

**ANALISIS PENGARUH TEKANAN DAN LAJU ALIRAN SEA
WATER KONDENSOR TERHADAP EFEKTIFITAS KINERJA
MESIN PENDINGIN DI KAPAL MT RAON TERESA**



JEFDESON WILMARNBRISMAN RONALDO PAWOLE

NIT. 20.42.111

TEKNIKA

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV PELAYARAN

POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR

TAHUN 2025

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : JEFDESON WILMARNBRISMAN RONALDO P.
NIT : 20.42.111
Program Studi : Teknika

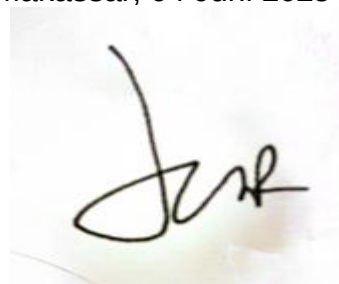
Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

**ANALISIS PENGARUH TEKANAN DAN LAJU ALIRAN SEA WATER
KONDENSOR TERHADAP EFEKTIFITAS KINERJA MESIN PENDINGIN
DI KAPAL MT RAON TERESA**

Merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam skripsi ini yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide yang saya susun sendiri.

Jika pernyataan diatas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Makassar, 04 Juni 2025



JEFDESON WILMARNBRISMAN
RONALDO PAWOLE
NIT: 20.42.111

**ANALISIS PENGARUH TEKANAN DAN LAJU ALIRAN SEA
WATER KONDENSOR TERHADAP EFEKTIFITAS KINERJA
MESIN PENDINGIN DI KAPAL MT RAON TERESA**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan
Program Pendidikan Diploma IV Pelayaran

Program Studi Teknika

Disusun dan Diajukan oleh

JEFDESON WILMARNBRISMAN RONALDO PAWOLE

NIT. 20.42.111

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV PELAYARAN
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025**

SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH TEKANAN DAN LAJU ALIRAN SEA WATER KONDENSOR TERHADAP EFEKTIFITAS KINERJA MESIN PENDINGIN DI KAPAL MT RAON TERESA

Disusun dan Diajukan oleh:

JEFDESON WILMARNBRISMAN RONALDO PAWOLE

NIT. 20.42.111

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Skripsi

Pada tanggal, 04 Juni 2025

Menyetujui:

Pembimbing I

Pembimbing II


Samsul Bahri, M.T., Mar.E
NIP. 197308282006041001


Suyanto, M.T., M.Mar.E
NIP. 0927047402

Mengetahui:

An. Direktur
Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Pembantu Direktur I

Ketua Program Studi Teknika


Capt. Faisal Saransi, M.T., M.Mar
NIP. 19780329 199903 1 002


Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P
NIP. 19760409 200604 1 001

PRAKATA

Alhamdulillah, saya bersyukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan Skripsi dengan judul "Analisis Pengaruh Tekanan Dan Laju Aliran Sea Water Kondensor Terhadap Efektifitas Kinerja Mesin Pendingin di Kapal MT Raon Teresa". Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan Diploma IV Perkapalan di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Selama proses penulisan Skripsi ini, saya menghadapi berbagai kendala, namun berkat bimbingan, arahan, dan kerjasama dari berbagai pihak, baik secara moral maupun materi, saya berhasil menyelesaikan Skripsi ini. Saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada kedua orang tua saya, Alimuddin dan Wahyuni, yang telah memberikan kasih sayang, cinta, doa, perhatian, serta dukungan moral dan materi selama ini. Saya berharap dapat menjadi anak yang dapat membanggakan mereka dan meningkatkan derajat keluarga kami.

1. Terima kasih kepada Bapak Capt. Rudy Susanto, M. Pd yang menjabat sebagai Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Juga kepada Bapak Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P yang menjadi Ketua Jurusan Teknik di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
3. Terima kasih kepada Samsul Bahri, M.T., Mar.E yang telah menjadi Pembimbing 1.
4. Begitu juga kepada Suyanto, M.T., M.Mar.E yang telah menjadi Pembimbing 2.
5. Serta kepada seluruh anggota akademik Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
6. Juga kepada Chief Engineer, Kapten, Masinis II, III, IV, dan seluruh kru kapal MT. RAON TERESA

Harapannya adalah agar semua kritik dan saran yang membangun akan saya terima dengan baik, sehingga pengetahuan saya di bidang Permesinan Kapal dapat terus meningkat. Semoga tulisan dalam tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, wawasan, serta inspirasi bagi para Taruna-Taruni Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar dan pembaca pada umumnya.

Makassar, 04 Juni 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Jefdeson Wilmarnbrisman Ronaldo Pawole', written on a light-colored background.

JEFDESON WILMARNBRISMAN
RONALDO PAWOLE
NIT. 20.42.111

ABSTRAK

JEFDESON WILMARNBRISMAN RONALDO PAWOLE 2025, “Analisis Kerusakan Pada Katup Masuk Dan Katup Tekan Kompresor Mesin Pendingin Bahan Makanan Di Kapal MT. Raon Taresa” (bimbingan dari Samsul Bahri dan Suyanto)

Mesin pendingin di kapal berperan penting dalam menjaga kualitas bahan makanan selama pelayaran. Pada kapal MT Raon Teresa, penurunan efektivitas mesin pendingin sering kali disebabkan oleh tekanan dan laju aliran sea water pada kondensor yang tidak optimal, akibat kotoran pada sea chest dan tube kondensor. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh tekanan dan laju aliran sea water pada kondensor terhadap efektivitas mesin pendingin.

Penelitian dilakukan secara kuantitatif deskriptif dengan pendekatan eksperimen pada sistem mesin pendingin kapal MT Raon Teresa. Data dikumpulkan melalui pengukuran langsung menggunakan manometer, flowmeter, dan termometer, serta didukung observasi lapangan, dokumentasi, dan wawancara dengan operator kapal. Pengolahan data dilakukan menggunakan analisis statistik deskriptif dan regresi linier untuk mengetahui hubungan antar variabel.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan tekanan dan laju aliran sea water yang disebabkan oleh kotoran pada sea chest dan tube kondensor berpengaruh signifikan terhadap menurunnya efektivitas mesin pendingin, yang berdampak pada peningkatan suhu ruang penyimpanan bahan makanan. Oleh karena itu, disarankan dilakukan pembersihan berkala, pemeriksaan material kondensor, penerapan sistem filtrasi, monitoring real-time, dan pelatihan operator agar sistem pendingin tetap optimal dan kualitas bahan makanan terjaga selama pelayaran.

Kata kunci: tekanan kondensor, laju aliran sea water, efektivitas mesin pendingin

ABSTRACT

JEFDESON WILMARNBRISMAN RONALDO PAWOLE JEFDESON WILMARNBRISMAN RONALDO PAWOLE 2025, "Analysis of Damage on the Inlet Valve and Discharge Valve of the Compressor in the Food Refrigeration Machine on MT. Raon Teresa" (supervised by Samsul Bahri and Suyanto)

The refrigeration machine on board a ship plays an important role in maintaining the quality of foodstuffs during the voyage. On the MT Raon Teresa, the decline in the effectiveness of the refrigeration machine is often caused by suboptimal pressure and sea water flow rate in the condenser, due to fouling in the sea chest and condenser tubes. This study aims to analyze the influence of pressure and sea water flow rate in the condenser on the effectiveness of the refrigeration machine.

This research was conducted using a descriptive quantitative method with an experimental approach on the refrigeration system of MT Raon Teresa. Data were collected through direct measurements using manometers, flowmeters, and thermometers, supported by field observations, documentation, and interviews with the ship's operators. Data processing was performed using descriptive statistical analysis and linear regression to identify relationships between variables.

The results indicate that the decrease in pressure and sea water flow rate caused by fouling in the sea chest and condenser tubes significantly affects the reduction in refrigeration machine effectiveness, resulting in increased temperatures in the food storage room. Therefore, regular cleaning, periodic inspection of condenser materials, implementation of filtration systems, real-time monitoring, and operator training are recommended to maintain optimal refrigeration system performance and preserve food quality during the voyage.

