

SKRIPSI

SIMULASI KINERJA SISTEM PENDINGIN PALKA IKAN PELAT DATAR AKIBAT PERUBAHAN *REFRIGERANT*

Disusun dan diajukan oleh:

IRDAYANTI FIRMAN
D091191034



PROGRAM STUDI SARJANA SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

SIMULASI KINERJA SISTEM PENDINGIN PALKA IKAN
PELAT DATAR AKIBAT PERUBAHAN *REFRIGERANT*

Disusun dan diajukan oleh

IRDAYANTI FIRMAN
D091191034

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 08 Agustus 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,


Ir. Syerly Klara, M.T.
NIP:19640501 199002 2 001

Ketua Departemen,



Dr. H. Faisal Mahmuddin, ST., M.Inf.Tech., M.Eng., IPM
NIP: 198102112005011003



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : Irdayanti Firman
NIM : D091191034
Program Studi : Teknik Sistem Perkapalan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

SIMULASI KINERJA SISTEM PENDINGIN PALKA IKAN PELAT DATAR AKIBAT PERUBAHAN *REFRIGERANT*

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 25 Juli 2024

Menyatakan

Irdayanti Firman



ABSTRAK

IRDAYANTI FIRMAN. Simulasi Kinerja Sistem Pendingin Palka Ikan Pelat Datar Akibat Perubahan *Refrigerant* (dibimbing oleh Ir. Hj. Syerly Klara, M.T.)

Pentingnya sistem pendingin yang efisien pada kapal ikan pelat datar untuk mempertahankan kualitas hasil tangkapan ikan selama pelayaran. Pendinginan yang optimal mencegah kerusakan ikan akibat aktivitas bakteri yang meningkat pada temperatur tinggi. Teknologi refrigerasi yang efektif menjadi kunci untuk memastikan temperatur yang sesuai dalam palka penyimpanan, namun pemilihan refrigeran yang ramah lingkungan dan efisien merupakan tantangan tersendiri. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan kinerja sistem pendingin pada palka kapal ikan pelat datar menggunakan variasi refrigeran sebagai pengganti R22 yang umum digunakan. Refrigeran alternatif yang dipertimbangkan dalam penelitian ini adalah R134a, R32 dan R407c. dan juga untuk mengevaluasi performa masing-masing refrigeran dalam menjaga temperatur palka yang optimal dan membandingkan efisiensi termal serta dampak lingkungan dari masing-masing refrigeran. Metode penelitian yang digunakan adalah simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD) menggunakan software ANSYS CFX R2 2018. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data fisik dan karakteristik palka serta refrigeran, pemodelan tiga dimensi menggunakan Solidworks 2018 dan simulasi termal dalam kondisi operasi yang divariasikan berdasarkan jenis refrigeran. Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa refrigeran R134a mampu mendinginkan palka dengan temperatur akhir palka sebesar 7,69°C dalam waktu 29 menit, refrigeran R32 mencapai temperatur 11,296 °C dalam waktu 33 menit dan R407c membutuhkan waktu lebih lama yaitu 28 menit untuk mencapai temperatur 12,948 °C dengan persentase penyimpanan antara hitungan dan simulasi sebesar -2,50% sehingga refrigeran R32 yang paling efisien digunakan sebagai alternatif pengganti R22 karena memiliki nilai COP yang lebih tinggi yaitu 78,83 dibandingkan dengan refrigeran lainnya.

Kata Kunci: Kapal ikan pelat datar, palka ikan, *refrigerant* , ANSYS CFX R2 2018



ABSTRACT

IRDAYANTI FIRMAN. *Simulation of Cooling System Performance for Flat Plate Fish Hold Due to Refrigerant Changes (supervised by Ir. Hj. Syerly Klara, M.T.)*

The Importance of an Efficient Cooling System on Flat Plate Fishing Vessels to Maintain the Quality of the Catch During the Voyage. Optimal cooling prevents fish spoilage due to increased bacterial activity at high temperatures. Effective refrigeration technology is key to ensuring appropriate temperatures in storage holds, but selecting an environmentally friendly and efficient refrigerant presents its own challenges. This study aims to simulate the performance of the cooling system in the hold of a flat plate fishing vessel using various refrigerants as substitutes for the commonly used R22. The alternative refrigerants considered in this study are R134a, R32, and R407c. Additionally, the study evaluates the performance of each refrigerant in maintaining optimal hold temperature and compares the thermal efficiency and environmental impact of each refrigerant. The research method used is Computational Fluid Dynamic (CFD) simulation using ANSYS CFX R2 2018 software. The research stages include collecting physical data and characteristics of the hold and refrigerants, three-dimensional modeling using Solidworks 2018, and thermal simulation under operating conditions varied based on the type of refrigerant. The simulation results show that R134a refrigerant can cool the hold to a final temperature of 7.69°C in 29 minutes, R32 reaches 11.296°C in 33 minutes, and R407c takes longer, 28 minutes, to reach 12.948°C with a deviation percentage between calculation and simulation of -2.50%. Therefore, R32 refrigerant is the most efficient alternative to R22 as it has a higher COP value of 78.83 compared to the other refrigerants.

Keywords: *Flat plate fishing vessel, fish hold, refrigerant, ANSYS CFX R2 2018*



DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
KATA PENGANTAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan.....	2
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan.....	3
1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kapal Perikanan	4
2.2 Kapal Ikan Pelat Datar	4
2.3 Sistem Refrigerasi	5
2.4 Jenis Pendingin <i>Refrigerated Sea Water</i>	13
2.5 Prinsip Kerja <i>Refrigerated Sea Water</i>	13
2.6 Kapasitas Beban Pendingin.....	15
2.7 <i>ANSYS Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	21
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	23
3.2 Pengumpulan Data	23
3.3 Kerangka Pikir Penelitian	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Gambaran Umum.....	32
4.2 Simulasi Menggunakan CFD (<i>Computational Fluid Dynamic</i>)	32
4.3 Perubahan Temperatur Akibat Variasi Refrigeran.....	42
4.4 Validasi Hasil Simulasi	43
4.5 Kesebandingan Antara Beban Pendingin dan Beban Panas	44
4.6 Perhitungan Nilai COP Refrigeran	47
4.7 Pembahasan.....	49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52
DAFTAR LAMPIRAN.....	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kapal Ikan Pelat Datar	5
Gambar 2 Gambaran skematis siklus refrigerasi kompresi uap.....	8
Gambar 3 P-h diagram Sistem Kompresi Uap	9
Gambar 4 Sistem RSW pada kapal	14
Gambar 5 Perpindahan kalor menyeluruh melalui dinding datar	15
Gambar 6 Jaringan tahanan <i>thermal</i>	16
Gambar 7 Diagram Tekanan terhadap entalphi	19
Gambar 8 Kapal Ikan Pelat Datar	23
Gambar 9 Refrigeran R134a, R32, dan R407c	26
Gambar 10 Dimensi palka kapal ikan pelat datar	28
Gambar 11 Pemodelan palka kapal ikan pelat datar	29
Gambar 12 Pemodelan pipa evaporator	29
Gambar 13 Diagram alur (<i>flowchart</i>).....	31
Gambar 14 Tahapan Simulasi <i>Ansys CFX 2018</i>	32
Gambar 15 Hasil <i>Import Geometry</i> model standar	33
Gambar 16 Hasil <i>meshing</i> model pipa	34
Gambar 17 Kondisi <i>Setup</i>	34
Gambar 18 Proses <i>setup</i> Domain pipa	36
Gambar 19 Proses <i>setup</i> Domain palka	38
Gambar 20 Grafik perubahan temperatur hasil simulasi.....	43



