

**ANALISIS IDENTIFIKASI DAN PERBAIKAN KEBOCORAN
FREON PADA SISTEM PEMIPAAN MESIN PENDINGIN
MAKANAN REFRIGERATOR DI KAPAL MT. GAS ALTHEA**



**RIDWAN
NIT. 21.42.111
TEKNIKA**

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

**ANALISIS IDENTIFIKASI DAN PERBAIKAN KEBOCORAN *FREON*
PADA SISTEM PEMIPAAN MESIN PENDINGIN MAKANAN
REFRIGERATOR DI KAPAL MT. GAS ALTHEA**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Menyelesaikan Program Pendidikan
Diploma IV Pelayaran

Program Studi Teknika

Disusun dan Diajukan Oleh

RIDWAN

NIT. 21.42.111

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

SKRIPSI

**ANALISIS IDENTIFIKASI DAN PERBAIKAN KEBOCORAN
FREON PADA SISTEM PEMIPAAN MESIN PENDINGIN
MAKANAN REFRIGERATOR DI KAPAL MT. GAS ALTHEA**

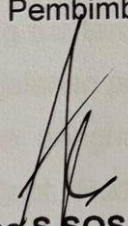
RIDWAN
NIT. 21.42.111

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Skripsi
Pada tanggal, 14 November 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

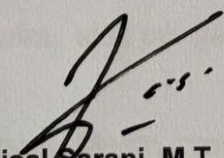

Winarno S.SOS., M.Mar.E
NIP. 197001162009121001

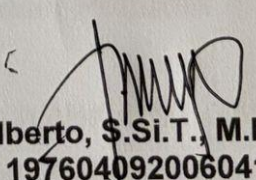

Ir. Hasan S.Si.T.M.T, M.Mar.E
NIP. 198507052019021003

Mengetahui:

a.n. Direktur
Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Pembantu Direktur I

Ketua Program Studi Teknika


Capt. Faisal Sarani, M.T., M.Mar
NIP. 19750329 199903 1 002


Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P
NIP. 197604092006041001

PRAKATA

Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan petunjuk-Nya, saya berhasil menyelesaikan penyusunan skripsi berjudul "**ANALISIS IDENTIFIKASI DAN PERBAIKAN KEBOCORAN FREON PADA SISTEM PEMIPAAN MESIN PENDINGIN MAKANAN REFRIGERATOR DI KAPAL MT. GAS ALTHEA**"

Proses penelitian ini merupakan langkah penting dalam perjalanan akademik saya di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar. Sebagai seorang taruna pelayaran, penulisan skripsi ini menjadi bukti komitmen saya dalam memahami dan mengatasi tantangan teknis yang seringkali dihadapi dalam operasional kapal laut.

Mengakui keterbatasan dan kekurangan pengalaman pribadi, saya sangat mengharapkan saran, kritik, dan masukan untuk meningkatkan kualitas skripsi ini. Saya dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua tercinta, semangat, kasih sayang, dan dukungan mereka selama perjalanan pendidikan saya.

Tak lupa, penghargaan setinggi-tingginya saya sampaikan kepada:

1. Bapak Capt. Rudy Susanto M.Pd, Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Bapak Capt. Faisal Saransi, M.T, Pembantu Direktur I Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
3. Bapak Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P., Ketua Jurusan Teknika.
4. Bapak winarno S.SoS., M.Mar.E Pembimbing I.
5. Bapak Ir. Hasan S.Si.T.M.T, M.Mar.E., Pembimbing II.
6. Para perwira, staf pengajar, dan karyawan Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
7. Kepala Kamar Mesin, perwira, dan seluruh ABK di MT GAS ALTHEA.
8. Rekan-rekan Taruna dan Taruni angkatan XLII serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga rahmat-Nya senantiasa menyertai kita semua. Saya memohon maaf jika terdapat kekurangan dalam skripsi ini. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat untuk peningkatan pengetahuan, terutama bagi saya sendiri, rekan-rekan Taruna di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, dan untuk meningkatkan kualitas perwira Indonesia di masa mendatang.