Keywords: condenser pressure, sea water flow rate, refrigeration machine effectiveness

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah	2
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	3
F. Hipotesis	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Pengertian Mesin Pendingin (Refrigerator)	5
B. Prinsip Kerja Mesin Pendingin	6
C. Bagian-Bagian Mesin Pendingin	8
D. Kondensor dan Peran Sea Water	18
E. Fouling pada Kondensor Tipe Shell and Tube	20
F. Tekanan Kondensor dan Laju Aliran Sea Water	21
G. Pengaruh Tekanan Kondensor	22
H. Dampak Penurunan Tekanan dan Laju Aliran Sea Water	24
I. Kerangka Pikir	27

BAB III METODE PENELITIAN	28
A. Jenis Penelitian	28
B. Definisi Konsep	28
C. Unit Analisis	29
D. Teknik Pengumpulan Data	29
E. Prosedur Pengolahan dan Analisis Data	30
F. Jadwal Penelitian	31
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	33
A. Hasil Penelitian	33
B. Hasil Pembahasan	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	54
A. Kesimpulan	54
B. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN A	57
LAMPIRAN B	61
RIWAYAT HIDUP	64

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Alur kerja Mesin Pendingin	7
Gambar 2. 2 Kompresor	9
Gambar 2. 3 Kondensor	11
Gambar 2. 4 Pipa Kapiler	12
Gambar 2. 5 Katup Ekspansi	15
Gambar 2. 6 Evaporator	17

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 langkah-langkah rancangan analisis	31
Tabel 4. 1 Ship Particular	34
Tabel 4. 2 Spesifikasi Kompresor	34
Tabel 4. 3 Detail Data Refrigerant	35
Tabel 4. 4 Temperature normal mesin pendingin	37
Tabel 4. 5 Kondisi Normal Mesin Pendingin	38
Tabel 4. 6 Kondisi Abnormal Mesin Pendingin	38
Tabel 4. 7 Kondisi Optimal Mesin Pendingin	39

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A.1 Surat Sing On Perusahaan	58
Lampiran A. 2 Surat Sing Off Perusahaan	59
Lampiran A. 3 Masa Layar	60
Lampiran B. 1 Gambar Kapal MT. Raon Taresa	62
Lampiran B. 2 Ship Particular	63
Lampiran B. 3 Crew List	64
Lampiran B. 4 Data Manual Book Condensor	65
Lampiran B. 5 Pembersihan Kondensor	66

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Permesinan bantu di atas kapal, khususnya mesin pendingin (refrigerator), memiliki peran penting dalam menjaga kualitas bahan makanan selama pelayaran. Gangguan pada salah satu komponen utama, yaitu condensor, sering kali menyebabkan ketidakstabilan suhu ruang pendingin, yang berdampak pada menurunnya daya tahan bahan makanan seperti daging, ikan, sayur-sayuran, dan buah-buahan. Fenomena yang sering terjadi (das sein) adalah kenaikan suhu ruang penyimpanan daging dan ikan hingga -9°C , jauh dari standar ideal -18°C hingga -22°C (das sollen). Hal ini biasanya disebabkan oleh tekanan tinggi akibat kerak atau kotoran yang menumpuk pada permukaan pipa condensor serta laju aliran sea water yang tidak optimal. Data menunjukkan bahwa kenaikan suhu sebesar 9°C dapat mengurangi daya tahan bahan makanan hingga 50%, meningkatkan risiko kerusakan dan pemborosan. Untuk itu, diperlukan penelitian mendalam yang menganalisis pengaruh tekanan dan laju aliran sea water pada condensor guna memastikan suhu tetap stabil dan sistem dapat bekerja secara optimal.

Penelitian ini relevan dengan kebijakan International Maritime Organization (IMO) yang menetapkan standar suhu ruang pendingin bahan makanan di kapal, serta kebijakan perusahaan pelayaran yang mewajibkan perawatan preventif pada mesin pendingin. Teori yang mendasari penelitian ini meliputi teori termodinamika, yang menjelaskan efisiensi condensor dalam perpindahan panas, dan teori aliran fluida, yang membahas hubungan antara laju aliran sea water dan proses pendinginan. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tekanan tinggi pada condensor dapat menurunkan efisiensi hingga 30%, tetapi belum ada studi yang secara spesifik menganalisis hubungan tekanan

dan laju aliran sea water dalam konteks operasional mesin pendingin kapal. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan pada analisis komprehensif hubungan variabel tersebut melalui pengukuran langsung dan simulasi, yang diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan baik secara ilmiah maupun praktis.

Penelitian ini menarik karena tidak hanya menawarkan pendekatan baru dalam meningkatkan efisiensi sistem pendingin, tetapi juga memiliki relevansi langsung dengan kebutuhan operasional kapal dalam menjaga kualitas bahan makanan. Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup pengukuran tekanan, suhu, dan laju aliran sea water yang diambil langsung dari sistem mesin pendingin di kapal operasional. Dengan ketersediaan alat

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka penulis skripsi mengangkat judul **“ANALISIS PENGARUH TEKANAN DAN LAJU ALIRAN SEA WATER KONDENSOR TERHADAP EFEKTIFITAS KINERJA MESIN PENDINGIN DI KAPAL MT RAON TERESA”**

B. Rumusan Masalah

Untuk mempermudah penyampaian pembahasan dalam penelitian ini, penulis mengidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Apa penyebab penurunan tekanan dan laju aliran sea water kondensor terhadap efektifitas kinerja mesin pendingin?
2. Bagaimana dampak penurunan tekanan dan laju aliran sea water kondensor terhadap efektifitas kinerja mesin pendingin?

C. Batasan Masalah

Penelitian hanya berfokus pada kondensor sebagai komponen utama dalam sistem mesin pendingin. Data diambil dari sistem mesin pendingin pada kapal operasional tertentu selama periode tertentu, sehingga hasil penelitian lebih relevan pada kondisi serupa.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis penyebab penurunan tekanan dan laju aliran sea water pada condensor terhadap efektivitas mesin pendingin.
2. Menganalisis dampak penurunan tekanan dan laju aliran sea water pada condensor terhadap efektivitas mesin pendingin.

E. Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini, penulis berharap akan mencapai beberapa manfaat, yaitu:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang teknik permesinan kapal, dengan menghadirkan pendekatan baru untuk meningkatkan efisiensi sistem pendingin.

2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini dapat menjadi panduan bagi operator kapal dan perusahaan pelayaran dalam melakukan perawatan dan pengoperasian sistem pendingin secara optimal untuk mencegah kerusakan fatal dan menjaga kualitas bahan makanan selama pelayaran.

F. Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Tekanan pada condensor berpengaruh signifikan terhadap efektivitas mesin pendingin.
2. Laju aliran sea water pada condensor berpengaruh signifikan terhadap efektivitas mesin pendingin

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Mesin Pendingin (Refrigerator)

Mesin pendingin atau *refrigerator* merupakan salah satu jenis mesin yang dirancang untuk menurunkan suhu dalam suatu ruang tertutup, sehingga suhu tersebut menjadi lebih rendah dari suhu lingkungan di sekitarnya. Tujuan utama dari mesin ini adalah untuk menjaga agar benda-benda, khususnya bahan makanan, tetap dalam kondisi segar dan tidak cepat rusak akibat pertumbuhan mikroorganisme yang dipicu oleh suhu tinggi. Dalam dunia industri maupun rumah tangga, mesin pendingin memiliki peranan yang sangat vital dalam menunjang aktivitas penyimpanan makanan, pengawetan bahan-bahan kimia, serta proses-proses teknis lain yang memerlukan kondisi suhu rendah.

Menurut Najamudin dalam penelitian yang dikutip oleh Iqna (2018:9), mesin pendingin (*refrigerator*) adalah suatu rangkaian mesin yang bekerja untuk menghasilkan suhu atau temperatur rendah. Mesin ini bekerja berdasarkan prinsip perpindahan panas, yaitu dengan cara menyerap panas dari dalam ruang pendingin dan melepaskannya ke udara luar melalui siklus termodinamika tertentu.

Dalam sistem pendingin, zat pendingin (*refrigerant*) yang digunakan akan mengalami perubahan wujud secara terus-menerus, dari gas ke cair dan sebaliknya. Perubahan ini terjadi karena adanya perbedaan tekanan yang diciptakan oleh kompresor dan katup ekspansi. Proses ini memungkinkan zat pendingin untuk menyerap panas dari ruang penyimpanan dan melepaskannya ke lingkungan luar melalui kondensor. Dengan demikian, suhu di dalam ruang penyimpanan bisa dipertahankan sesuai dengan kebutuhan.