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Hubungan temperatur dengan kegiatan bakteri dan mutu ikan.....	6
Tabel 2 Data Kapal.....	24
Tabel 3 Spesifikasi Hasil Tangkapan (Ikan tuna)	24
Tabel 4 Dimensi pipa	25
Tabel 5 Karakteristik Pipa dengan Material <i>Nickel Steel</i>	25
Tabel 6 Karakteristik Refrigeran R134a, R32, dan R07c	25
Tabel 7 Temperatur Refrigeran terhadap berat jenis Refrigeran R134a, R32, dan R407c(<i>liquid</i>).....	26
Tabel 8 Nilai ODP (<i>Ozone Depleting Potential</i>) dan GWP (<i>Global Warming Potential</i>) Refrigeran R134a, R32, dan R407c.....	26
Tabel 9 Karakteristik Air Laut Perairan Indonesia	27
Tabel 10 Panas Jenis dan Berat Jenis air laut tiap suhunya.	27
Tabel 11 Data Volume palka.....	27
Tabel 12 Data beban kalor	28
Tabel 13 Informasi <i>mesh</i>	33
Tabel 14 Batas Kondisi fisik Domain Pipa.....	35
Tabel 15 Pengaturan Kondisi Batas Inlet.....	35
Tabel 16 Pengaturan Kondisi Batas Outlet	36
Tabel 17 Pengaturan Kondisi Batas <i>Default Fluid Fluid Interface side 2 1</i>	36
Tabel 18 Batas Kondisi fisik Domain Palka	37
Tabel 19 Pengaturan Kondisi Batas <i>Default Domain</i> Palka	37
Tabel 20 Pengaturan Kondisi Batas <i>Default Fluid Fluid Interface Side 1</i>	38
Tabel 21 Grafik dari solution	39
Tabel 22 Visualisasi Kontur pada result	41
Tabel 23 Perubahan temperatur Simulasi palka kapal ikan pelat datar	42
Tabel 24 Nilai Entalphi dari diagram p-h	44
Tabel 25 Nilai laju aliran massa dengan variasi refrigeran.....	45
Tabel 26 Nilai Spesifik Heat (Cp Refrigeran).....	45
Tabel 27 Perbedaan temperatur selama proses pendinginan (ΔT_{ref}).....	46
Tabel 28 Kesebandingan beban pendingin dan beban panas	47
Tabel 29 Nilai W atau efek refrigerasi	47
Tabel 30 Nilai besar laju aliran massa	48
Tabel 31 Nilai daya kompressor	48
Tabel 32 Nilai kalor yang dilepas oleh kondensor.....	48
Tabel 33 Nilai beban kalor evaporator.....	48
Tabel 34 Nilai COP (<i>Coefficient of performance</i>).....	49



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
A	Luas dinding, atap, lantai (m^2)
ΔT	Selisih antara temperatur udara luar dan dalam ($^{\circ}C$)
CFD	Computational Fluid Dynamic
C_p	Panas spesifik produk (kJ/kgK)
ρ_{ud}	Massa jenis udara (kg/m^3)
f	Frekuensi pembukaan palka perjam
h_1	<i>Entalpi</i> refrigeran titik 1 (kJ/kg)
h_2	<i>Entalpi</i> refrigeran titik 2 (kJ/kg)
h_3	<i>Entalpi</i> refrigeran titik 3 (kJ/kg)
h_4	<i>Entalpi</i> refrigeran titik 4 (kJ/kg)
k	Konduktivitas termal ($W/m^2^{\circ}C$)
m	Massa produk (kg)
\dot{m}	Laju refrigeran (kg/s)
V	Volume ruangan (m^3)
Q	Beban kalor pendingin (kW)
ρ	Berat Jenis (kg/m^3)
t_o	Temperatur awal produk sebelum masuk ruang (K)
t_i	Temperatur akhir produk dalam ruang (K)
U	Koefisien perpindahan panas ($W/m^2^{\circ}C$)
W	Efek refrigerasi (kJ/kg)
x	Ketebalan material (m)
LOA	Panjang keseluruhan kapal (m)
B	Sarat (m)
T	Sarat Kapal (m)
H	Tinggi kapal (m)
	<i>Ozone depletion potential</i> (potensi kerusakan ozon)
	Global warming potential (potensi pemanasan global)
	<i>Coefficient of performance</i>



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel <i>Physical Properties</i> R-134a.....	55
Lampiran 2 Tabel <i>Physical Properties</i> R-32	55
Lampiran 3 Tabel <i>Physical Properties</i> R-407c.....	56
Lampiran 4 <i>Mollier Diagram Refrigerant</i> R-134a	56
Lampiran 5 <i>Mollier Diagram Refrigerant</i> R-32	57
Lampiran 6 <i>Mollier Diagram Refrigerant</i> R-407c	57
Lampiran 7 Detail Pipa Evaporator.....	58
Lampiran 8 Keyplan Sistem RSW pada Kapal ikan pelat datar	58
Lampiran 9 Sifat-sifat Udara pada Tekanan Atmosfer	59



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada kehadirat Allah SWT, karena berkat dan Rahmat-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal ini dengan judul “SIMULASI KINERJA SISTEM PENDINGIN PALKA IKAN KAPAL PELAT DATAR AKIBAT PERUBAHAN *REFRIGERANT*” dapat disusun dan diselesaikan dengan baik. Penelitian ini dibuat untuk memenuhi syarat menyelesaikan program sarjana (S1) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada beberapa pihak yang berjasa selama saya kuliah:

1. Penulis sendiri karena telah mampu berjuang dan mampu bertahan hingga saat ini.
2. Bapak Firman S Kanro dan Ibu Sinar selaku orang tua penulis karena telah menjadi orang tua terhebat yang selalu memberikan motivasi, nasehat, perhatian dan kasih sayang serta doa yang tentu takkan bisa penulis balas.
3. Ibu Ir. Hj. Syerly Klara, M.T selaku pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan arahan, bimbingan, arahan, serta motivasi dari awal hingga akhir penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Surya Hariyanto, S.T, M.T dan Bapak Muhammad Iqbal Nikmatullah, S.T, M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat konstruktif untuk perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Terima kasih atas waktu, perhatian, dan bimbingan yang diberikan selama proses ujian.
5. Dr. Eng. Faisal Mahmudin, S.T., M. Tech, M. Eng. Selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
6. Dosen – dosen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu, motivasi serta bimbingannya selama proses perkuliahan
7. Staff Tata Usaha Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan dan juga dalam penyelesaian skripsi ini
8. Teman – teman KORTNOZZLE'19 yang telah memberikan bantuan, pengalaman baru yang tidak akan penulis lupakan termasuk berbagai rasa dan canda tawa
9. Serta seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu menguatkan penulis, memberi motivasi yang sangat bermanfaat bagi penulis.



Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat serta kontribusi bagi pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Akhir kata, penulis berharap semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan Rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakathu

Makassar, Juli 2024

Penulis



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perikanan dan kelautan merupakan salah satu sumber daya alam Indonesia yang potensial untuk meningkatkan sektor perekonomian. Upaya pertumbuhan ekonomi di bidang kelautan dan perikanan antara lain dengan meningkatkan pemanfaatan sumber daya perairan dan produksi hasil perikanan laut melalui kegiatan penangkapan ikan. Oleh karena itu peran kapal nelayan sangat penting dalam penangkapan ikan. (Nurlina, N. 2018). Kapal adalah alat angkut yang digunakan manusia untuk mengangkut barang atau penumpang dari suatu tempat ke tempat lain di laut dan dibangun oleh manusia sesuai dengan kebutuhan kapal yang berbeda-beda. Salah satu model kapal perikanan yang ada yaitu kapal pelat datar.

Temperatur merupakan indikator yang sangat mempengaruhi kesegaran dan tingkat kualitas produk sumber daya perairan. Pentingnya hasil sumberdaya perairan yang terjaga kualitasnya akan berdampak pada perekonomian para penangkapnya seperti nelayan. Untuk menjamin semua itu dibutuhkan Refrigerated Sea Water (RSW) yang merupakan sebuah teknologi penanganan hasil tangkap yang dirancang khusus, dipasang sebagai tempat menampung ikan/palka kapal sehingga ikan hasil tangkapan khususnya jenis ikan tertentu yang mempunyai nilai ekonomis dan dapat dipertahankan kualitasnya ketika melakukan perjalanan jangka panjang dari laut ke daratan (Nurlina, N. 2018).

Refrigerator merupakan alat yang digunakan untuk melepaskan kalor baik dari suatu objek dan juga dari suatu ruangan ke lingkungan di sekitarnya sehingga objek atau ruangan tersebut temperaturnya lebih rendah dibandingkan lingkungannya. Hingga saat ini, refrigeran yang masih banyak digunakan adalah refrigeran R22, sejak tahun 2015 penggunaan refrigeran R22 ini sudah dilarang penggunaannya dalam peraturan pemerintah melalui Departemen Perindustrian dan Perdagangan nomor (41/M-IND/PER/5/2014), (40/M-DAG/PER/7/2014) dan

AG/PER/9/2014) menyatakan bahwa dengan ini freon dengan jenis R22 us dan tidak lagi diizinkan untuk digunakan lagi. Penggunaan refrigeran yebabkan dampak negatif terhadap lingkungan seperti penipisan lapisan



ozon dan peningkatan temperatur di bumi sehingga dibutuhkan refrigeran substitusi atau refrigeran pengganti yang ramah lingkungan. Oleh sebab itu dibutuhkan jenis refrigeran pengganti atau substitusi yang lebih ramah lingkungan. Namun refrigeran substitusi yang akan menggantikan refrigeran R22 harus memiliki spesifikasi yang kurang lebih hampir sama. Karena apabila spesifikasinya berbeda jauh, akan mengakibatkan kerusakan komponen pada AC tersebut serta efisiensi pendinginannya akan menurun. Salah satu jenis refrigeran yang memiliki spesifikasi hampir sama dengan R22 adalah R32, R290, R410A, R125, R134A, R407C. (Nurlina, N. 2018). Dalam penelitian ini refrigeran yang digunakan ialah refrigeran R134A, R32, dan R407C karena pada ketiga refrigeran ini memiliki nilai ODP dan GWP yang rendah dan Flammability (tingkat mudah terbakar freon) yang ramah lingkungan. (Al Huda, N., & Prayogi, U. 2022)

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan *software* yang berfungsi menganalisa sistem yang mencakup aliran fluida, perpindahan panas, dan fenomena yang terkait serta mampu membantu dalam menganalisa performa dari palka dan pipa evaporator. (Al-Shemmeri, 2012). Maka dari itu, penelitian ini akan berfokus pada penganalisaan penentuan *Refrigerated Sea Water System* Pada Palka Kapal Ikan Pelat Datar Menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana kinerja cairan refrigeran R134A, R32, dan R407C pada pendingin palka kapal ikan pelat datar?
2. Berapa temperatur yang dihasilkan dengan jenis refrigeran R134A, R32, dan R407C?

1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

getahui kinerja cairan refrigeran R134A, R32, dan R407C pada pendingin a kapal ikan pelat datar.



2. Menganalisa temperature yang dihasilkan dengan jenis refrigeran R134A, R32, dan R407C.

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

Dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak yang berkepentingan. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dapat memberikan informasi jenis refrigeran sistem pendingin air laut pada kapal.
2. Penelitian ini diharapkan bisa memberikan ide alternatif jenis refrigeran untuk pendingin air laut pada kapal.

1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan

Dari permasalahan penelitian ini yang harus diperhatikan dalam penyelesaiannya maka diperlukan ruang lingkup atau asumsi perencanaannya agar pembahasan tidak meluas dan terfokus yaitu :

1. Objek penelitian ini yaitu kapal ikan pelat datar 10 GT.
2. Penelitian ini hanya mencakup di palka ikan dan evaporator
3. Jenis refrigeran yang digunakan yaitu refrigeran R32, R134A, dan R407C.
4. Penelitian ini dilakukan secara kuantitatif menggunakan metode simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)*.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Perikanan

Istilah dan definisi kapal perikanan yang berkembang di Masyarakat nelayan sangat beraneka ragam, melalui pengumpulan data tentang istilah dan definisi kapal perikanan baik dari studi lapangan maupun studi pustaka/literatur didapat suatu ssdefinisi kapal perikanan secara umum menurut referensi buku dari (Al-Shemmeri, 2012) definisi dari kapal perikanan, sebagai berikut:

- Kapal perikanan adalah kapal perahu atau alat apung lain yang digunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, budidaya ikan, pengangkut ikan pengolah ikan, pelatihan perikanan dan penelitian/eksplorasi perikanan.
- Kapal perikanan adalah kapal yang dibangun untuk melakukan pekerjaan-pekerjaan usaha penangkapan ikan dengan ukuran, rancangan bentuk dek, kapasitas muat, akomodasi, mesin serta berbagai perlengkapan yang secara keseluruhan disesuaikan dengan fungsi dalam rencana operasi.
- Undang-Undang RI nomor 31/2004 memberikan pengertian kapal perikanan sebagai kapal, perahu, atau alat apung lainnya yang dipergunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pengolahan ikan, pelatihan perikanan, dan penelitian/eksplorasi perikanan.

