



**ANALISIS PERFORMA *TWO-STAGE CASCADE*  
*REFRIGERATION CYCLE* MENGGUNAKAN  
KOMBINASI REFRIGERAN R744 (CO<sub>2</sub>) DAN R717  
(NH<sub>3</sub>) UNTUK SISTEM PENDINGIN KAPAL IKAN**

**SKRIPSI**

**HANIFA RAMADHANI AKHIRA  
2110313031**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN  
2025**



**ANALISIS PERFORMA *TWO-STAGE CASCADE*  
*REFRIGERATION CYCLE* MENGGUNAKAN  
KOMBINASI REFRIGERAN R744 (CO<sub>2</sub>) DAN R717  
(NH<sub>3</sub>) UNTUK SISTEM PENDINGIN KAPAL IKAN**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik**

**HANIFA RAMADHANI AKHIRA  
2110313031**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN  
2025**

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh:

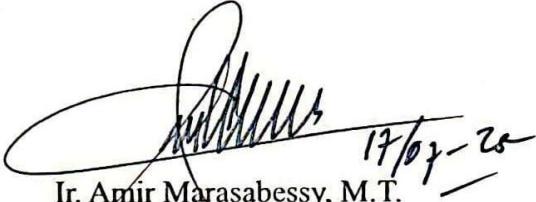
Nama : Hanifa Ramadhani Akhira

NIM : 2110313031

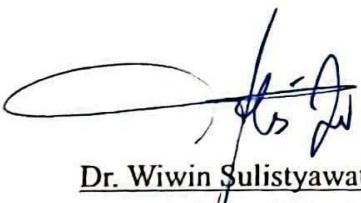
Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : Analisis Performa *Two-Stage Cascade Refrigeration Cycle*  
menggunakan Kombinasi Refrigeran R744 (CO<sub>2</sub>) dan R717  
(NH<sub>3</sub>) untuk Sistem Pendingin Kapal Ikan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memeroleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

  
Ir. Amir Marasabessy, M.T.

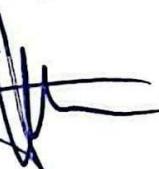
Penguji Utama

  
Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T.

Penguji Lembaga

  
Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, S.T., M.T.

Penguji I (Pembimbing)

  
Dr. Muchamad Oktaviandri, S.T.,  
M.T., IPM., ASEAN.Eng.

Dekan Fakultas Teknik

  
Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T.

Kepala Program Studi Teknik  
Perkapalan

Ditetapkan di : Depok

Tanggal Ujian : 2 Juli 2025

## **LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**ANALISIS PERFORMA TWO-STAGE CASCADE REFRIGERATION CYCLE  
MENGGUNAKAN KOMBINASI REFIGERAN R744 (CO<sub>2</sub>) DAN R717 (NH<sub>3</sub>)  
UNTUK SISTEM PENDINGIN KAPAL IKAN**

Disusun Oleh:

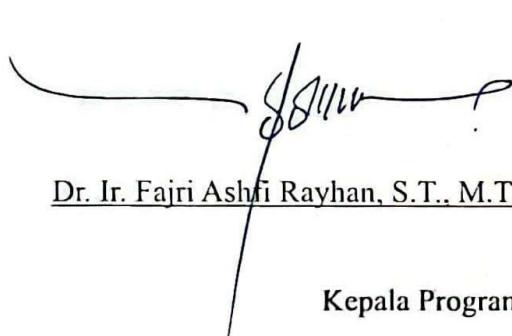
Hanifa Ramadhani Akhira

2110313031

Menyetujui,

Pembimbing I

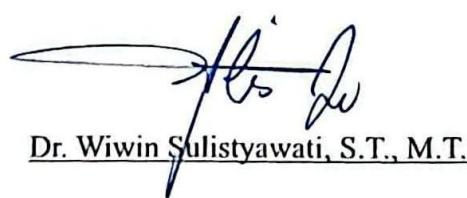
Pembimbing II



Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, S.T., M.T.

Fathin Muhammad Mahdhudhu, S.T., M.Sc.

Kepala Program Studi Teknik Perkapalan



Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T.