Lebih lanjut, menurut Mario, S. (2024), mesin pendingin bahan makanan (*refrigerator machine*) adalah suatu alat yang digunakan

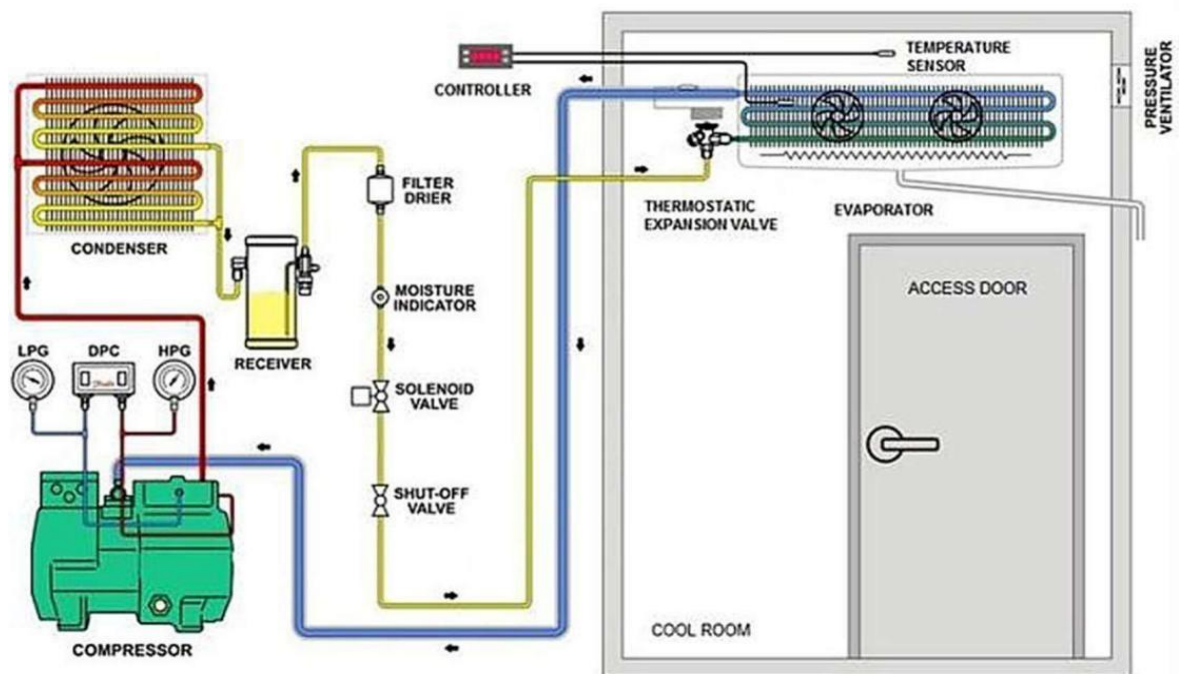
untuk menjaga kesegaran bahan makanan dengan cara menurunkan suhunya ke tingkat tertentu tanpa merusak atau mengurangi mutu dari bahan makanan tersebut. Mesin ini dirancang sedemikian rupa agar bahan makanan tetap berada dalam kondisi segar dan layak konsumsi dalam jangka waktu yang lebih lama. Penggunaan mesin pendingin sangat penting terutama dalam industri makanan, perhotelan, rumah tangga, dan kapal, di mana kebutuhan akan penyimpanan bahan makanan yang higienis dan awet sangat diperlukan.

Dengan mempertahankan suhu rendah dan stabil, mesin pendingin tidak hanya memperpanjang masa simpan bahan makanan, tetapi juga membantu mencegah kontaminasi bakteri dan jamur yang dapat berkembang cepat pada suhu ruang. Oleh karena itu, pemahaman mengenai cara kerja dan komponen utama mesin pendingin sangat penting, khususnya bagi mereka yang bekerja di bidang teknik pendingin dan tata udara (*refrigeration and air conditioning*), serta permesinan kapal dan industri penyimpanan.

B. Prinsip Kerja Mesin Pendingin

Kompresor mengisap gas Freon dari evaporator yang mempunyai tekanan dan suhu yang rendah. Gas Freon tersebut di kompresikan di dalam kompresor berupa gas dengan tekanan dan suhu yang tinggi. Freon tersebut kemudian masuk kedalam pemisah minyak, minyak dipisahkan karena berat freon itu lebih ringan dari pada berat minyak maka minyak selalu berada di bawah. Minyak tersebut yang telah di pisahkan di alirkan Kembali ke kompresor dari bagian bawah tabung pemisah (oil separator) mulai pipa kecil yang di hubungkan dengan carter kompresor. Gas Freon yang telah di pisahkan dari minyak, mengalir ke kondensor. Didalam kondensor Freon tersebut didinginkan menggunakan air laut dengan perantaraan pompa pendingin. Freon tersebut keluar dari kondensor berupa cairan dengan tekanan sebuah penampungan (*receiver*). Cairan Freon selanjutnya masuk ke dryer kemudian mengalir ke ekspansi valve, dari ekspansi

valve freon dialirkan kedalam ruangan (*evaporator*) yang di dalam ruangan tersebut terdapat pipa-pipa kapiler yang mempunyai volume lebih besar dari ruangan ekspansi valve. Oleh karena itu Freon mengembang, bersamaan dengan tekanannya menurun dan Freon tersebut berubah menjadi kabut. Untuk pengembangan itu tentunya ditentukan sejumlah panas yang di serap dari ruangan sekitar evaporator selanjutnya gas Freon diisap Kembali oleh kompresor dengan tekanan dan suhu rendah Proses tersebut akan berulang Kembali Himamy Dzikurrahman, H. D. (2023).



Gambar 2. 1 Alur kerja Mesin Pendingin

Sumber : Yusuf, Y. (2020)

Gambar 2.1 menunjukkan diagram alur kerja dari sistem mesin pendingin (*refrigerator*) yang umum digunakan dalam ruang penyimpanan dingin (*cool room*). Proses dimulai dari kompresor yang menghisap zat pendingin dalam bentuk gas bertekanan rendah dari evaporator dan menekannya menjadi gas bertekanan tinggi. Gas ini kemudian dialirkan ke kondensor, di mana panas dilepaskan ke udara

luar dan zat pendingin berubah menjadi cairan. Dari kondensor, cairan dialirkan ke receiver yang berfungsi sebagai penampung sementara, lalu diteruskan melalui filter drier untuk menyaring kotoran dan menyerap kelembapan. Indikator kelembapan (*moisture indicator*) memantau kadar air dalam sistem. Selanjutnya, zat pendingin melewati solenoid valve dan shut-off valve sebagai pengendali aliran sebelum menuju ke katup ekspansi termostatik (*thermostatic expansion valve*).

Setelah melalui katup ekspansi, tekanan zat pendingin turun drastis sehingga cairan berubah menjadi campuran cair-gas yang dingin dan mengalir ke evaporator. Di dalam evaporator, zat pendingin menyerap panas dari udara di dalam cool room, menyebabkan suhu ruangan turun dan menjaga kesegaran bahan makanan atau barang yang disimpan. Udara dingin disirkulasikan menggunakan kipas di dalam evaporator, sementara sensor suhu memantau temperatur ruangan dan mengirimkan data ke pengontrol (*controller*). Setelah panas diserap, zat pendingin kembali ke bentuk gas dan mengalir kembali ke kompresor untuk memulai siklus berikutnya. Sistem ini bekerja secara tertutup dan berulang, mempertahankan suhu ruangan pada kondisi yang diinginkan.

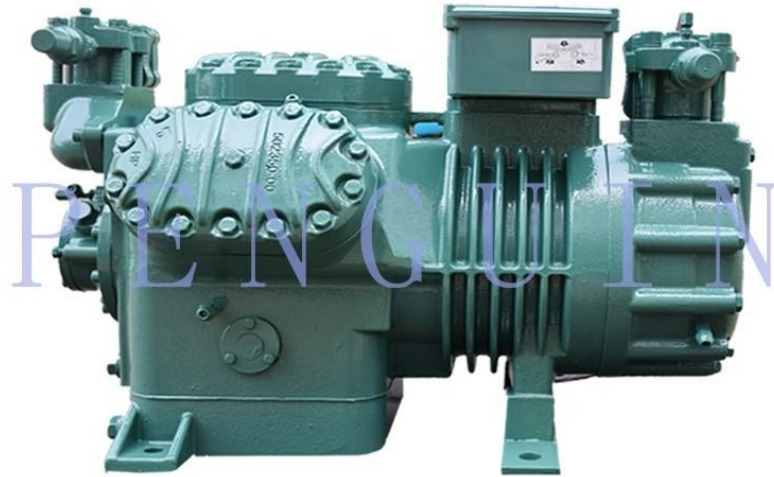
C. Bagian-Bagian Mesin Pendingin

Mesin pendingin terdiri dari beberapa bagian utama yaitu:

1. Refrigerator Kompresor

Menurut Sembel, B. V., & Santoso, R. (2023), *compressor* merupakan jantung dari system pendinginan. Sebuah pompa panas melalui system dalam bentuk *refrigerant* panas. Sebuah *compressor* dapat dianggap sebagai pompa uap, yang berfungsi mengurangi tekanan pada sisi tekanan rendah dari system, yang meliputi *evaporator*, dan meningkatkan tekanan pada sisi tekanan tinggi dari system. Perbedaan tekanan ini adalah yang menyebabkan *refrigerator* mengalir melalui system. Semua *compressor* dalam system pendingin melakukan fungsi ini dengan mengompresi

refrigerant uap. Kompresi ini bisa dicapai dalam beberapa cara dengan berbagai jenis *compressor*. *compressor* yang paling umum di gunakan di *air conditioning plant* dan *refrigerant plant* adalah *rocrecipating rotary*, dan gulir. Berikut merupakan gambar kompresor pada refrigerator:



Gambar 2. 2 Kompresor

Sumber : Sembel, B. V., & Santoso, R. (2023)

Gambar 2.2 Kompresor merupakan jantung dari sistem pendingin yang berfungsi untuk mengalirkan zat pendingin ke seluruh sistem melalui proses pengisapan dan penekanan. Kompresor menghisap uap zat pendingin bertekanan rendah dari evaporator, kemudian menekannya menjadi gas bertekanan tinggi dan bersuhu tinggi. Proses ini memungkinkan zat pendingin mengalir menuju kondensor untuk melepaskan panas. Kompresor juga berperan penting dalam menciptakan perbedaan tekanan antara sisi hisap dan sisi tekan, yang menjadi dasar dari sirkulasi zat pendingin dalam sistem. Jenis kompresor yang umum digunakan dalam sistem pendingin meliputi kompresor torak (reciprocating), rotary, screw, dan scroll.

