



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI *COLD STORAGE* MENGUNAKAN REFRIGERAN R32 DAN PANEL SURYA PADA KAPAL KECIL (5 GT)

SUHENGKI



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi berjudul " Pengembangan Teknologi *Cold Storage* Menggunakan Refrigeran R32 Dan Panel Surya Pada Kapal Kecil (5 GT) " adalah hasil karya saya sendiri yang telah dilakukan dengan bimbingan dosen pembimbing. Disertasi ini belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya lain, baik yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan, telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka pada akhir disertasi ini.

Dengan ini, saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis ini kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, April 2025

Suhengki
C5602202004

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



RINGKASAN

SUHENGKI. Pengembangan Teknologi *Cold Storage* Menggunakan Refrigeran R32 Dan Panel Surya Pada Kapal Kecil (5 GT). Dibimbing oleh HENRY MUNANDAR MANIK, TOTOK HESTIRIANOTO, SUSILOHADI, dan MUHAMAD YULIANTO.

R32 merupakan refrigeran sintetik dengan *Ozone Depletion Potensial* (ODP) sebesar 0 dan *Global Warming Potensial* (GWP) sebesar 675. Keunggulan R32 dibandingkan refrigeran yang saat ini digunakan untuk suhu -18°C hingga -20°C adalah ODP dan GWP rendah. Misalnya R22 memiliki ODP 0,06 dan GWP 1810, R502 memiliki ODP 0,23 dan GWP 4657, serta R404a memiliki ODP 0 dan GWP 3922. R32 mudah terbakar dengan batas mudah terbakar yang lebih rendah (LFL) sebesar $0,31\text{ kg/m}^3$ dan suhu penyalan otomatis (AIT) sebesar 648°C . Tujuan dari penelitian ini adalah: pertama melakukan studi simulasi dan eksperimen untuk menganalisis kinerja R32 pada unit *cold storage* 0,7 kW untuk diaplikasikan pada kapal kecil (5 GT) untuk penangkap ikan menggunakan sumber energi PLN dan *photovoltaic*, ke dua membandingkan performa kinerja R32, R134a dan R404a dan ke tiga adalah menyajikan kajian mengenai kinerja dan jejak karbon penerapan *cold storage* pada kapal kecil (5 GT) untuk nelayan tradisional. Tahapan penelitian meliputi simulasi menggunakan *software* POCI dan pembuatan prototipe yang ditempatkan di laboratorium pada kondisi ruangan sekitar $\pm 30^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban relatif (RH) 80%. Pengujian dilakukan hingga tercapai suhu optimal sesuai rancangan, yaitu $-18,00^{\circ}\text{C}$. Hasil simulasi dan eksperimen menunjukkan kesesuaian dengan membandingkan rasio kompresi dan suhu ruangan *chamber*. Rasio kompresi simulasi adalah 0,32 MPa: 2,02 MPa, dan rasio kompresi eksperimen adalah 0,28 MPa: 2,10 MPa. Suhu ruang ruang simulasi adalah -18°C , sedangkan suhu ruang percobaan adalah $-18,90^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan perbandingan data simulasi dan eksperimen diperoleh kesimpulan bahwa R32 dapat digunakan sebagai refrigeran *cold storage* pada suhu -18°C hingga -20°C dan cocok diterapkan pada sistem refrigerasi kapal kecil (5 GT) untuk penangkap ikan. Hasil pengujian eksperimen pada kondisi optimum R32, R134a dan R404a menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan membandingkan parameter-parameter yaitu: masa refrigeran, rasio kompresi, waktu pencapaian suhu ruang *chamber*, konsumsi daya dan COP. Masa R32 optimum adalah 190 gram, masa R134a optimum adalah 344 gram dan masa R404a optimum adalah 775 gram. Rasio kompresi optimum R32 adalah 1: 9,09, rasio kompresi R134a adalah 1: 7,35 dan rasio kompresi optimum R404a adalah 1: 10,43. Waktu pencapaian suhu optimum R32 adalah 94,9 menit, waktu pencapaian suhu optimum R134a adalah 430 menit dan waktu pencapaian suhu optimum R404a adalah 172 Menit. Konsumsi daya R32 adalah 619 Watt/h, konsumsi daya R134a adalah 1.628 Watt/h dan konsumsi daya R404a adalah 776 Watt/h. COP R32 adalah 7,70, COP R134a adalah 7,29 dan COP R404a adalah 5,43. Suhu ruang *chamber* pengujian ke tiga refrigeran adalah -18°C . Perbandingan data eksperimen R32, R134a dan R404a dapat disimpulkan bahwa R32 lebih unggul dibandingkan dengan R134a dan R404a untuk *cold storage* suhu rendah yaitu -18°C sd -20°C . Berikutnya adalah hasil kajian jejak karbon. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa R32 memiliki kapasitas pendinginan lebih tinggi dibandingkan R404a namun kontribusi CO_2 R404a lebih tinggi dibandingkan R32.