2.2 Kapal Ikan Pelat Datar

Kapal ikan pelat datar seperti yang terlihat pada gambar 1 merupakan sebuah teknologi inovatif kapal dengan menggunakan baja sebagai material utama. Teknologi ini merupakan yang pertama di Indonesia. Kapal ini disebut kapal pelat datar karena seluruh konstruksi badan kapal dibangun dengan pelat baja datar tanpa

proses pelengkungan pelat (*bending process*). Melalui teknologi ini dapat lkan kapal dengan waktu yang lebih cepat dan biaya produksi lebih





Gambar 1 Kapal Ikan Pelat Datar

2.3 Sistem Refrigerasi

Sistem refrigerasi adalah suatu sistem yang dirancang untuk menghilangkan panas dari suatu ruang atau benda dan memindahkannya ke lingkungan sekitarnya. Tujuan utama dari sistem ini adalah untuk menjaga temperatur suatu ruangan atau benda pada tingkat tertentu atau bahkan lebih rendah dari temperatur lingkungan.

Sistem refrigerasi berkerja berdasarkan prinsip dasar bahwa panas dapat dipindahkan dari suatu tempat ke tempat lain dengan menggunakan zat pendingin. Proses ini melibatkan perubahan fase zat dari cair ke gas dan sebaliknya. Komponen utama dalam sistem refrigerasi melibatkan kompresor, kondensor, ekspansi valve (katup ekspansi), dan evaporator.

2.3.1 Prinsip Penyimpanan Ikan

Dalam kehidupan sehari-hari, teknologi refrigerasi lebih dikenal dalam bentuk produknya yang berupa es, lemari dingin (refrigerator rumah tangga), pabrik es dan lain-lain. Dalam bidang perikanan contoh penggunaan *cold storage* yaitu



untuk penyimpanan ikan. Ikan tergolong pangan yang paling cepat rusak dikarenakan oleh kegiatan bakteri di dalamnya dan teknik refrigerasi lah terbukti mampu mengawetkannya. Ada beberapa metode atau sistem

pendingin ikan di kapal namun dalam penelitian ini sistem yang digunakan adalah pendingin ikan dengan teknologi refrigerasi. (Riyadi *et al.* 2016)

Untuk lebih jelasnya hubungan temperatur dengan kegiatan bakteri dan mutu ikan dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1 Hubungan temperatur dengan kegiatan bakteri dan mutu ikan.

No	Temperatur (°C)	Kegiatan Bakteri	Mutu Ikan
Temperatur tinggi			
1	25-10	Luar biasa cepat	Cepat menurun daya awet sangat pendek (3-10 jam)
	10-2	Pertumbuhan lebih lambat	Mutu Turun lambat, daya awet pendek (2-5 hari)
Temperatur rendah			
2	2-1	Pertumbuhan bakteri jauh berkurang	Penurunan mutu agak dihambat, daya awet wajar. (3-10 hari)
	-1	Kegiatan dapat ditekan	Sebagai ikan basah penurunan minimum, daya awet ikan basah (5-20 hari)
Temperatur sangat rendah			
3	-2 - -10	Ditekan, tidak aktif	Penurunan mutu minimum ikan jadi beku, daya awet panjang (7-30hari)
	-18 dan lebih rendah	Ditekan minimum, bakteri tidak tersisa, tidak aktif	Mutu ikan beku lebih baik, daya awet sampai setahun

Sumber: Jurnal Teknik Perkapalan- Vol.4 No. 1 Januari 2016

Temperature air laut untuk mendinginkan ikan memiliki kriteria tersendiri, mutu ikan dengan suhu 10-2 °C menyebabkan mutu turun lambat, daya awet pendek dengan waktu yang dicapai selama 2-5 hari. Mulai dari 5 °C yang hanya cukup untuk mengawetkan ikan selama 4 hari, dan jika sampai -1 °C maka daya awet ikan dapat diperpanjang menjadi 15 bahkan 20 hari. (Riyadi *et al.* 2016)

2.3.2 Isolasi Ruang Palka



ng palka merupakan bagian di sebuah kapal yang berfungsi sebagai wadah menyimpan hasil tangkapan berupa ikan dan biasanya dilengkapi oleh

sistem isolasi ruang palka yang berfungsi sebagai penghalang panas dari luar untuk masuk ke dalam ruang palka.

Pada umumnya bahan isolasi yang digunakan harus bersih, tidak menimbulkan cacat pada bahan yang tersimpan didalamnya, kuat terhadap guncangan dan benturan, tidak mengandung racun serta tidak menimbulkan bau, merubah rasa dan warna bahan yang diawetkan.

Beberapa karakteristik terpenting dari perbedaan material isolasi yaitu:

- *Celluler glass*, padat dan digunakan di lantai dimana factor berat tidak masalah dan keuntungannya kekeuatan kompresinya tinggi.
- *Glass fiber*, ringan namun tidak dapat menahan berat dan tidak tahan terhadap uap air.
- *Polyurethane* dan *polyisocyanorate* adalah jenis isolasi yang memiliki konduktivitas termal paling rendah sehingga sangat baik dalam meredam panas.
- *Glass fiber* dan *molded polystyrene* adalah isolasi yang paling murah, sementara yang paling mahal yaitu *cellular glass*. (Stoecker, 1998).

2.3.3 Refrigerasi

Refrigerasi adalah suatu proses penyerapan panas dari suatu zat atau produksi sehingga temperaturnya berada dibawah temperatur lingkungan. Mesin refrigerasi yang disebut juga mesin pendingin adalah mesin yang dapat menimbulkan efek refrigerasi, sedangkan refrigeran adalah zat yang digunakan sebagai fluida kerja dalam proses penyerapan panas. Dalam perencanaan sebuah sistim refrigrasi, hal terpenting yang harus diketahui adalah beban pendinginan, untuk mendapat beban pendingin yang tepat harus mempertimbangkan seluruh sumber kalor atau panas yang terdapat diruang pendinginan tersebut. Namun cara perhitungan yang tepat dan mencakup secara keseluruhan dari sumber beban kalor tidak mudah, karena ada beberapa sumber kalor yang sulit diramalkan dan sulit untuk dihitung (Sutrisno, S., Azharudin, A., & Irawan, F. 2015).

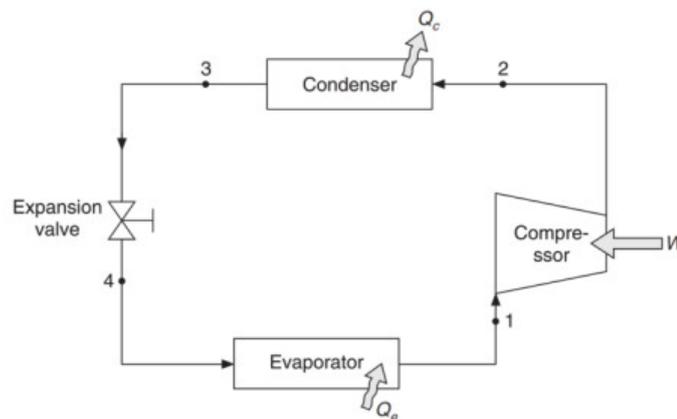


insip Kerja Sistem Refrigerasi

Cara kerja Sistem Pendingin dapat dijelaskan sebagai berikut, kompresor yang ada pada sistem pendingin dipergunakan sebagai alat untuk menampatkan fluida kerja (refrigeran), jadi refrigeran yang masuk ke dalam kompresor oleh kompresor tersebut.