2. Kondensor

Pengembun atau kondensor adalah bagian dari refrigerasi yang menerima uap refrigerant tekanan tinggi yang panas dari kompresor dan menyalurkan panas pengembunan itu dengan cara mendinginkan uap refrigerant tekanan tinggi yang panas ke titik embunya dengan cara menyalurkan panas sensibelnya.

Menurut Fajar, T. M. (2021) mengatakan sebagai salah satu komponen pokok dari sistem pendingin. fungsi kondensor adalah merubah bentuk gas *refrigerant* yang diterima dari kompresor menjadi cairan dengan proses pengembunya:

a. *Air Colled Condensor*

Air Colled Condensor adalah tipe kondensor yang menggunakan bahan (media) udara sebagai pengembun.

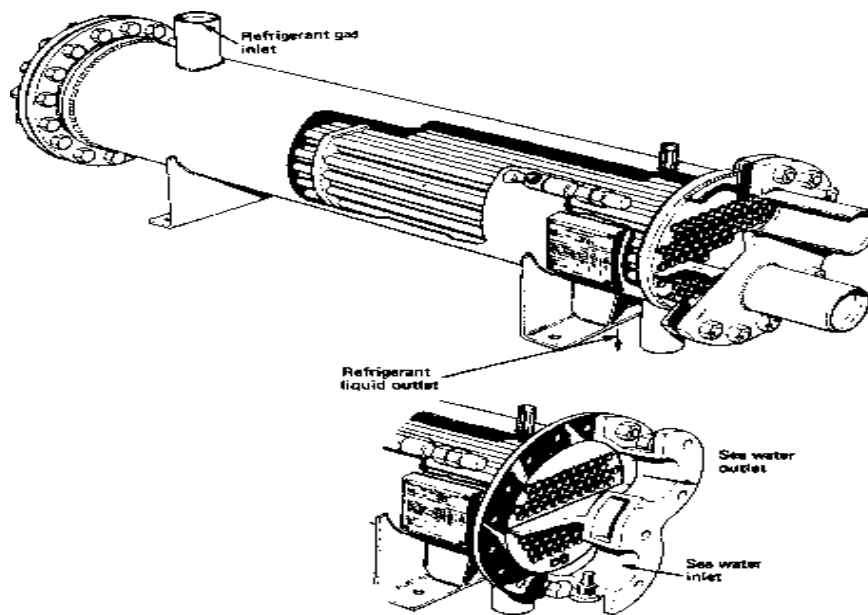
b. *Water Colled Condensor*

Jenis kondensor ini yang umumnya dipakai di kapal-kapal baik untuk sistem pengaturan udara ruang (*air condition*), pendingin makanan (*proviand*), maupun pendingin muatan (*cargo*). Air yang digunakan sebagai media pengembun adalah air laut.

c. *Evaporative Condensor*

Jenis ini tidak pernah dijumpai di kapal kecuali untuk kepentingan pendingin di darat. Sebagai media pengembun adalah campuran antara udara dengan percikan (kabut) dari air yang dipompa.

Menurut Asrianto, A. (2023) mengatakan didalam pipa kondensor terjadi perpindahan kalor dari uap *refrigerant* ke air pendingin jumlah kalor yang dipindahkan melalui dinding pipa pendingin tergantung pada perbedaan temperatur, material pipa, laju aliran massa, fluida kerja, dan sebagainya.



Gambar 2. 3 Kondensor

Sumber: Asrianto, A. (2023)

Gambar 2.3 Kondensor merupakan komponen sistem pendingin yang berfungsi untuk melepaskan panas dari zat pendingin yang sebelumnya telah dikompresi oleh kompresor. Pada kondensor, zat pendingin yang berada dalam bentuk gas bertekanan tinggi dan bersuhu tinggi akan melepaskan panasnya ke udara atau media pendingin lainnya sehingga berubah menjadi cairan bertekanan tinggi. Kondensor biasanya dipasang di luar ruang pendingin dan dilengkapi dengan sirip-sirip pendingin dan kipas untuk mempercepat proses pelepasan panas. Efisiensi kerja kondensor sangat memengaruhi kinerja keseluruhan sistem pendingin.

3. Pipa Kapiler/Katup Ekspansi (Expansion Valve)

Pipa kapiler merupakan komponen utama yang berfungsi menurunkan tekanan *refrigerant* dan mengatur aliran *refrigerant* menuju evaporator. Fungsi utama pipa kapiler ini sangat vital karena menghubungkan dua bagian tekanan berbeda, yaitu tekanan tinggi dan tekanan rendah. Refrigeran bertekanan tinggi sebelum melewati

pipa kapiler akan di ubah atau diturunkan tekananya. Akibat dari penurunan tekanan refrigerant menyebabkan penurunan suhu. Pada bagian inilah (pipa kapiler) *refrigerant* mencapai suhu terendah (terdingin). Pipa kapiler terletak antara saringan (filter) dan evaporator.

Pada refrigerator dengan kapasitas besar dan untuk industry biasanya menggunakan katup ekspansi /*Expansion Valve* sebagai alat penurunan tekanan Refrigerant yang bertekanan dan temperatur tinggi sampai mencapai tingkat keadaan dan temperatur rendah. Di samping mengatur pemasukan refrigerant sesuai dengan beban pendingin yang harus di layani oleh evaporator sehingga diperoleh efisiensi siklus refrigrasi yang maksimal Asrianto, A. (2023).

4. Pipa Kapiler(*Capillary Tube*)

Katup ekspansi yang umumnya di gunakan untuk system refrigrasi rumah tangga adalah pipa kapiler. Pipa kapiler adalah pipa tembaga dengan diameter lubang kecil dan Panjang tertentu.



Gambar 2. 4 Pipa Kapiler

Sumber : Haryadi, S. (2020)

Gambar 2.4 adalah komponen berbentuk tabung kecil dan panjang yang berfungsi sebagai alat ekspansi dalam sistem pendingin. Pipa ini menghubungkan sisi tekanan tinggi (keluar dari kondensor) dengan sisi tekanan rendah (masuk ke evaporator). Ketika zat pendingin cair bertekanan tinggi melewati pipa kapiler, tekanannya akan turun secara drastis karena hambatan dari diameter pipa yang kecil. Akibat penurunan tekanan ini, zat pendingin sebagian menguap dan menjadi campuran cair-gas yang dingin sebelum memasuki evaporator. Pipa kapiler bekerja secara pasif, tanpa pengaturan, sehingga desain dan panjangnya sangat menentukan stabilitas aliran zat pendingin dalam sistem.

Besarnya tekanan pipa kapiler bergantung pada ukuran diameter lubang dan panjang pipa kapiler. Pipa kapiler diantara kondensor dan evaporator. Refrigeran yang melalui pipa kapiler akan melalui penguapan. Selanjutnya berlangsung proses penguapan yang sesungguhnya di evaporator. Jika refrigerant mengandung uap air, maka uap air akan membeku dan menyumbat pipa kapiler. Agar kotoran tidak menyumbat pipa kapiler, maka pada saluran masuk pipa kapiler dipasang saringan yang disebut strainer.