Berdasarkan penelitian ini, R32 mempunyai potensi besar menggantikan R404a untuk aplikasi *cold storage* khususnya kapal kecil (5 GT) untuk nelayan tradisional. Kontribusi CO₂ R32 lebih baik dibanding R404a. Berdasarkan evaluasi kondisi pada matriks studi, kontribusi CO₂ tertinggi adalah 28458 kg CO₂ selama 10 tahun beroperasi atau sekitar 2845,8 kg CO₂ per tahun ketika suhu evaporasi -30 °C dan suhu kondensasi suhu 45 °C menggunakan refrigeran R404a. Ketika menggunakan *refrigerant* R32 pada suhu evaporasi dan suhu kondensasi yang sama menghasilkan CO₂ sekitar 21280 kg CO₂ selama 10 tahun atau 2128 kg CO₂ per tahun. Penelitian menunjukkan penggunaan R32 akan mengurangi emisi CO₂ sekitar 25%. Hasil pengujian pada kapal kecil (5 GT) untuk nelayan tradisional menunjukkan hasil yang baik. Pada pengujian ini dilakukan selama 24 jam. Sama halnya pengujian di laboratorium suhu ruangan *chamber* dapat mencapai -18 °C dengan kebutuhan daya untuk kompresor sebesar 0,776 kW dan total energi selama *cold storage* beroperasi sebesar 11,48 kWh. Pengujian *cold storage* di kapal saat beroperasi di laut. Pada suhu capaian pengujian *cold storage* pada kapal di laut mampu mencapai -18 °C. *Cold storage* membutuhkan waktu yang lebih lama yaitu sekitar 4,5 jam meskipun pengujian *cold storage* dilakukan pada malam hari sesuai kondisi aktual ketika nelayan pergi melaut. Hal ini dikarenakan beberapa hal diantaranya kelembaban udara yang terjadi pada kapal yang menjadi beban pendinginan lebih besar dan juga kemungkinan lainnya adalah jumlah *masscharge* yang dimasukkan kedalam *cold storage* belum pada kondisi optimum. Daya yang diperlukan untuk *cold storage* beroperasi sekitar 0,75 kW dengan jumlah total energi yang dibutuhkan sebesar 2,8 kWh. Dari semua aspek yang sudah diteliti, dengan demikian R32 dapat direkomendasikan untuk digunakan pada *cold storage* kapal kecil (5 GT) untuk nelayan tradisional.

Kata kunci: *Cold storage*, Efisiensi, Kapal Kecil, Kompresi Uap. Refrigeran 32,



SUMMARY

SUHENGKI. Development of Cold Storage Technology Using R32 Refrigerant and Solar Panels on Small Vessels (5 GT). Supervised by HENRY MUNANDAR MANIK, TOTOK HESTIRIANOTO, SUSILOHADI, and MUHAMAD YULIANTO.