Pada bagian kondensor ini refrigeran yang telah dimampatkan akan di kondensasikan sehingga berubah fase dari refrigeran fase uap lanjut akan berubah keadaan menjadi refrigeran fase cair, dengan adanya perubahan fase dari fase uap ke fase cair maka refrigeran mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung didalam refrigeran. Pada kondensor tekanan refrigeran yang berada dalam pipa-pipa kondensor relatif jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan refrigeran yang berada pada pipi-pipa evaporator. Setelah refrigeran lewat kondensor dan setelah melepaskan kalor penguapan dari fase uap ke fase cair maka refrigeran dilewatkan melalui katup ekspansi. Katup ekspansi ini berfungsi untuk mengatur jumlah refrigeran yang akan masuk ke evaporator dan menurunkan tekanan refrigeran pada suatu harga tertentu sesuai dengan besarnya beban pendinginan. Dari katup ekspansi refrigeran dialirkan ke evaporator, di dalam evaporator ini refrigeran akan berubah keadaannya dari fase cair ke fase uap. Untuk merubahnya dari fase cair ke refrigeran fase uap maka proses ini membutuhkan energi yaitu energi penguapan, dalam hal ini energi yang dipergunakan adalah energi yang berada di dalam substansi yang akan didinginkan (Sitepu & Farid, 2019).

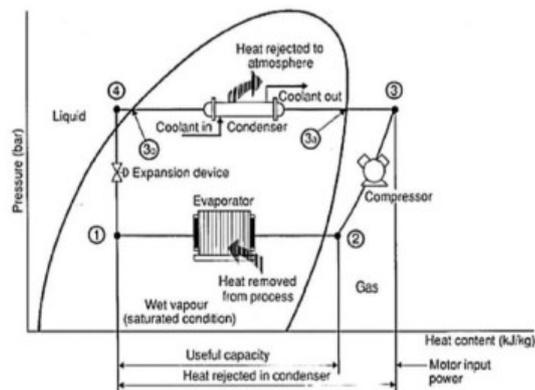
Untuk lebih mudahnya, tahapan sistem refrigerasi dapat dilihat dalam gambar 2 dan 3.



Gambar 2 Gambaran skematis siklus refrigerasi kompresi uap
Sumber: Arora, R.C.,2009:122



- 1-2. Cairan refrigeran yang berada dalam evaporator diubah menjadi gas, dan pada keluaran evaporator gas ini diberi pemanasan berlebih / *superheated Gas*.
- 2-3. Uap dari evaporator yang telah diberi panas berlebih bergerak menuju kompresor dimana tekanannya akan ditingkatkan sehingga temperaturnya pun akan meningkat. Sebab bagian energi yang menuju proses kompresi dipindahkan ke refrigeran.
- 3-4. Superheated gas bertekanan tinggi lewat dari kompresor menuju kondenser. Bagian awal proses refrigerasi (3-3a) menurunkan panas superheated gas sebelum gas ini dikembalikan menjadi bentuk cairan (3a-3b). Refrigerasi untuk proses ini biasanya dicapai dengan menggunakan udara atau air. Penurunan temperatur lebih lanjut terjadi pada pekerjaan pipa dan penerima cairan (3b - 4), sehingga cairan refrigeran didinginkan ke tingkat lebih rendah ketika cairan ini menuju alat ekspansi.
- 4-1. Cairan yang sudah didinginkan dan bertekanan tinggi melintas melalui peralatan ekspansi, yang mana akan mengurangi tekanan dan mengendalikan aliran menuju kondenser harus mampu membuang panas gabungan yang masuk evaporator dan kondenser.



Gambar 3 P-h diagram Sistem Kompresi Uap

2.3.5 Komponen Utama Sistem Refrigerasi



komponen pokok atau komponen utama adalah komponen-komponen yang ada dalam sebuah sistem refrigerasi. Komponen utama tersebut meliputi kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Tiap-tiap komponen dalam

sistem refrigerasi ini memiliki fungsinya masing-masing juga sifat-sifat tersendiri. Menurut penelitian dari (Arora, R.C.,2009) :

- **Kompresor**

Kompresor dikenal sebagai jantung dari suatu system refrigerasi, dan digunakan untuk menghisap dan menaikkan tekanan uap refrigeran yang berasal dari evaporator. Bagian pemipaan yang menghubungkan antara evaporator dengan kompresor dikenal sebagai saluran hisap(*suction line*). Kompresor refrigerasi yang paling umum adalah kompresor torak (*reciprocating compressor*), sekrup (*screw*), sentrifugal, sudu. Berdasarkan cara kerjanya kompresor dapat dibedakan menjadi dua, yaitu kompresor torak dan kompresor rotari.

Untuk menentukan besarnya kerja kompresor (W) maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$W_{\text{kompresor}} = \dot{m} (h_1 - h_2) \quad (1)$$

Dimana:

\dot{m} = Laju aliran massa (kg/s)

h_1 = Entalpi refrigeran pada saat masuk kompresor (kJ/kg)

h_2 = Entalpi refrigeran ketika keluar dari kompresor (kJ/kg)

- **Kondensor**

Pengembun atau kondensor adalah bagian dari refrigerasi yang menerima uap refrigeran tekanan tinggi yang panas dari kompresor dan mengenyahkan panas pengembunan itu dengan cara mendinginkan uap refrigeran tekanan tinggi yang panas ke titik embunnya dengan cara mengenyahkan panas sensibelnya. Pengenyahan selanjutnya panas laten menyebabkan uap itu mengembun menjadi cairan.

Pada kondensor terjadi pelepasan kalor, jumlah kalor yang dilepaskan pada

or dapat dihitung dengan rumus:

$$Q_{\text{kondensor}} = \dot{m} (h_3 - h_2) \quad (2)$$



\dot{m} = Laju aliran massa (kg/s)

h_3 = Entalpi refrigeran pada saat keluar dari kondensor (kJ/kg)

h_2 = Entalpi refrigeran pada saat masuk dari kondensor (kJ/kg)

- **Katup Ekspansi**

Katup ekspansi dipergunakan untuk mengekspansikan secara adiabatik cairan refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi sampai mencapai tingkat keadaan tekanan dan temperatur rendah. Pada waktu katup ekspansi membuka saluran sesuai dengan jumlah refrigeran yang diperlukan oleh evaporator, sehingga refrigeran menguap sempurna pada waktu keluar dari evaporator.

Apabila beban pendingin turun, atau apabila katup ekspansi membuka lebih lebar, maka refrigeran didalam evaporator tidak menguap sempurna, sehingga refrigeran yang terhisap masuk kedalam kompresor mengandung cairan. Jika jumlah refrigeran yang mencair berjumlah lebih banyak atau apabila kompresor mengisap cairan, maka akan terjadi pukulan cairan (*Liquid hammer*) yang dapat merusak kompresor.