## **PERNYATAAN ORISINALITAS**

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber yang dikutip atau dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Hanifa Ramadhani Akhira

NIM : 2110313031

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 2 Juli 2025

Yang menyatakan,



Hanifa Ramadhani Akhira

**PERSETUJUAN PUBLIKASI**  
**SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hanifa Ramadhani Akhira

NIM : 2110313031

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“ANALISIS PERFORMA TWO-STAGE CASCADE REFRIGERATION  
CYCLE MENGGUNAKAN KOMBINASI REFRIGERAN R744 (CO<sub>2</sub>) DAN  
R717 (NH<sub>3</sub>) UNTUK SISTEM PENDINGIN KAPAL IKAN”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 2 Juli 2025

Yang menyatakan,



Hanifa Ramadhani Akhira

**ANALISIS PERFORMA *TWO-STAGE CASCADE*  
*REFRIGERATION CYCLE* MENGGUNAKAN KOMBINASI  
REFRIGERAN R744 (CO<sub>2</sub>) DAN R717 (NH<sub>3</sub>) UNTUK SISTEM  
PENDINGIN KAPAL IKAN**

**Hanifa Ramadhani Akhira**

**ABSTRAK**

Wilayah perairan Indonesia yang luas memberikan potensi besar dalam sektor perikanan, namun kualitas dan masa simpan hasil tangkapan ikan masih terhambat oleh keterbatasan teknologi pendinginan yang ramah lingkungan dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa sistem *two-stage cascade refrigeration cycle* dengan kombinasi refrigeran R744 (CO<sub>2</sub>) dan R717 (NH<sub>3</sub>) untuk aplikasi pendingin kapal ikan. Analisis dilakukan melalui simulasi termodinamika menggunakan *software EES* dan *REFPROP* dengan variasi tekanan dan suhu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *cascade* R744/R717 memiliki performa yang lebih stabil dibandingkan sistem refrigerasi tunggal, dengan COP tertinggi sebesar 1,30 pada suhu kondensor 38°C dan laju aliran massa 0,09 kg/s. Sistem ini juga mampu mengurangi daya kompresor hingga 16,15 kW dan menurunkan TEWI menjadi 314 ton CO<sub>2</sub> pada tekanan *heat exchanger* 0,34 MPa. Dengan demikian, sistem *cascade* R744/R717 lebih efisien secara energi serta mendukung pengurangan emisi karbon, sehingga dapat digunakan pada sistem pendinginan kapal ikan.

**Kata kunci:** *Cascade*, Sistem Pendingin, R744/R717, TEWI

***PERFORMANCE ANALYSIS OF A TWO-STAGE CASCADE  
REFRIGERATION CYCLE USING A COMBINATION OF R744  
(CO<sub>2</sub>) AND R717 (NH<sub>3</sub>) REFRIGERANTS FOR FISHING  
VESSEL REFRIGERATION SYSTEMS***

**Hanifa Ramadhani Akhira**

***ABSTRACT***

*The vast marine territory of Indonesia offers substantial potential in the fisheries sector. However, the quality and shelf life of fish catches are still constrained by the limited availability of environmentally friendly and energy-efficient refrigeration technology. This study aims to evaluate the performance of a two-stage cascade refrigeration cycle using a combination of R744 (CO<sub>2</sub>) and R717 (NH<sub>3</sub>) refrigerants for fishing vessel refrigeration applications. The analysis was conducted through thermodynamic simulations using EES and REFPROP software, with variations in pressure and temperature parameters. The results show that the R744/R717 cascade system provides more stable performance compared to a single-stage refrigeration system, achieving a maximum COP of 1,30 at a condenser temperature of 38°C and a mass flow rate of 0,09 kg/s. The system also reduces compressor power consumption by up to 16,15 kW and lowers the TEWI to 314 tons of CO<sub>2</sub> at a heat exchanger pressure of 0,34 MPa. Therefore, the two-stage R744/R717 cascade system offers improved energy efficiency and supports carbon emission reduction, making it suitable for fishing vessel refrigeration systems.*

