Chest Freezer*. Terdapat pada:<https://tokopedia.link/2TeHJsTIBCb>. Diakses tanggal 27 Agustus 2023.
- Pratama, A. 2023. *Mesin Las Argon Redbo TIG 160 A*. Terdapat pada: <https://s.lazada.co.id/s.m1Dy8>. Diakses tanggal 27 Agustus 2023.
- Pricebook. 2023. *Harga RSA CF-220 Terbaru Agustus 2023 dan Spesifikasi*. Terdapat pada: https://www.pricebook.co.id/RSA-CF-220/153/PD_00054032. Diakses tanggal 27 Agustus 2023.
- Rizal, S. 2016. *Definisi Refrigerant (refrigerator)*. Terdapat pada: <http://rizalblogspotpoltek.blogspot.com/2016/03/definisi-refrigerant-refrigerator.html>. Diakses tanggal 5 Februari 2022.
- Saputra, D. 2015. *Bahaya pada Pengelasan dengan Gas*. Terdapat pada: <https://darmawansaputra.com/bahaya-pada-pengelasan-dengan-gas/>. Diakses tanggal 5 Agustus 2023
- Saputra, D. 2020. *Modifikasi Evaporator pada Chest Freezer Kapasitas 220 Liter yang Dilengkapi Dengan Bio-PCM*. Proyek Akhir. Politeknik Negeri Bali, Badung-Bali.
- Sedulur 88. 2023. *Tubing Pipe Bender Bending Tool*. Terdapat pada: <https://tokopedia.link/N5RbZqkGBCb>. Diakses tanggal 6 Agustus 2023.
- Sharma, S.D., Sagara, K. 2015. Latent Heat Storage Materials and Systems: A Review. *International Journal of Green Energy*. 2 (1). 1-56.
- Suamir, I.N., Rasta, I.M., 2019. Studi Kinerja Temperatur dan Energi Integrasi Bio-PCM pada Chest Freezer. *Jurnal Matrix*. 9 (1): 7-12.
- Sumarji. 2011. Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe Ss 304 Dan Ss 201 Menggunakan Metode U-Bend Test Secara Siklik Dengan Variasi Suhu Dan Ph', *Jurnal ROTOR*, 4(1), pp. 1–8.
- Widiyanto, A. 2013. *Pengetahuan Tentang Panas*. Terdapat pada: http://www.bppptegal.com/v1/index.php?option=com_content&view=article&id=284:pengetahuan-tentang-panas&catid=44:artikel&Itemid=85. Diakses tanggal 5 Februari 2022.