- **Evaporator**

Evaporator adalah komponen yang digunakan untuk mengambil kalor dari suatu ruangan atau suatu benda yang bersentuhan dengannya. Evaporator berguna untuk menguapkan cairan refrigeran, penguapan refrigeran akan menyerap panas dari bahan / ruangan, sehingga ruangan disekitar menjadi dingin. Penempatan evaporator dibedakan menjadi empat macam sesuai dengan keadaan refrigeran didalamnya, yaitu :

1. Evaporator kering (*dry expansion evaporator*)
2. Evaporator setengah basah
3. Evaporator basah (*flooded evaporator*), dan
4. Sistem pompa cairan

Pada evaporator kering, cairan refrigeran yang masuk kedalam evaporator dalam keadaan campuran cair dan uap, sehingga keluar dari evaporator dalam uap kering, karena sebagian besar dari evaporator terisi uap maka an kalor tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan evaporator basah.



Namun, evaporator kering tidak memerlukan banyak refrigeran, disamping itu jumlah minyak pelumas yang tertinggal didalam evaporator sangat kecil. Pada evaporator jenis setengah basah, kondisi refrigeran antara evaporator jenis ekspansi kering dan evaporator jenis basah.

Pada evaporator basah terdapat sebuah akumulator untuk menampung refrigeran cair dan gas, dari akumulator tersebut bahan pendingin cair mengalir ke evaporator dan menguap didalamnya. Sisa refrigeran yang tidak sempat menguap di evaporator kembali kedalam akumulator, didalam akumulator refrigeran cair berada dibawah tabung sedangkan yang berupa gas berada diatas tabung.

- **Refrigeran**

Menurut *Association Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineer* Refrigeran adalah zat yang mengalir dalam mesin pendingin (mesin refrigerasi atau mesin pengkondisian udara/AC). Refrigeran merupakan komponen terpenting siklus refrigerasi karena dialah yang menimbulkan efek pendinginan dan pemanasan pada mesin pendinginan. Adapun pengertian lainnya adalah Refrigerasi atau pendinginan merupakan proses pengambilan atau pengeluaran kalor dari suatu materi atau ruangan dan mempertahankan keadaannya sedemikian rupa sehingga temperaturnya lebih rendah dari pada lingkungan sekitarnya. Menurut Taslim Rudatin (1992) dalam Fajar (2021) Persyaratan yang harus dimiliki oleh suatu refrigeran antara lain adalah:

- Titik penguapan yang rendah
- Kestabilan tekanan
- Panas laten yang tinggi
- Mudah mengembun pada temperatur ruang
- Mudah bercampur dengan oli pelumas
- Tidak korosif
- Tidak mudah terbakar
- Tidak beracun



2.4 Jenis Pendingin *Refrigerated Sea Water*

Refrigerated Sea Water adalah Media pendingin air yang digunakan dengan alat mekanis disebut juga dengan *Refrigerated sea water* (RSW). Alat mekanik yang digunakan untuk mendinginkan air laut tersebut adalah refrigerator. Evaporator yang merupakan bagian dari refrigerator disimpan pada salah satu dinding tangki. Evaporator ini berfungsi untuk mendinginkan air laut dengan menyerap panas yang dikeluarkan oleh ikan maupun air laut.

Air dingin disirkulasi ke dalam tangki penyimpanan dan selanjutnya dialirkan kembali melewati refrigerator dengan pompa. Air yang telah melewati refrigerator akan menjadi dingin dan selanjutnya disirkulasi kembali ke tangki penyimpanan.

Penggunaan ikan dengan menggunakan sistem RSW banyak di gunakan oleh kapal penangkapan ikan yang berukuran besar. Pada umumnya, kapal-kapal besar tersebut dalam melakukan penangkapan ikan sampai berbulan-bulan lamanya sehingga media pendingin yang digunakan harus mampu mempertahankan hasil tangkapannya sampai kapal tersebut berlabuh. (Sutrisno, S., Azharudin, A., & Irawan, F. 2015).

2.5 Prinsip Kerja *Refrigerated Sea Water*

Sistem *Refrigerated Sea Water* (RSW) adalah sistem pendinginan untuk kapal ikan. Pada prinsipnya air laut disirkulasikan oleh pompa melalui tangki dan sistem pendingin, air laut didinginkan oleh pendinginan mesin sebelum memasuki tangki di bagian bawah dan didistribusikan secara merata melalui plat berlubang.

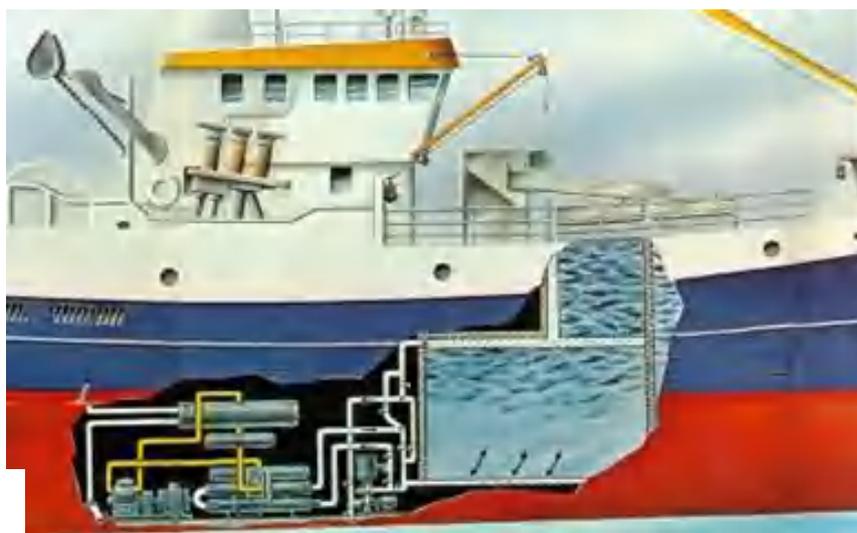
Cara kerja RSW ialah Refrigeran ditampung dalam suatu receiver yang kemudian dialirkan ke evaporator melalui katup ekspansi yang berfungsi untuk mengubah refrigerant cair tekanan tinggi menjadi refrigeran cair bertekanan rendah dengan menginjeksikan melalui lubang kecil. Lalu setelah itu refrigeran cair tersebut masuk ke dalam evaporator dan mengambil panas dari air asin, air atau udara sehingga refrigeran cair berubah menjadi bentuk gas. Setelah itu refrigeran h berubah dalam bentuk gas bertemperatur dan bertekanan rendah dan ipresikannya sehingga menjadi refrigerant gas bertemperatur dan un tinggi yang kemudian masuk ke kondensor untuk kemudian *refrigerant*



gas diubah menjadi refrigerant cair, dengan air atau udara. refrigeran gas yang telah diubah menjadi refrigeran cair tersebut lalu dialirkan ke receiver kemudian disirkulasikan kembali ke evaporator melalui katup ekspansi.

Air laut yang didinginkan di dalam sistem RSW ini dimasukkan ke dalam ruang palkah apabila temperatur yang dikehendaki telah terpenuhi. Air laut yang digunakan harus bersih yang tidak tercemar oleh bahan-bahan beracun yang dapat menyebabkan toksisitas pada manusia. Air laut didinginkan terlebih dahulu pada suatu palka sebelum ikan dimasukkan ke dalam palkah. Ikan yang sudah ditangkap kemudian dimasukkan ke dalam palkah dengan perbandingan air laut dengan ikan adalah 4 : 1.