***Keywords:*** Cascade, Refrigeration System, R744/R717, TEWI

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

Segala puji dan syukur kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis diberikan nikmat sehat jasmani maupun rohani, salawat serta salam tak lupa penulis sampaikan kepada junjungan Nabi Muhammad *Shallallahu 'Alaihi Wasallam*, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Performa *Two-Stage Cascade Refrigeration Cycle* menggunakan Kombinasi Refrigeran R744 (CO<sub>2</sub>) dan R717 (NH<sub>3</sub>) untuk Sistem Pendingin Kapal Ikan” dengan baik dan tepat waktu untuk syarat kelulusan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan peran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih yang teramat dalam disampaikan kepada:

1. Dr. Muchamad Oktaviandri, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
2. Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Perkapalan atas kebijakan dan kebijaksanaannya selama masa perkuliahan.
3. Dr. Fajri Ashfi Rayhan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dan Fathin Muhammad Mahdhudhu, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing II, dengan sabar membimbing dan memberikan ilmu yang bermanfaat meskipun di tengah kesibukan.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, yang telah memberikan banyak bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung.
5. Orang tua tercinta Papa Mardiyanto, S.Kom. dan Mama Rumaisah, kakak tersayang Annisa Ramalika Hanani, S.Pd., Gr. dan Yuly Amalia Rohani, serta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan doa, dukungan, dan kasih sayang yang tak terhingga.

6. Ka Intan, Azfa, Sarah, dan Azizah sebagai sahabat yang selalu memberi bantuan, semangat, motivasi, dan inspirasi.
7. Saudara-saudari Maritim 2021 yang tidak dapat disebutkan satu per satu, senantiasa memberikan pengalaman yang luar biasa dan kebersamaan selama masa perkuliahan.
8. Semua pihak yang telah membantu sehingga skripsi ini terselesaikan, semoga Allah SWT membalas kebaikan dengan rahmat-Nya.

Penulis menyadari jika skripsi ini masih belum sempurna, masih banyak kekurangan di dalamnya. Maka dari itu, penulis mengharapkan kritik serta saran dari pembaca, agar skripsi ini bisa menjadi lebih baik. Penulis meminta maaf yang sebesar-besarnya apabila ada kalimat yang kurang berkenan dalam skripsi ini.

Demikian, penulis mengucapkan terima kasih. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca khususnya mahasiswa Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Jakarta, Juli 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS.....</b>	<b>iv</b>
<b>PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	5
1.3. Batasan Masalah .....	5
1.4. Hipotesis .....	5
1.5. Tujuan Penelitian .....	6
1.6. Manfaat Penelitian .....	6
1.7. Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1. Peran dan Tantangan Nelayan di Indonesia .....	7
2.2. Jenis-Jenis Kapal Penangkap Ikan.....	7
2.2.1.Kapal <i>Purse Seine</i> (Pukat Cincin).....	7
2.2.2.Kapal <i>Longliner</i> (Rawai).....	8
2.2.3.Kapal <i>Beam Trawl</i> (Cantrang).....	9
2.2.4.Kapal <i>Gill Net</i> (Jaring Insang).....	9
2.2.5.Kapal <i>Pole and Line</i> (Huhate).....	10
2.3. Prinsip Dasar Termodinamika.....	11
2.3.1.Hukum Pertama Termodinamika.....	11