R32 is a synthetic refrigerant with an Ozone Depletion Potential (ODP) of 0 and a Global Warming Potential (GWP) of 675. The advantage of R32 compared to refrigerants currently used for temperatures of -18°C to -20°C is its low ODP and GWP. For example, R22 has an ODP of 0.06 and a GWP of 1810, R502 has an ODP of 0.23 and a GWP of 4657, and R404a has an ODP of 0 and a GWP of 3922. R32 has a lower flammability limit (LFL) of 0.31 kg/m^3 and an auto-ignition temperature (AIT) of 648°C . The objectives of this study are: firstly, to conduct simulation and experimental studies to analyze the performance of R32 in a 0.7 kW cold storage unit for application on small vessels (5 GT) for fishermen using PLN and photovoltaic energy sources, secondly to compare the performance of R32, R134a, and R404a, and thirdly to present a study on the performance and carbon footprint of applying cold storage on small vessels (5 GT) for traditional fishermen. The research stages include simulation using POCI software and the creation of a prototype placed in the laboratory at ambient conditions of approximately 30°C and relative humidity (RH) of 80%. Testing was conducted until the optimal temperature according to the design was reached, which is -18°C . The simulation and experimental results show conformity by comparing the compression ratio and chamber room temperature. The simulation compression ratio is 0.32 MPa: 2.02 MPa and the experimental compression ratio is 0.28 MPa: 2.10 MPa. The simulated room temperature is -18°C , while the experimental room temperature is -18.90°C . Based on a simulation and experimental data comparison, it can be concluded that R32 can be used as a refrigerant for cold storage at temperatures of -18°C to -20°C . It is suitable for application in small vessel (5 GT) refrigeration systems for fishermen. The results of experimental tests on optimal conditions for R32, R134a, and R404a show significant differences when comparing parameters such as refrigerant mass, compression ratio, time to reach chamber room temperature, power consumption, and COP. The optimal R32 mass is 190 grams, the optimal R134a mass is 344 grams, and the optimal R404a mass is 775 grams. The optimal compression ratio of R32 is 1: 9.09, the compression ratio of R134a is 1: 7.35, and the optimal compression ratio of R404a is 1: 10.43. The time to reach the optimal temperature of R32 is 94.9 minutes, the time to reach the optimal temperature of R134a is 430 minutes, and the time to reach the optimal temperature of R404a is 172 minutes. The power consumption of R32 is 619 watts/h, the power consumption of R134a is 1,628 watts/h, and the power consumption of R404a is 776 watts/h. The COP of R32 is 7.70, the COP of R1334a is 7.29, and the COP of R404a is 5.43. The chamber room temperature of the third refrigerant test is -18°C . A comparison of the experimental data of R32, R134a, and R404a, it can be concluded that R32 is superior to R134a and R404a for low-temperature cold storage at -18°C to -20°C . Next are the results of the carbon footprint study. This study shows that R32 has a higher cooling capacity than R404a, but the CO_2 contribution of R404a is higher than R32. Based on this research, R32 has great

potential to replace R404a for cold storage applications, especially for small vessels (5 GT) for traditional fishermen. The CO₂ contribution of R32 is better than R404a. Based on the evaluation of conditions in the study matrix, the highest CO₂ contribution is 28458 kg CO₂ over 10 years of operation or around 2845.8 kg CO₂ per year when the evaporation temperature is -30 °C and the condensation temperature is 45 °C using R404a refrigerant. R32 refrigerant at the same evaporation and condensation temperatures produces approximately 21280 kg CO₂ over 10 years or 2128 kg CO₂ per year. Research shows that using R32 will reduce CO₂ emissions by around 25%. The test results on small vessels (5 GT) for traditional fishermen show good results. In this test, it was conducted for 24 hours. Like the laboratory testing, the chamber room temperature can reach -18 °C with a power requirement for the compressor of 0.776 kW and a total energy consumption during cold storage operation of 11.48 kWh. Cold storage testing on the vessel while operating at sea. At the test achievement temperature, cold storage on the vessel at sea can reach -18 °C. Cold storage requires a longer time, around 4.5 hours, even though the cold storage test was conducted at night according to actual conditions when fishermen go to sea. This is due to several things, including the humidity in the air on the ship, which becomes a greater cooling load, and possibly the amount of mass charge that is input into the cold storage is not at the optimal condition. The power required for cold storage operation is around 0.75 kW, with a total energy requirement of 2.8 kWh. From all aspects that have been studied, therefore R32 can be recommended for use in small vessel (5 GT) cold storage for traditional fisherman.