Dalam proses ini, apabila air laut yang bercampur dengan ikan menjadi kotor, maka air laut dalam palkah tersebut bisa dibuang dan diganti secara bertahap dengan air laut yang baru. Begitu seterusnya agar dapat mempertahankan kualitas air yang berdampak pada kesegaran ikan itu sendiri. Temperature air laut untuk mendinginkan ikan memiliki kriteria tersendiri, mutu ikan dengan suhu 10-2 °C menyebabkan mutu turun lambat, daya awet pendek dengan waktu yang dicapai selama 2-5 hari. mulai dari 5 °C yang hanya cukup untuk mengawetkan ikan selama 4 hari, dan jika sampai -1 °C maka daya awet ikan dapat diperpanjang menjadi 15 bahkan 20 hari (Untung Budiarto, 2016). Gambar system RSW pada kapal dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Sistem RSW pada kapal
(Sintek Vol.10 No 2)



2.6 Kapasitas Beban Pendingin

Berikut ini merupakan beberapa tinjauan pustaka yang digunakan untuk menghitung kapasitas total beban pendingin :

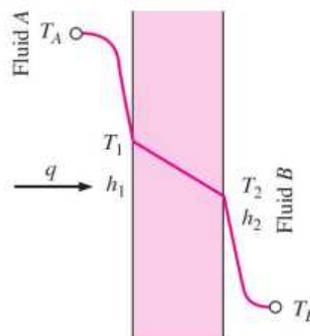
2.6.1 Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (U)

Dalam proses perpindahan kalor, tidak menutup kemungkinan laju perpindahan kalor konduksi, konveksi dan radiasi terjadi dalam waktu yang bersamaan. Untuk itu perlu diketahui besarnya koefisien perpindahan kalor total. Pada dinding datar seperti pada gambar 5, dimana pada satu sisinya terdapat fluida panas A dan pada sisi lainnya terdapat fluida B yang lebih dingin, perpindahan kalor dinyatakan : (Holman J.P., 2010:33).

$$q = h_1 \cdot A \cdot (T_A - T_1) = \frac{kA}{\Delta x} (T_1 - T_2) = h_2 \cdot A \cdot (T_2 - T_B) \quad (3)$$

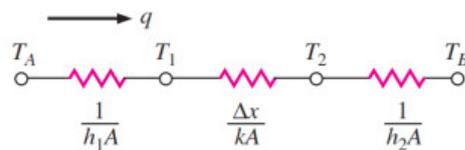
Proses perpindahan kalor ini dapat digambarkan dengan jaringan tahanan *thermal* seperti pada gambar 5 dan 6. dengan demikian perpindahan kalor menyeluruh dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$q = \frac{T_A - T_B}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{\Delta x}{kA} + \frac{1}{h_2 A}} \quad (4)$$



Gambar 5 Perpindahan kalor menyeluruh melalui dinding datar



Gambar 6 Jaringan tahanan *thermal*

Dengan demikian, koefisien perpindahan kalor menyeluruh dapat dihitung dengan menggunakan persamaan : (Holman J.P., 2010:33)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{in}} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_{out}}} \quad (5)$$

2.6.2 Beban Pendingin

Beban pendingin meliputi:

- Panas mengalir kedalam ruang pendingin dari konduksi luar melalui dinding yang diisolasi.
- Panas masuk ke ruang secara langsung oleh sinar matahari melalui kaca atau material lain yang transparan.
- Panas mengalir kedalam ruang pendingin oleh udara panas masuk melalui bukaan pintu atau melalui keretakan pada jendela atau pintu.
- Panas dari produk ketika temperatur produk diturunkan ke tingkat yang diinginkan.
- Panas dari orang pada saat beraktivitas didalam ruang pendingin.
- Panas dari peralatan yang terletak didalam ruang produk, seperti motor elektrik, lampu, peralatan elektronik, tabel uap, material handling equipment. (Dossat)

Beberapa persamaan untuk menghitung beban pendingin:

- Beban Transmisi (Q1)

$$Q1 = U \times A \times Td \quad (6)$$



= Aliran panas melalui boundary (Kj/hr)

= Luas permukaan dinding (m²)

T_d = Perbedaan temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

Dengan persamaan koefisien pengaliran panas seperti berikut :

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_{in}} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \dots + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{h_{out}}\right)} \quad (7)$$

Dimana :

U = Koefisien perpindahan panas ($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$)

h_{in} = Koefisien konveksi dalam ($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$)

h_{out} = Koefisien konveksi luar ($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$)

x = Tebal setiap lapisan material (m)

k = Konduktivitas *thermal* ($\text{kkal}/\text{m s}^{\circ}\text{C}$)

- Beban solar atau radiasi (Q_2)

$$Q_2 = U \times A \times (T_e - T_i) \quad (8)$$

Dimana:

Q_2 = Aliran panas radiasi (kW)

U = Koefisien perpindahan panas ($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$)

A = Luas permukaan dinding atap (m^2)

T_e = Temperatur efektif ($^{\circ}\text{C}$)

T_i = Temperatur didalam ruang pendingin ($^{\circ}\text{C}$)

- Beban personel atau orang (Q_3)

$$Q_3 = \text{faktor} \times P_n \times \text{hr} \quad (9)$$

Dimana:

Q_3 = Panas orang (kW)

Faktor = Lihat Tabel atau Grafik Faktor panas per orang

P_n = Jumlah orang

= Lama orang didalam ruang palka (jam)



eban infiltrasi (Q_4)

$$Q4 = V * airchanges * 0,075(ho - hi)r \quad (10)$$

Dimana:

- Q4 = Panas infiltrasi (kW)
- V = Volume udara di ruang palka (m³)
- ho = Enthalpy pada temperatur udara luar (kJ/kg)
- hi = Enthalpy pada temperatur udara dalam (kJ/kg)
- Air changes = per 24hr

- Beban Produk (Ikan) (Q5)

$$Q5a = m \times c \times \Delta t \quad (11)$$

Dimana:

- Q5 = Jumlah panas produk (kW)
- m = Massa produk (kg)
- c = Panas spesifik sebelum pembekuan (kJ/kg°C)
- ΔT = Perubahan temperatur produk awal (°C)

2.6.3 Kesebandingan Beban Panas dan Beban Pendingin

Dengan menggunakan metode J.P Holman yang menyatakan bahwa beban pendingin harus sama dengan beban panas dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\dot{m}_{ref} \cdot C_{p ref} \cdot \Delta T_{ref} = \dot{m}_{sw} \cdot C_{p sw} \cdot \Delta T_{sw} \quad 12$$

Dimana:

Laju aliran massa refrigeran menggunakan persamaan berikut:

$$\dot{m} = \frac{Q \text{ total beban pendingin}}{w} \quad (\text{kg/s}) \quad 13$$

Perbedaan temperatur refrigeran menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta T_{ref} = T_{out} - T_{in} \quad (^\circ\text{C}) \quad 14$$

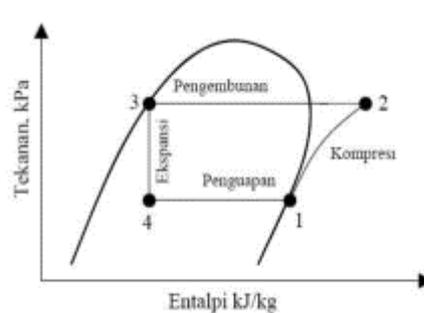
Perbedaan temperatur antara beban pendingin dan beban panas menggunakan persamaan

$$\Delta T_{water} = Q_{refrigeran} \quad 15$$



2.6.4 Variabel Kinerja Refrigeran

Untuk menentukan besarnya beban pada mesin pendingin sebagaimana terlihat dalam gambar, diperlukan perhitungan kerja pada setiap komponen sistem siklus pendingin, termasuk kondensor, kompresor, evaporator, dan katup ekspansi (Stoecker, 1982).