2.3.2. Hukum Kedua Termodinamika .....	11
2.4. Jenis-Jenis Siklus Termodinamika.....	12
2.4.1. Siklus Tertutup.....	12
2.4.2. Siklus Terbuka .....	12
2.4.3. Siklus Campuran atau Kombinasi .....	12
2.5. Sistem Refrigerasi.....	12
2.4.1. Kompressor.....	14
2.4.2. Kondensor .....	15
2.4.3. Katup Ekspansi.....	15
2.4.4. Evaporator .....	16
2.6. Optimisasi Sistem <i>Two-stage cascade Refrigeration Cycle</i>	16
2.7. Refrigeran R744 (CO <sub>2</sub> ) dan Fluida Campuran.....	17
2.8. Dampak Pemanasan Lingkungan.....	19
2.9. Pengaruh Parameter Tekanan dan Suhu.....	20
2.10. Aplikasi <i>Software</i> (Perangkat Lunak).....	20
2.10.1. <i>Engineering Equation Solver</i> (EES).....	20
2.10.2. <i>Reference Fluid Properties</i> (REFPROP) .....	21
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
3.1. Diagram Alir Penelitian .....	22
3.2. Skema Mesin Pendingin .....	23
3.3. Variasi Penelitian .....	25
3.4. Simulasi Termodinamika menggunakan EES.....	25
3.4.1. Menentukan Satuan pada <i>Software</i> EES .....	26
3.4.2. Persamaan Fungsi Termodinamika.....	26
3.4.3. Proses Simulasi dan Perhitungan .....	27
3.4.4. Hasil Simulasi EES .....	27
3.5. Simulasi Termodinamikas menggunakan REFPROP .....	28
3.5.1. Menentukan Fluida yang Digunakan .....	28
3.5.2. Menentukan Properti yang Diketahui.....	28
3.5.3. Masukkan Nilai Properti .....	29
3.5.4. Hasil Simulasi REFPROP .....	29

<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>30</b>
4.1.	<i>Validasi Data .....</i>	30
4.2.	<i>Compressor Power.....</i>	32
4.3.	<i>Heat Rejection.....</i>	36
4.4.	<i>Heat Absorption.....</i>	39
4.5.	<i>Coefficient of Performance .....</i>	42
4.6.	<i>Total Equivalent Warming Impact .....</i>	45
<b>BAB 5</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>48</b>
5.1.	Kesimpulan .....	48
5.2.	Saran .....	49

**DAFTAR PUSTAKA**

**DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Konsumsi ikan tahun 2001-2010 .....	1
<b>Tabel 2.1</b> Karakteristik refrigeran.....	18
<b>Tabel 2.2</b> Nilai ODP dan GWP refrigeran .....	19
<b>Tabel 3.1</b> Data ukuran kapal ikan .....	24
<b>Tabel 3.2</b> Variasi penelitian .....	25
<b>Tabel 4.1</b> Perbandingan data sekunder dan simulasi .....	30
<b>Tabel 4.2</b> Perbandingan data dari tabel termodinamika dan simulasi .....	31

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Model rantai distribusi ikan segar.....	2
<b>Gambar 1.2</b> Skema mesin pendingin.....	4
<b>Gambar 2.1</b> Kapal Pukat Cincin .....	8
<b>Gambar 2.2</b> Kapal Rawai.....	8
<b>Gambar 2.3</b> Kapal Cantrang .....	9
<b>Gambar 2.4</b> Kapal Jaring Insang .....	10
<b>Gambar 2.5</b> Kapal Huhate .....	10
<b>Gambar 2.6</b> Skema dan T-s diagram siklus pendinginan ideal.....	13
<b>Gambar 2.7</b> Sistem two-stage cascade refrigeration cycle dan T-s diagram ..	16
<b>Gambar 2.8</b> Refrigeran alternatif.....	18
<b>Gambar 2.9</b> Software Engineering Equation Solver (EES).....	20
<b>Gambar 2.10</b> Software Reference Fluid Properties (REFPROP) .....	21
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir penelitian .....	22
<b>Gambar 3.2</b> Skema mesin cascade .....	23
<b>Gambar 3.3</b> Desain kapal ikan pelat datar .....	24
<b>Gambar 3.4</b> RSW dengan kompresor sekrup .....	25
<b>Gambar 3.5</b> Penentuan Unit System EES.....	26
<b>Gambar 3.6</b> Persamaan Function Info EES .....	26
<b>Gambar 3.7</b> Proses perhitungan EES.....	27
<b>Gambar 3.8</b> Data hasil perhitungan simulasi EES.....	27
<b>Gambar 3.9</b> Menentukan fluida pada REFPROP .....	28
<b>Gambar 3.10</b> Menentukan properti pada REFPROP .....	28
<b>Gambar 3.11</b> Input nilai properti pada kolom REFPROP .....	29
<b>Gambar 3.12</b> Data properti hasil simulasi REFPROP .....	29

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**Lampiran 1.** Lembar Konsultasi Pembimbing 1

**Lampiran 2.** Lembar Konsultasi Pembimbing 2