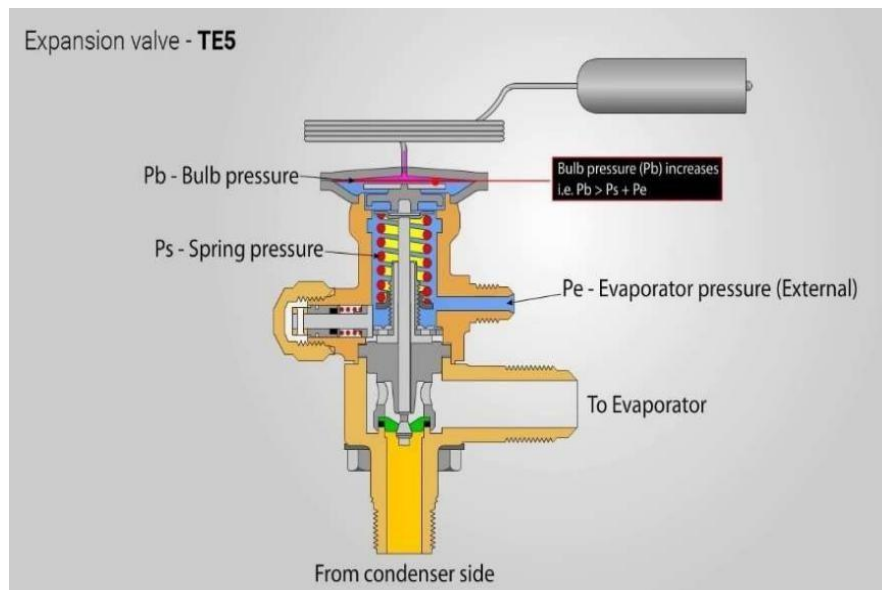
Ukuran diameter dan panjang pipa kapiler di buat sedemikian rupa, sehingga refrigeran cair harus menguap pada akhir evaporator. Jumlah refrigeran yang berada dalam system juga menentukan sejauh mana refrigeran di dalam evaporator berhenti menguap, sehingga pengisian refrigerant harus cukup agar dapat menguap sampai ujung evaporator. Bila pengisian kurang, maka akan terjadi pembekuan pada Sebagian evaporator. Bila pengisian berlebih, maka ada kemungkinan refrigeran cair akan masuk ke kompresor yang akan mengakibatkan rusaknya kompresor. Jadi system pipa kapiler mensyaratkan suatu pengisian jumlah refrigeran yang tepat.

Kerusakan pada pipa kapiler di mesin pendingin ini biasanya disebabkan karena pipa kapiler ini mengalami kebuntutan akibat kotoran yang masuk dan juga oli. Gas refrigerant yang keluar dari kompresor telah menjadi gas yang bertekanan kemudian mengalir melalui pipa- pipa kondensor (*out door*) dan melewati proses penyaringan yang biasa disebut drier strainer setelah itu baru menuju pipa kapiler . Panjang pipa kapiler yang di butuhkan pada mesin pendingin ialah 8-100 cm, tergantung kebutuhan Haryadi, S. (2020).

5. Katup Ekspansi Otomatis

Katup ekspansi menjaga agar tekanan hisap atau tekanan evaporator besarnya tetap konstan. Bila beban evaporator bertambah maka temperatur evaporator menjadi naik karena banayak cairan refrigeran yang menguap sehingga tekanan didalam saluran masuk (di evaporator) akan menjadi naik pula. Akibatnya “bellow” akan berteknan tas hingga lubang aliran refrigeran akan menyempit dan cairan refrigerant yang masuk ke evaporator menjadi berkurang. Keadaan ini menyebabkan tekanan tekanan evaporator akan berkurang dan “bellow” akan bertekanan kebawah sehingga katup membuka lebar dan, cairan refrigerant akan masuk ke evaporator lebih banyak.

Bentuk katup ekspansi otomatis dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. 5 Katup Ekspansi

Sumber : Asrianto, A. (2023)

Gambar 2.5 menunjukkan struktur dan prinsip kerja dari katup ekspansi tipe TE5, yang merupakan komponen penting dalam sistem pendingin. Katup ekspansi berfungsi mengatur jumlah zat pendingin cair bertekanan tinggi yang masuk ke evaporator. Di dalam katup ini terdapat tiga tekanan utama yang bekerja saling berlawanan: tekanan dari bulb (P_b), tekanan pegas (P_s), dan tekanan evaporator (P_e). Bulb (bohlam sensor) berisi zat yang merespons suhu pada outlet evaporator. Ketika suhu meningkat, tekanan dalam bulb (P_b) meningkat dan mendorong jarum katup terbuka lebih lebar sehingga lebih banyak zat pendingin mengalir ke evaporator.

Katup ini bekerja secara otomatis dengan menyeimbangkan ketiga tekanan tersebut untuk mengontrol seberapa besar bukaan katup, yang selanjutnya menentukan seberapa banyak refrigeran cair yang diekspansikan menjadi campuran cair-gas menuju evaporator. Tekanan pegas (P_s) memberikan tahanan terhadap pembukaan katup, sementara tekanan dari evaporator (P_e) memberikan tekanan balik dari sisi keluaran. Sistem ini

memungkinkan pengendalian suhu dan tekanan yang lebih akurat di dalam evaporator, menjaga efisiensi pendinginan dan mencegah overfeeding atau kekurangan refrigeran. Katup ekspansi merupakan titik kritis dalam sistem, karena menentukan efisiensi penyerapan panas di evaporator.

Pada dasarnya katup tersebut terdiri dari : jarum dan dudukannya,diagrama,sebuah pegas dengan baut pengatur, sebuah saringan pada bagian masuk. Katup ekspansi otomatis bekerja berdasarkan tekanan yang seimbang pada diafragma, dari dua tekanan yg berlawanan dan saling mengimbangi.Prinsip kerja katup ekspansi otomatis adalah apabila tekanan evaporator menekan diafragma ke atas,membuat lubang saluran refrigerant menutup.

6. Katub Ekspansi Termostatik

Katup ekspansi termostatik adalah katup ekspansi yang mempertahankan besarnya panas lanjut pada uap refrigerant di akhir evaporator tetap konstan, apapun kondisi beban di evaporator

Tipe thermostatik lebih banyak di gunakan pada ac mobil.Katup ekspansi ini akan mengatur jumlah aliran refrigerant yang diuapkan di evaporator sesuai dengan keadaan temperatur pada evaporator.Akibat dari pengaturan aliran refrigeran ini,maka suhu ruangan dapat di turunkan berdasarkan panas yang ada pada evaporator.

Ada dua keadaan yang dapat mempengaruhi kerja katup ekspansi dengan penyama tekanan dalam:

- a. Keseimbangan tekanan dibagian bawah dan diatas diafragma atau below.
- b. Penambahan atau pengurangan gas panas lanjut (super heat) pada akhir evaporator Mario, S. (2024).

7. Evaporator

Fungsi evaporator adalah menguapkan refrigerant dari bentuk cair menjadi gas pada tekanan dan suhu yang rendah untuk dapat

terjadi penguapan perlu bantuan panas dari sekeliling menjadi dingin.

Evaporator adalah coil pipa yang dibengkokkan berulang-ulang. Tujuannya agar penyerapan panas dari ruang lebih maksimal, sehingga efek penguapan gas lebih efektif. Dengan dinginya ruangan pendingin tersebut, maka bahan makanan (daging, ikan, sayur, dan lain-lain) yang di tempatkan di ruangan tersebut menjadi awet atau tidak busuk.



Gambar 2. 6 Evaporator

Sumber : Mario, S. (2024)

Evaporator adalah salah satu komponen utama dalam sistem pendingin yang berfungsi untuk menyerap panas dari ruangan atau benda yang didinginkan. Pada Gambar 2.6 Evaporator, terlihat bahwa refrigeran dalam bentuk campuran cair-gas bertekanan rendah masuk ke dalam pipa-pipa evaporator dari katup ekspansi. Di dalam evaporator, zat pendingin mengalami proses penguapan dengan menyerap panas dari udara di sekitarnya. Proses ini menyebabkan suhu udara di dalam ruang pendingin menurun, sehingga ruangan atau produk yang berada di dalamnya tetap berada pada suhu rendah dan stabil.

Evaporator biasanya dilengkapi dengan sirip-sirip (fin) dan kipas untuk membantu mempercepat proses perpindahan panas dan meningkatkan efisiensi pendinginan. Kipas mengedarkan udara melalui sirip-sirip evaporator, mempercepat pendinginan udara dan menjaga sirkulasi udara dingin yang merata dalam ruangan. Setelah refrigeran menyerap panas, ia berubah sepenuhnya menjadi gas dan kemudian dialirkan kembali ke kompresor untuk memulai siklus pendinginan berikutnya. Kinerja evaporator sangat penting karena berpengaruh langsung terhadap kemampuan sistem dalam menjaga suhu ruangan atau bahan yang disimpan.

D. Kondensor dan Peran Sea Water

Kondensor merupakan salah satu komponen utama dalam sistem pendingin pada kapal, berfungsi untuk mengembunkan refrigeran dari bentuk gas bertekanan tinggi menjadi cair dengan cara membuang panas yang terserap dari ruang penyimpanan bahan makanan ke media pendingin eksternal Fajar, T. M. (2021). Pada kapal seperti MT Raon Teresa, kondensor biasanya menggunakan jenis shell-and-tube atau plate heat exchanger, di mana fluida refrigeran dan air laut dialirkan secara terpisah untuk proses perpindahan panas.

Pada sistem kondensor tipe shell-and-tube, refrigeran mengalir di dalam pipa-pipa kecil yang tersusun dalam sebuah shell, sementara air laut mengalir di sekitar pipa-pipa tersebut di dalam ruang shell. Sedangkan pada plate heat exchanger, refrigeran dan air laut mengalir di antara pelat-pelat tipis yang saling berdekatan sehingga memaksimalkan luas permukaan kontak untuk perpindahan panas. Kedua jenis kondensor ini sangat efektif dalam memindahkan panas dari refrigeran ke air laut.