Gambar 7 Diagram Tekanan terhadap entalpi

1. Usaha pendingin refrigerasi atau efek refrigerasi

$$W = h_1 - h_4 \text{ (kJ/kg)} \quad 16$$

Dimana :

h_1 = Enthalpi refrigerant titik 1 (kJ/kg)

h_4 = Enthalpi refrigerant titik 4 (kJ/kg)

2. Laju aliran pendingin refrigeran

Laju aliran pendingin adalah jumlah refrigeran yang disirkulasi tiap satuan waktu.

$$\dot{m} = \frac{Q \text{ total beban pendingin}}{w} \text{ (kg/s)} \quad 17$$

Dimana :

Q total beban pendingin = beban kalor pendingin (kW)

W = Efek refrigerasi (kJ/kg)

3. Kerja Kompresi

Kerja kompresi ditunjukkan oleh langkah 1-2. Dengan menggunakan persamaan dari (Stoecker,1982). Maka kerja kompresi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$m_p = \dot{m} (h_2 - h_1) \text{ (kJ/s)} \quad 18$$

imana :

\dot{m} = Laju refrigerant (kg/s)



h_2 = Enthalpi refrigerant titik 2 (kj/kg)

h_1 = Enthalpi refrigerant titik 1 (kj/kg)

4. Kerja Kondensor

Pada kondensor, uap refrigerant didinginkan, mengalirkan panas ke lingkungan dan mengalami kondensasi dari fase uap menjadi cair. Output dari kondensor adalah refrigeran cair dengan tekanan tinggi dan suhu rendah. Sehingga dapat di rumuskan sebagai berikut (Sungadiyanto,2006)

$$Q_{con} = \dot{m} (h_2 - h_3) \text{ (kj/s)} \quad 19$$

Dimana:

\dot{m} = Laju refrigerant (kg/s)

h_2 = Enthalpi refrigerant titik 2 (kj/kg)

h_3 = Enthalpi refrigerant titik 3 (kj/kg)

5. Kapasitas Refrigerant atau Kerja Evaporator

Kapasitas pendinginan mengindikasikan jumlah panas yang diserap oleh refrigerant dari lingkungan. Proses ini terjadi di evaporator dan ditunjukkan oleh proses 1-4 dapat dijabarkan dengan persamaan berikut ini:

$$Q_{ev} = \dot{m}(h_1 - h_4) \quad 20$$

Dimana:

\dot{m} = Laju refrigerant (kg/s)

h_1 = Enthalpi refrigerant titik 1 (kj/kg)

h_4 = Enthalpi refrigerant titik 4 (kj/kg)

6. Koefisien Prestasi (Coefficient of Performance)

Koefisien Prestasi (Coefficient of Performance atau COP) adalah perbandingan antara energi pendinginan yang dihasilkan oleh sistem pendingin untuk menghilangkan panas dari lingkungan dengan energi yang dikeluarkan oleh kompresor. COP merupakan ukuran efisiensi yang tidak memiliki satuan. Ini merupakan rasio antara energi pendinginan yang berguna (efek refrigerasi) dibagi dengan energi yang dibutuhkan oleh sistem (kerja kompresi). Semakin tinggi nilai COP, semakin efisien mesin pendingin tersebut. Untuk menghitung COP sistem pendingin, efek refrigerasi dibagi dengan kerja kompresi, sesuai dengan penjelasan (Stoecker, 1982 : 187).



$$COP = \frac{Q_{ev}}{W_{comp}} \quad 21$$

Dimana :

Q_{ev} = Kapasitas Refrigerasi (kw)

W_{comp} = Kerja Kompresor (kw)

2.7 ANSYS Computational Fluid Dynamics (CFD)

ANSYS merupakan software simulasi *engineering* multifisik dengan kapabilitas dan reputasi terbaik di pasaran, dengan aplikasi dan solusi yang sangat luas, mulai dari CAD, CAE yang meliputi Fluida, Struktur dan Elektromagnetik dan system, yang diperuntukkan untuk semua proses engineering dengan mengutamakan keakurasian, kehandalan teknologi dan kemudahan penggunaan sehingga memaksimalkan potensi dan kinerja perusahaan.

Computational Fluid Dynamics yang disingkat *CFD* adalah metode yang menggunakan angka, algoritma dan bantuan komputer untuk melakukan analisis perhitungannya. ANSYS sendiri memiliki dua modul basic untuk melakukan simulasi. Yakni ANSYS CFX dan ANSYS Fluent. Keduanya memiliki perbedaan GUI dalam melakukan simulasi. Fluent lebih mudah digunakan karena cukup simpel, sedangkan CFX memiliki keunggulan dalam hal command line.

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan perangkat metode numerik yang diaplikasikan untuk mendapatkan perkiraan solusi dari masalah fluida dinamis dan perpindahan panas. Pengaturan persamaan pada aliran fluida telah diketahui selama satu abad lamanya. Persamaannya kompleks, tetapi penyelesaiannya sangat berguna untuk mengerti aliran fluida, sehubungan dengan dinamik dan perpindahan panas (Yudhatama, 2018).

Dalam melakukan proses simulasi ANSYS terdapat tiga tahap utama yang dilakukan, yaitu:

1. Pre-processing

Pre-processing adalah tahap awal yang dilakukan dalam simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD). Dalam proses ini dilakukan beberapa tahap modelan geometri, dimana dalam memodelkan geometri dapat dilakukan dengan software ANSYS dan juga dapat dilakukan pada software lain seperti



solidworks, rhino dan lain sebagainya. Setelah melakukan pemodelan selanjutnya adalah proses meshing. Proses ini dilakukan berdasarkan geometri control volume. Meshing bertujuan untuk membuat model agar terdiri dari beberapa susunan agar model dapat dijadikan dan dianalisis oleh software ANSYS.

2. Processing

Tahap kedua setelah pre-processing ialah processing. Tahap ini adalah tahapan untuk mengatur colver model, viscous model, materials, boundary condition, control and monitoring conditions, serta initialize conditions. Kemudian dilakukan proses iterasi untuk menyelesaikan proses simulasi.

3. Post-Processing

Tahap terakhir pada simulasi ini adalah tahap post-processing didapatkan hasil dari simulasi berupa nilai suhu outlet, kecepatan maksimal, perpindahan panas pada surface. Selain nilai, didapatkan juga visualisasi persebaran panas dan kecepatan melewati susunan serrated fin tube. Dari nilai yang didapatkan akan diolah menjadi sebuah grafik .