Keywords: Cold storage, Efficiency, Refrigerant 32, Small Vessels, Vapor Compression.



© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



**PENGEMBANGAN TEKNOLOGI *COLD STORAGE*
MENGUNAKAN REFRIGERAN R32 DAN PANEL SURYA
PADA KAPAL KECIL (5 GT)**

SUHENGKI

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Teknologi Kelautan

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Indra Jaya, M.Sc.
- 2 Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa Mulyana K, M.T., IPU., ASEAN Eng., APEC Eng

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Indra Jaya, M.Sc.
- 2 Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa Mulyana K, M.T., IPU., ASEAN Eng., APEC Eng



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

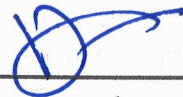
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Disertasi : Pengembangan Teknologi *Cold Storage* Menggunakan Refrigeran R32 Dan Panel Surya Pada Kapal Kecil (5 GT)

Nama : Suhengki
NIM : C5602202004

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Henry Munandar Manik, S.Pi., M.T., Ph.D.



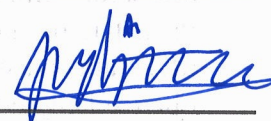
Pembimbing 2:
Dr. Ir. Totok Hestirianto, M.Sc.



Pembimbing 3:
Dr. Ir. Susilohadi



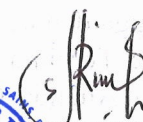
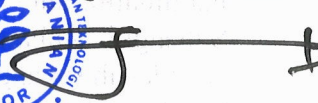
Pembimbing 4:
Dr. Muhamad Yulianto S.T., M.T.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Sri Pujiyati, M.Si.
NIP. 196710211992032002

Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:
Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc.
NIP. 196307311888031002


Tanggal Ujian: 17 Februari 2025

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Alhamdulillah, Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih pada penelitian ini adalah *cold storage* kapal kecil (5 GT) untuk nelayan tradisional, dengan judul “Pengembangan Teknologi *Cold Storage* Menggunakan Refrigeran R32 Dan Panel Surya Pada Kapal Kecil (5 GT)”. Topik disertasi ini disusun berdasarkan pengalaman penulis yang secara langsung menyaksikan situasi perikanan tradisional di beberapa daerah di Indonesia.