Peran air laut (sea water) sebagai fluida pendingin eksternal sangat vital dalam proses kondensasi ini. Air laut berfungsi sebagai media untuk menyerap dan membawa keluar panas dari refrigeran yang telah dikompresi menjadi uap bertekanan tinggi dan suhu tinggi di

dalam kondensor. Dengan suhu air laut yang relatif lebih rendah dibandingkan refrigeran, panas dapat mengalir secara efisien dari refrigeran ke air laut berdasarkan prinsip termodinamika perpindahan panas dari suhu tinggi ke rendah.

Keberhasilan proses kondensasi sangat bergantung pada dua variabel utama, yaitu:

1. Tekanan Uap Refrigeran di Sisi Kondensor:

Tekanan kondensor harus dijaga pada nilai ideal yang memungkinkan refrigeran mengembun sempurna pada suhu kondensasi yang diinginkan. Jika tekanan terlalu tinggi, refrigeran tidak dapat melepaskan panas secara efektif sehingga proses kondensasi menjadi tidak maksimal. Sebaliknya, tekanan yang terlalu rendah dapat menyebabkan refrigeran menguap sebelum waktunya sehingga menurunkan efisiensi siklus pendinginan.

2. Laju Aliran Air Laut (Sea Water):

Laju aliran air laut harus cukup tinggi agar mampu menyerap dan membawa keluar panas dari refrigeran secara efektif. Aliran air laut yang stabil dan cepat menciptakan gradien suhu yang besar antara refrigeran dan air laut, sehingga perpindahan panas berlangsung optimal. Penurunan laju aliran akibat penyumbatan, fouling, atau kerusakan pada sistem aliran air laut akan menyebabkan panas tidak dapat dilepaskan secara maksimal, sehingga tekanan dan suhu refrigeran pada kondensor meningkat. Hal ini memaksa kompresor bekerja lebih keras untuk mempertahankan suhu ruang penyimpanan sesuai standar.

Selain itu, kondisi fisik dan kimia air laut, seperti suhu, salinitas, dan tingkat pengotoran, juga mempengaruhi efektivitas perpindahan panas. Air laut yang terlalu panas atau mengandung banyak partikel padat akan mengurangi kemampuan pendinginan kondensor, meningkatkan risiko fouling pada pipa kondensor, dan memperpendek umur pakai peralatan.

Oleh karena itu, pemantauan dan perawatan sistem aliran air laut secara rutin sangat penting untuk menjaga laju aliran dan tekanan kondensor pada kondisi optimal. Hal ini termasuk pembersihan sea chest, pipa inlet, dan kondensor dari kotoran, lumut, serta kerak mineral yang dapat menyumbat aliran dan menghambat proses perpindahan panas. Dengan menjaga kondisi air laut dan sistem kondensor tetap bersih dan optimal, kinerja mesin pendingin di kapal dapat terjaga, sehingga suhu ruang penyimpanan bahan makanan tetap stabil dan kualitas bahan terjaga selama pelayaran Himamy Dzikurrahman, H. D. (2023).

E. Fouling pada Condensor Tipe Shell and Tube

Fenomena fouling pada sea chest dan pipa kondensor merupakan salah satu kendala utama dalam sistem pendingin kapal, khususnya pada kondensor tipe shell-and-tube. Fouling ini terdiri dari beberapa jenis, yaitu biofouling yang melibatkan pertumbuhan organisme laut seperti terumbu teritip dan lumut, scaling yang merupakan endapan mineral seperti kalsium karbonat, serta siltation yaitu pengendapan partikel sedimen yang terbawa air laut. Schultz et al. (2011) melaporkan bahwa biofouling dapat menyebabkan peningkatan hambatan hidraulik hingga 50% hanya dalam kurun waktu tiga bulan. Hal ini sangat berpengaruh pada penurunan laju aliran air laut yang melewati pipa kondensor sehingga menurunkan efisiensi perpindahan panas. Selain itu, Ali dan Porter (2015) menambahkan bahwa skala mineral atau scaling dapat terbentuk dengan cepat, terutama di perairan tropis, dengan waktu terbentuk hanya beberapa minggu apabila kondisi pH dan konsentrasi kalsium di air laut cukup tinggi. Dampak fouling tidak hanya terbatas pada penurunan laju aliran dan peningkatan tekanan, tetapi juga dapat mempercepat proses korosi galvanik dan menurunkan kualitas material logam pipa kondensor, sehingga berpotensi menyebabkan kerusakan permanen jika tidak dilakukan perawatan dan pembersihan secara rutin.

F. Tekanan Kondensor dan Laju Aliran Sea Water

Tekanan kondensor dan laju aliran sea water merupakan dua faktor kritis yang sangat memengaruhi kinerja dan efisiensi sistem pendingin di kapal. Berbagai studi dan literatur teknis telah membuktikan bahwa perubahan kecil pada tekanan kondensor atau laju aliran air laut dapat berdampak signifikan terhadap performa keseluruhan sistem.

Salah satu penyebab umum peningkatan tekanan kondensor adalah fouling, yaitu penumpukan organisme laut seperti lumut, kerang, ganggang, dan kerak mineral pada permukaan pipa kondensor maupun sea chest. Fouling ini tidak hanya menghambat aliran air laut, tetapi juga meningkatkan tahanan termal pada permukaan perpindahan panas. Akibatnya, proses perpindahan panas dari refrigeran ke air laut menjadi kurang efisien, sehingga tekanan kondensor meningkat karena refrigeran tidak dapat mengembun dengan sempurna.

Menurut Yusuf, Y. (2020), kenaikan tekanan kondensor sebesar 1 bar dapat menyebabkan penurunan Coefficient of Performance (COP) sistem pendingin hingga 5–10%. COP merupakan ukuran efisiensi sistem pendingin, di mana semakin tinggi COP, semakin efisien sistem bekerja. Penurunan COP berarti sistem harus bekerja lebih keras dan mengonsumsi lebih banyak energi untuk mencapai suhu yang sama, sehingga mengakibatkan pemborosan energi dan biaya operasional yang meningkat.

Penelitian lain oleh Mario, S. (2024) menunjukkan bahwa fouling pada tube kondensor dengan ketebalan hanya 0,5 mm saja dapat menurunkan laju aliran air laut secara signifikan, bahkan hingga mencapai penurunan laju alir sampai 30%. Penurunan ini menyebabkan peningkatan tahanan aliran dan menurunkan efektivitas perpindahan panas, yang secara langsung menaikkan tekanan

kondensor. Dengan kondisi seperti ini, mesin pendingin akan mengalami beban kerja tambahan, risiko overheating, dan potensi kerusakan komponen.

Di lingkungan kapal, masalah fouling ini semakin diperparah oleh kualitas air laut yang sangat variatif. Air laut yang mengandung banyak partikel padat, mikroorganisme, dan bahan organik akan mempercepat proses fouling. Selain itu, frekuensi pembersihan sea chest dan kondensor yang terbatas selama pelayaran juga memperbesar risiko terjadinya penyumbatan. Pembersihan yang kurang rutin dapat menyebabkan penumpukan kerak yang semakin tebal, sehingga semakin menurunkan laju aliran sea water.

Oleh karena itu, pemantauan tekanan kondensor dan laju aliran sea water secara berkala sangat penting dilakukan sebagai bagian dari program perawatan kapal. Penggunaan sensor tekanan dan flow meter yang terintegrasi dengan sistem monitoring dapat membantu operator mendeteksi perubahan abnormal secara dini, sehingga tindakan perawatan dan pembersihan dapat dilakukan sebelum terjadi kerusakan yang lebih serius. Selain itu, penerapan prosedur pembersihan dan perawatan rutin pada sea chest dan kondensor akan sangat membantu menjaga kestabilan aliran air laut dan tekanan kondensor agar sistem pendingin dapat beroperasi pada kondisi optimal.

Secara keseluruhan, menjaga tekanan kondensor dan laju aliran sea water pada level yang ideal merupakan langkah penting untuk meningkatkan efisiensi energi, memperpanjang umur peralatan, serta menjaga suhu ruang penyimpanan bahan makanan pada standar yang tepat selama pelayaran kapal MT Raon Teresa.

G. Pengaruh Tekanan Kondensor terhadap Kinerja Mesin Pendingin

Tekanan kondensor merupakan salah satu parameter kunci dalam sistem pendingin yang sangat memengaruhi efektivitas dan efisiensi kinerja mesin pendingin. Kondensor berfungsi untuk

mengembunkan refrigeran dari fase gas menjadi cair dengan membuang panas ke media pendingin, yaitu air laut (sea water). Oleh karena itu, tekanan pada kondensor harus berada pada kisaran yang ideal agar proses perpindahan panas ini dapat berlangsung secara optimal. Tekanan kondensor yang ideal biasanya dipertahankan dalam rentang tertentu yang direkomendasikan oleh produsen sistem pendingin, sehingga siklus pendinginan dapat berjalan dengan efisien dan suhu ruang penyimpanan tetap terjaga sesuai standar.

