



**ANALISIS PERFORMA *TWO-STAGE CASCADE*
REFRIGERATION CYCLE MENGGUNAKAN
KOMBINASI REFRIGERAN R744 (CO₂) DAN R717
(NH₃) 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 (CO₂) DAN R717
(NH₃) 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 (CO₂) dan R717 (NH₃) untuk Sistem Pendingin Kapal Ikan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh 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*
MENGUNAKAN KOMBINASI REFRIGERAN R744 (CO₂) DAN R717 (NH₃)
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 Mahdudhu, 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 (CO₂) DAN
R717 (NH₃) 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 (CO₂) DAN R717 (NH₃) 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 (CO₂) dan R717 (NH₃) 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 CO₂ 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
(CO₂) AND R717 (NH₃) 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 (CO₂) and R717 (NH₃) 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 CO₂ 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 (CO₂) dan R717 (NH₃) 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

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
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
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
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. Kompresor	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 ₂) 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
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	22
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

BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
	4.1. Validasi Data.....	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
BAB 5	PENUTUP	48
	5.1. Kesimpulan	48
	5.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

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

DAFTAR GAMBAR

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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Konsultasi Pembimbing 1

Lampiran 2. Lembar Konsultasi Pembimbing 2