Penulis dengan tulus mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Henry Munandar Manik, S.Pi., M.T., Ph.D. selaku Ketua Komisi Pembimbing, Dr. Ir. Totok Hestirianto, M.Sc. selaku Anggota Komisi Pembimbing, Dr. Ir. Susilohadi selaku Anggota Komisi Pembimbing, Dr. Muhamad Yulianto, S.T., M.T. selaku Anggota Komisi Pembimbing, Prof. Dr. Ir. Sri Pujiyati, M.Si. selaku Ketua Program Studi Teknologi Kelautan yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan arahan dan saran sehingga disertasi ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Prof. Dr. Ir. Indra Jaya, M.Sc. dan Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa Mulyana K., M.T., atas masukannya yang sangat berharga pada ujian sidang tertutup dan ujian sidang terbuka.
3. Seluruh dosen dan staf Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan IPB University atas ilmu yang sudah diberikan selama perkuliahan.
4. Laboratorium Stasiun Lapangan Siswadhi Soepardjo, Departemen Teknik mesin & Biosistem Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor atas izin penggunaan alat dan fasilitas laboratorium.
5. Kedua orang tua yaitu Ibunda Rosda (almh), Ayahanda Syofyan DT. Gajah Tungga dan ke tiga orang adik serta ke tiga orang kakak tiri .
6. Yang Tercinta Istri saya yaitu Dona Suhengki, beserta keempat anak kami yaitu Ananda Gemma Cahya Hafifah Suhengki, S.Kom., M.Si., Michelly Fathimatuzzahra Suhengki, S.Pd., Muhammad Tegar Azzam Al-Ghifari Suhengki, Muhammad Yoikho Rashaki Suhengki atas segala dukungan, doa, serta kasih sayangnya selama menempuh studi Doktor ini hingga selesai.
7. Om Yusmi Aman, SH, M.Ed (alm) beserta etek Lemok, Imel, Oce, Idel dan Niko yang merupakan motivator kami untuk selalu melanjutkan pendidikan
8. Teman-teman dan semua pihak terkait yang telah memberikan motivasi, doa, serta diskusi yang menarik selama perkuliahan berlangsung serta selama mengerjakan penelitian ini hingga selesai.
9. Direktorat Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi dan PT Samudera Sinar Abadi Shipyard melalui hibah Kedaireka 2023 dengan nomor kontrak: 31/E1/HK.02.02/2023 yang sudah membiayai penelitian ini.

Diharapkan karya ilmiah ini mampu memberikan manfaat dan sumbangsih bagi pengembangan masyarakat nelayan tradisional khususnya pemanfaatan *cold storage* dengan refrigerant R32 dan sumber energi panel surya.

Bogor, April 2025

Suhengki

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvi
Daftar Gambar	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan	8
1.4 Manfaat	9
1.5 Ruang Lingkup	9
1.6 Kebaruan (<i>novelty</i>)	9
1.7 Hipotesis	9
1.8 Kerangka Pikir Penelitian	10
II METODE PENELITIAN	11
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
2.2 Alat dan Bahan	11
2.3 Tahapan Penelitian	13
2.4 Rencana Desain	14
2.5 <i>Experimental Set-Up</i>	15
2.6 Pengujian <i>Cold Storage</i>	15
2.7 Perhitungan Beban Refrigerasi	24
2.8 Analisis Penelitian	27
2.9 Analisis <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE)	28
2.10 <i>Life Cycle Climate Performance</i> (LCCP)	29
III HASIL DAN PEMBAHASAN	31
3.1 Pembuatan Prototipe <i>Cold Storage</i> dengan Refrigerasi R32	31
3.2 Desain <i>Cold Storage</i>	32
3.3 Pembangunan Prototipe <i>Cold Storage</i>	34
3.4 <i>Uncertainty</i>	34
3.5 Eksperimen <i>Cold Storage</i>	39
3.6 Penerapan Pada Kapal Perikanan	74
4. SIMPULAN DAN SARAN	79
4.5 Simpulan	79
4.6 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	84
RIWAYAT HIDUP	85