Jika tekanan kondensor mengalami kenaikan di atas batas normal, hal ini menandakan adanya hambatan atau gangguan dalam sistem pendingin, khususnya pada aliran sea water yang digunakan sebagai media pembuang panas. Salah satu penyebab umum dari kenaikan tekanan ini adalah terjadinya penyumbatan pada pipa inlet sea water akibat akumulasi kerak, lumut, atau kotoran laut yang menyumbat saluran air. Penyumbatan ini mengurangi laju aliran air laut yang melewati pipa kondensor, sehingga air laut tidak mampu menyerap panas dari refrigeran dengan baik. Akibatnya, refrigeran dalam kondensor tidak dapat mengembun secara sempurna dan masih memiliki suhu tinggi saat meninggalkan kondensor.

Kondisi tekanan kondensor yang tinggi ini berdampak langsung pada beberapa aspek penting dalam kinerja mesin pendingin. Pertama, kapasitas pendinginan mesin menurun secara signifikan karena refrigeran yang belum mengembun sempurna tidak mampu menyerap panas dengan optimal pada evaporator. Hal ini menyebabkan suhu ruang penyimpanan bahan makanan meningkat di atas batas ideal, yang berisiko menurunkan kualitas dan daya tahan bahan makanan tersebut. Suhu ruang penyimpanan yang tidak terjaga juga berpotensi mempercepat pertumbuhan mikroorganisme dan mempercepat proses pembusukan Haryadi, S. (2020).

Kedua, tekanan kondensor yang tinggi meningkatkan beban kerja kompresor secara drastis. Kompresor harus bekerja lebih keras untuk

memompa refrigeran dalam kondisi tekanan yang tinggi dan suhu yang tidak ideal. Beban kerja yang meningkat ini tidak hanya menyebabkan konsumsi energi yang lebih besar, sehingga meningkatkan biaya operasional kapal, tetapi juga mempercepat keausan dan potensi kerusakan komponen-komponen mesin pendingin seperti katup, piston, dan shaft kompresor. Kerusakan ini dapat menyebabkan downtime yang merugikan dan memerlukan biaya perbaikan yang tinggi.

Dalam konteks penelitian yang dilakukan di kapal MT Raon Teresa, ditemukan bahwa tekanan kondensor yang melebihi batas normal sangat berkaitan erat dengan turunnya laju aliran sea water yang disebabkan oleh penyumbatan pada pipa inlet sea water. Penurunan laju aliran ini menghambat proses pembuangan panas dari refrigeran, sehingga tekanan dalam kondensor meningkat secara signifikan. Kondisi ini menjadi indikator penting yang harus dimonitor secara rutin untuk mencegah terjadinya kerusakan mesin dan menjaga performa sistem pendingin secara keseluruhan.

Dengan demikian, pemantauan tekanan kondensor secara berkala, serta pemeliharaan dan pembersihan sistem sea water menjadi langkah preventif yang sangat krusial. Upaya ini tidak hanya menjaga kestabilan kinerja mesin pendingin, tetapi juga meningkatkan efisiensi energi, memperpanjang umur mesin, dan memastikan kualitas penyimpanan bahan makanan tetap optimal selama pelayaran.

H. Dampak Penurunan Tekanan dan Laju Aliran Sea Water pada Kondensor

Penurunan tekanan dan laju aliran sea water pada kondensor merupakan masalah kritis yang dapat mengganggu kinerja sistem pendingin secara menyeluruh. Kondensor sebagai komponen utama dalam siklus pendinginan bergantung pada aliran air laut yang cukup dan tekanan yang sesuai agar proses perpindahan panas dari refrigeran ke air laut berlangsung optimal. Jika terjadi penurunan

tekanan dan laju aliran air laut, maka berbagai dampak negatif akan muncul dan berpotensi merusak efisiensi serta efektivitas mesin pendingin. Berikut adalah uraian mendalam tentang dampak-dampak tersebut:

1. Kurangnya Penyerapan Suhu Refrigeran pada Sistem

Penurunan laju aliran sea water secara langsung mengurangi kapasitas kondensor dalam membuang panas dari refrigeran. Proses kondensasi yang seharusnya mengubah refrigeran dari fase gas panas menjadi cair yang lebih dingin menjadi terganggu. Akibatnya, refrigeran yang keluar dari kondensor masih memiliki suhu yang relatif tinggi, sehingga gagal mencapai suhu kondensasi yang optimal. Kondisi ini menyebabkan refrigeran tidak dapat menyerap panas dari evaporator secara maksimal saat kembali beredar dalam sistem. Akibatnya, siklus pendinginan menjadi tidak efisien dan suhu di dalam ruang penyimpanan tidak dapat dipertahankan sesuai standar yang dibutuhkan untuk menjaga kualitas bahan makanan.

2. Menurunnya Suhu Ruangan Penyimpanan Bahan Makanan

Dampak paling nyata dari penurunan aliran dan tekanan sea water adalah meningkatnya suhu dalam ruang penyimpanan bahan makanan. Ketika refrigeran tidak dapat mendinginkan evaporator secara optimal, maka suhu di ruang penyimpanan naik di atas batas suhu ideal yang telah ditentukan, seperti $+4^{\circ}\text{C}$ untuk ruang sayuran dan -20°C untuk freezer. Peningkatan suhu ini mempercepat proses pembusukan bahan makanan, terutama produk segar seperti daging, ikan, dan sayuran. Selain itu, suhu yang tidak stabil membuka peluang berkembangnya mikroorganisme dan bakteri, yang mengancam mutu dan keamanan bahan makanan. Kerusakan kualitas bahan makanan ini berujung pada kerugian finansial bagi pemilik kapal serta potensi pelanggaran standar keamanan pangan.

3. Meningkatnya Konsumsi Energi Sistem Pendingin

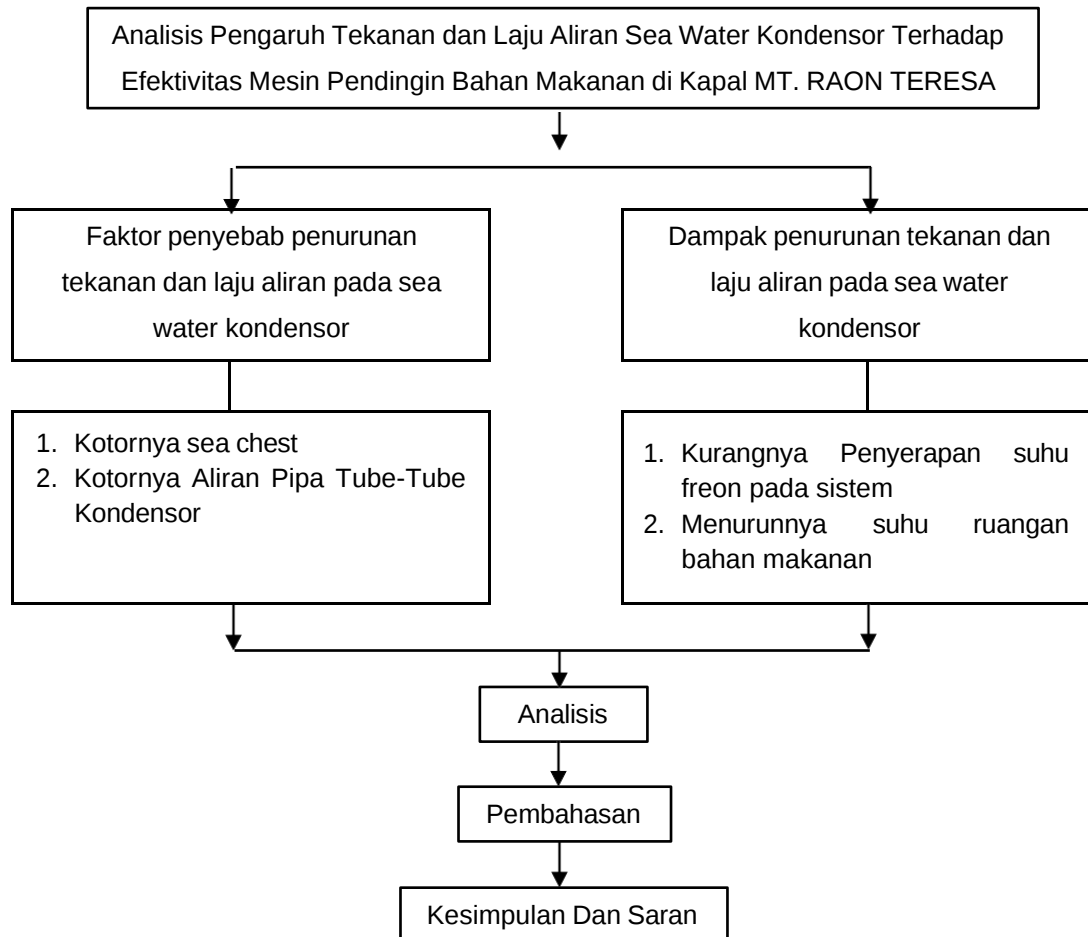
Dengan kondisi kondensor yang tidak optimal, kompresor harus bekerja lebih keras dan lebih lama untuk mencapai suhu yang diinginkan. Beban kerja kompresor yang meningkat ini menyebabkan konsumsi energi menjadi lebih besar, baik berupa bahan bakar diesel kapal maupun listrik. Peningkatan konsumsi energi ini tidak hanya menaikkan biaya operasional kapal secara signifikan, tetapi juga berdampak negatif terhadap lingkungan akibat emisi gas buang yang lebih tinggi. Dari sisi operasional, penggunaan energi yang berlebihan juga berpotensi menyebabkan overheat pada mesin dan menimbulkan risiko kerusakan mekanis pada sistem pendingin.

4. Risiko Kerusakan pada Komponen Mesin Pendingin

Ketidakseimbangan tekanan dalam sistem akibat laju aliran sea water yang tidak mencukupi dapat menyebabkan berbagai masalah mekanis pada komponen mesin pendingin. Tekanan kondensor yang tinggi memaksa kompresor, pompa sea water, dan pipa kondensor bekerja di luar kapasitas normalnya. Kondisi ini mempercepat keausan pada bagian-bagian penting seperti katup, piston, shaft kompresor, dan seal pada pompa. Lama-kelamaan, keausan ini bisa menyebabkan kebocoran refrigeran, kegagalan komponen, dan bahkan kerusakan fatal yang membutuhkan waktu perbaikan lama serta biaya yang besar. Jika kerusakan tidak segera ditangani, maka operasional kapal dapat terganggu secara signifikan, bahkan terhenti sementara, yang tentu sangat merugikan.

Dengan demikian, penurunan tekanan dan laju aliran sea water pada kondensor bukan hanya berdampak pada penurunan performa sistem pendingin, tetapi juga berpotensi menimbulkan kerugian operasional dan finansial yang serius Haryadi, S. (2020). Oleh karena itu, penting dilakukan pemeliharaan dan monitoring yang ketat untuk menjaga kondisi aliran air laut dan tekanan kondensor agar tetap dalam batas normal sehingga efisiensi dan efektivitas mesin pendingin.

I. Kerangka Pikir



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah kuantitatif deskriptif, yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh tekanan dan laju aliran sea water pada kondensor terhadap efektivitas mesin pendingin. Penelitian ini juga menggunakan pendekatan eksperimen untuk mendapatkan data empiris melalui pengukuran langsung pada sistem pendingin kapal MT Raon Teresa. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk melihat secara langsung hubungan antara variabel tekanan, laju aliran sea water, dan efektivitas sistem pendingin dalam kondisi operasional nyata.

Penelitian kuantitatif dipilih karena fokusnya pada pengumpulan data numerik yang dapat dianalisis secara statistik untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat. Desain penelitian eksperimen dilakukan dengan memperhatikan variabel bebas (tekanan dan laju aliran sea water) dan variabel terikat (efektivitas mesin pendingin).

B. Definisi Konsep

Untuk memudahkan pemahaman dan pengukuran variabel dalam penelitian ini, berikut adalah definisi konsep yang digunakan:

1. Tekanan pada Kondensor

Tekanan yang dihasilkan dalam sistem kondensor sebagai akibat dari proses perpindahan panas antara refrigeran dan sea water. Tekanan ini merupakan indikator penting yang memengaruhi efisiensi perpindahan panas. Parameter ini diukur dalam satuan bar atau psi menggunakan manometer.

2. Laju Aliran Sea Water

Jumlah volume air laut yang mengalir melalui kondensor dalam satuan waktu tertentu. Laju aliran ini memengaruhi kemampuan kondensor untuk membuang panas dari refrigeran. Parameter ini diukur dalam satuan liter per menit (L/min) menggunakan flowmeter.

3. Efektivitas Mesin Pendingin

Kemampuan mesin pendingin untuk mempertahankan suhu ruang penyimpanan bahan makanan sesuai dengan standar yang ditetapkan (-18°C hingga -22°C). Efektivitas ini dinilai berdasarkan kestabilan suhu ruang pendingin dan efisiensi operasional sistem.

4. Kondensor

Komponen utama dalam sistem pendingin yang bertugas membuang panas dari refrigeran dengan bantuan aliran sea water. Kondensor yang kotor atau tidak bekerja optimal dapat menyebabkan peningkatan tekanan dan penurunan efektivitas sistem.

C. Unit Analisis

Unit analisis dalam penelitian ini adalah kondensor pada sistem mesin pendingin kapal MT Raon Teresa. Pengamatan dilakukan pada komponen ini karena kondensor memiliki peran utama dalam menentukan keberhasilan proses pendinginan. Sistem pendingin yang digunakan pada kapal tersebut dipilih sebagai sampel penelitian karena memiliki data historis yang lengkap dan relevan dengan fokus penelitian.

Pengukuran dilakukan selama kapal beroperasi dalam kondisi normal untuk mendapatkan data yang representatif. Selain itu, pengaruh tekanan dan laju aliran sea water pada sistem pendingin juga diamati dalam beberapa skenario beban operasional yang berbeda.

D. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Pengukuran Langsung

Data tekanan, suhu, dan laju aliran sea water diukur menggunakan alat ukur yang sesuai standar, seperti manometer untuk tekanan dan termometer untuk suhu. Pengukuran dilakukan secara berkala selama periode penelitian untuk memastikan data yang dihasilkan akurat dan dapat diandalkan.

2. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan untuk mencatat kondisi operasional mesin pendingin, termasuk pola kerja sistem, durasi operasi, dan faktor lingkungan yang dapat memengaruhi kinerja sistem. Observasi ini memberikan konteks tambahan bagi data kuantitatif yang diperoleh.

3. Dokumentasi

Dokumentasi berupa data historis, laporan perawatan, dan catatan operasional sistem pendingin kapal MT Raon Teresa. Data ini digunakan untuk membandingkan hasil pengukuran dengan kondisi sebelumnya serta mengidentifikasi pola perubahan yang terjadi pada sistem pendingin.

4. Wawancara Terbatas

Wawancara dilakukan dengan operator kapal untuk memperoleh informasi tambahan terkait pengoperasian dan perawatan sistem pendingin. Informasi ini memberikan wawasan praktis yang tidak selalu terlihat dari data kuantitatif.

E. Prosedur Pengolahan dan Analisis Data

Data yang terkumpul diolah dan dianalisis melalui langkah-langkah berikut:

1. Validasi Data

Data yang diperoleh dari pengukuran dan observasi diperiksa untuk memastikan keakuratannya. Validasi dilakukan dengan membandingkan data hasil pengukuran dengan spesifikasi teknis dari sistem pendingin yang digunakan.

2. Pengolahan Data

Data kuantitatif seperti tekanan, suhu, dan laju aliran sea water dimasukkan ke dalam perangkat lunak analisis statistik seperti SPSS atau Microsoft Excel. Data ini diorganisasi dalam tabel untuk memudahkan analisis.

3. Analisis Statistik

Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan pola tekanan, suhu, dan laju aliran sea water dalam sistem pendingin.

Analisis regresi linier dilakukan untuk menentukan pengaruh tekanan dan laju aliran sea water terhadap efektivitas mesin pendingin. Analisis ini membantu mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antarvariabel.

4. Interpretasi Hasil

Hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik, tabel, dan narasi untuk memberikan gambaran yang jelas tentang hubungan antarvariabel yang diteliti. Interpretasi ini juga mencakup implikasi praktis dari temuan penelitian.

F. Jadwal Penelitian

Tabel 3. 1 langkah-langkah rancangan analisis

No	Kegiatan	TAHUN 2021											
		BULAN											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Mencari buku dan jurnal sebagai referensi												
2	Pemilih topik utama penelitian												
3	Menyusun Proposal serta Bimbingan												
TAHUN 2022													
3	Menyusun Proposal serta Bimbingan												
4	Ujian Proposal												
5	Menyelesaikan perbaikan ujian Proposal												
7	Melaksanakan (PRALA) Pengambilan data												

TAHUN 2023													
7	Melaksanakan (PRALA) Pengambilan data												
TAHUN 2024													
8	Penyusunan Skripsi dan bimbingan												
TAHUN 2025													
9	Seminar hasil skripsi												
10	Perbaikan seminar hasil skripsi												
11	Bimbingan TUTUP Skripsi												
12	Seminar TUTUP Skripsi												
13	Pengumpulan Berkas Skripsi												

Ini merupakan rancangan analisis yang memperlihatkan jadwal kegiatan dari tahun 2021 hingga 2025 dalam konteks penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian, dan penyelesaian skripsi.