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Properti refrigeran R32 and R404a	3
Tabel 2 Alat dan Bahan Penelitian.....	12
Tabel 3 Rasio tekanan <i>suction</i> dan tekanan <i>discharge</i>	15
Tabel 4 <i>Call function</i> sifat fluida Refprop versi 10.....	20
Tabel 5 <i>Call function</i> sifat fluida The Poci	20
Tabel 6 Variasi <i>mass charge</i> dan tekanan <i>suction</i> sumber PLN.....	24
Tabel 7 Variasi <i>mass charge</i> , tekanan <i>suction</i> sumber <i>photovoltaic</i>	24
Tabel 8 Ukuran <i>cold storage</i> skala-kecil untuk nelayan	24
Tabel 9 Perhitungan kapasitas pendingin <i>cold storage</i> sesuai ukuran <i>actual</i>	25
Tabel 10 Perhitungan beban <i>cold room</i>	25
Tabel 11 Detail <i>cold storage</i>	26
Tabel 12 Kondisi Operasional.....	26
Tabel 13 Sifat termodinamika R32 dan siklus ideal <i>cold storage</i> sesuai ukuran	27
Tabel 14 Skala evaluasi menggunakan MAPE	29
Tabel 15 Hasil rancangan <i>cold storage</i> dari hasil simulasi.....	32
Tabel 16 Hasil analisis <i>uncertainty</i> alat ukur	38
Tabel 17 Hasil analisis <i>uncertainty</i> parameter perhitungan.....	38
Tabel 18 Hasil validasi berdasarkan variasi <i>mass charge</i>	44
Tabel 19 Validasi berdasarkan variasi tekanan	47
Tabel 20 Hasil perhitungan MAPE dari simulasi	48
Tabel 21 Nilai rata-rata MAPE	48
Tabel 22 Studi parameter matriks	50
Tabel 23 Hasil validasi antara eksperimen dan simulasi <i>cold storage</i> R32	51
Tabel 24 Kinerja <i>cold storage</i> menggunakan R32 and R404a	55
Tabel 25 Hasil validasi eksperimen R32 vs simulasi R32 optimum.....	56
Tabel 26 Performansi sistem <i>cold storage</i> R32	65
Tabel 27 Hasil validasi eksperimen R32, R134a, dan R404a pada kondisi optimum	67

Daftar Gambar

Gambar 1 Siklus dan grafik refrigerasi secara umum. (Cengel dan Boles 2008).	1
Gambar 2 Skema <i>state of the art</i> sistem refrigerasi <i>cold storage</i>	8
Gambar 3 Diagram alir penelitian	13
Gambar 4 Ukuran <i>cold storage</i> yang akan dibuat	14
Gambar 5 Analisis diagram P-h untuk <i>cold storage</i> yang direncanakan	14
Gambar 6 <i>Experimental set-up</i>	15
Gambar 7 Diagram tahapan pengujian	16
Gambar 8 Diagram alir simulasi perancangan pembuatan <i>cold storage</i>	17
Gambar 9 <i>Internal load</i>	18
Gambar 10 Pengujian prototipe	22
Gambar 11 Pengujian di kapal nelayan tradisional	23
Gambar 12 Simulasi <i>software</i> The POCI	29

Gambar 13 <i>Life Cycle Climate Performance (LCCP)</i>	30
Gambar 14 <i>Prototype cold storage</i>	31
Gambar 15 <i>Prototype cold storage</i> tampak atas, depan, dan samping	32
Gambar 16 Kapal perikanan 5 GT	33
Gambar 17 Penempatan <i>cold storage</i> pada kapal	34
Gambar 18 (a) <i>Prototype cold storage</i> panel aktual; (b) unit mesin <i>cold storage</i>	34
Gambar 19 Metode <i>uncertainty</i>	35
Gambar 20 Metode pengambilan data	36
Gambar 21 <i>Power meter dan voltage regulator</i>	36
Gambar 22 <i>National instrument</i> dan <i>labview</i>	37
Gambar 23 <i>Mass flow meter</i>	37
Gambar 24 P-h diagram <i>mass charge</i> 100gram R32	40
Gambar 25 P-h diagram <i>mass charge</i> 130gram R32	41
Gambar 26 P-h diagram <i>mass charge</i> 160gram R32	42
Gambar 27 P-h diagram <i>mass charge</i> 190gram R32	43
Gambar 28 P-h diagram <i>mass charge</i> 220gram R32	43
Gambar 29 P-h diagram tekanan 1,3 bar R32	45
Gambar 30 P-h diagram tekanan 1,6 bar R32	46
Gambar 31 P-h diagram tekanan 1,9 bar R32	47
Gambar 32 Validasi P-h Diagram	51
Gambar 33 Diagram P-h yang mengubah kondensasi pada evaporasi konstan - 30 °C (a) R32; (b) R404a	52
Gambar 34 Diagram P-h mengubah penguapan pada kondensasi konstan 30 °C (a). R32; (b). R404a	53
Gambar 35 Diagram untuk kondisi terbaik dan terburuk (a) R32; (b) R404a	54
Gambar 36 Hasil analisis LCCP	56
Gambar 37 Pengujian capaian suhu menggunakan sumber energi PLN	57
Gambar 38 Pengujian konsumsi daya menggunakan sumber energi PLN	57
Gambar 39 Perbandingan konsumsi daya R32 dengan beberapa refrigeran	58
Gambar 40 Perbandingan COP dan kapasitas pendinginan R32 dengan beberapa refrigeran: (a) Hubungan suhu kondensasi terhadap daya kompresor, (b) Hubungan suhu kondensasi terhadap COP.	58
Gambar 41 Profil suhu dan tekanan kompresor: (a) Suhu; (b) Tekanan	60
Gambar 42 Profil suhu dan tekanan kondensor: (a) Suhu, (b) Tekanan	61
Gambar 43 Profil suhu dan tekanan katup ekspansi: (a) Masuk, (b) Keluar	62
Gambar 44 Profil suhu dan tekanan Evaporator: (a) Masuk; (b) Keluar	63
Gambar 45 Profil suhu dan Daya di lab: (a) Suhu ruang CS; (b) Daya	64
Gambar 46 Analisa P-h diagram <i>cold storage</i> R32	65
Gambar 47 P-h diagram eksperimen R32 pada kondisi optimum	68
Gambar 48 P-h diagram eksperimen R134a pada kondisi optimum	68
Gambar 49 P-h diagram eksperimen R404a pada kondisi optimum	68
Gambar 50 Suhu <i>chamber</i> dengan <i>mass charge</i> 190 gram R32	69
Gambar 51 Suhu <i>chamber</i> dengan <i>mass charge</i> 344 gram R134a	69
Gambar 52 Suhu <i>chamber</i> dengan <i>mass charge</i> 775 gram R404a	70
Gambar 53 Kuat arus dengan <i>mass charge</i> 190 gram R32	70
Gambar 54 Kuat arus dengan <i>mass charge</i> 334 gram R134a	71
Gambar 55 Kuat arus dengan <i>mass charge</i> 775 gram R404a	71
Gambar 56 Konsumsi daya dengan <i>mass charge</i> 190 gram R32	71

Gambar 57 Konsumsi daya dengan <i>mass charge</i> 344 gram R134a	72
Gambar 58 Konsumsi daya dengan <i>mass charge</i> 775 gram R404a	72
Gambar 59 Hasil eksperimen menyeluruh R32, R404a dan R134a pada kondisi optimum: (a) Perhitungan daya kompresor (W) dan massa aliran /M.dot (kg/s) R32, R134a, dan R404a, (b) Perbandingan selisih entalphi (dHComp), COP, rasio kompresi, dan Qevap (kJ/kg) R32, R134a, dan R404a, (c) Perbandingan waktu pencapaian dan <i>mass charge</i> R32, R134a, dan R404a	73
Gambar 60 Kapal kecil (5 GT)	74
Gambar 61 Pemasangan unit evaporator	75
Gambar 62 Pemasangan condensing unit	75
Gambar 63 Pemasangan kontrol panel	76
Gambar 64 Pengujian di kapal Nelayan	76
Gambar 65 Kapal (a) Gambar teknik kapal 5 GT; (b) Kondisi aktual kapal	77
Gambar 66 Profil suhu dan konsumsi daya di kapal darat (a) Suhu suhu ruang <i>cold storage</i> ; (b) Konsumsi daya	77
Gambar 67 Profil suhu dan konsumsi daya saat kapal di laut: (a) Suhu suhu ruang <i>cold storage</i> ; (b) Konsumsi daya	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 perhitungan emisi R32 dan R404a.....	84
Lampiran 2 perhitungan efisiensi daya dan biaya.....	84