Makassar, 14 November 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ridwan', with a long horizontal stroke extending to the right.

Ridwan
NIT:21.42.111

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya : Ridwan

Nomor Induk Taruna : 21.42.111

Program Studi : Teknika

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

Analisis Identifikasi Dan Perbaikan Kebocoran Freon Pada Sistem Pemipaan Mesin Pendingin di kapal MT GAS ALTHEA

Ini adalah karya pertama. Semua ide dalam skripsi ini ditulis oleh saya, kecuali yang dikutip sebagai kutipan. Jika pernyataan di atas menunjukkan sebaliknya, saya bersedia menerima sanksi dari Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Makassar, 14 November 2025



Ridwan
NIT:21.42.111

ABSTRAK

Ridwan "Identifikasi Sistem Pemipaan Mesin Pendingin Makanan (Refrigerator) di Kapal" (Dibimbing oleh: *Winarno, S.Sos., M.Mar.E dan Ir. Hasan, S.Si.T., M.T., M.Mar.E*)

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sistem pemipaan serta mendeteksi potensi kebocoran *Freon* pada mesin pendingin makanan (*refrigerator*) di atas kapal. Permasalahan yang dihadapi adalah menurunnya efisiensi pendinginan akibat kebocoran pada sambungan dan pipa yang terkorosi, yang berakibat pada peningkatan konsumsi energi dan terganggunya fungsi penyimpanan makanan. Metode penelitian dilakukan melalui inspeksi lapangan terhadap sistem pemipaan, pengujian kebocoran menggunakan *leak detector* elektronik dan metode konvensional sabun-air, serta tindakan perbaikan berupa penggantian pipa yang rusak.

Hasil inspeksi menunjukkan bahwa dari 10 unit mesin pendingin yang diuji, 7 unit mengalami kebocoran pada sambungan pipa, sedangkan 3 unit lainnya mengalami kebocoran akibat korosi. Penggunaan *leak detector* menunjukkan tingkat keberhasilan deteksi sebesar 95%, lebih tinggi dibandingkan metode sabun-air sebesar 70%. Setelah perbaikan berupa penggantian pipa dilakukan, efisiensi pendinginan meningkat rata-rata sebesar 20%. Pengujian ulang selama tujuh hari menunjukkan bahwa seluruh unit beroperasi normal tanpa kebocoran ulang.

Hasil ini menegaskan pentingnya pemeliharaan berkala, pemilihan material pipa berkualitas, dan pelatihan teknisi dalam mendeteksi serta menangani kebocoran sistem pemipaan pada mesin pendingin makanan di kapal. Upaya tersebut menjadi faktor utama dalam menjaga efisiensi dan keberlanjutan operasional sistem pendingin.

Kata kunci: sistem pemipaan, kebocoran *Freon*, *leak detector*, *refrigerator* kapal, efisiensi pendinginan, perawatan pipa.

ABSTRACT

Ridwan "*Identification of Piping System on Food Refrigeration Machines Aboard Ship*" (Supervised by: Winarno, S.Sos., M.Mar.E and Ir. Hasan, S.Si.T., M.T., M.Mar.E)

This study aims to identify the piping system and detect potential Freon leaks in food refrigeration machines (refrigerators) aboard ships. The main issue encountered is the decline in cooling efficiency due to leaks at pipe joints and corrosion-damaged pipes, leading to increased energy consumption and disruption of food preservation functions. The research method includes field inspections of the piping system, leak detection using an electronic leak detector and the conventional soap-water method, as well as repair actions involving replacement of the damaged pipes.

Inspection results showed that out of 10 refrigeration units tested, 7 units had leaks at pipe joints, while the remaining 3 units experienced leaks due to corrosion. The use of an electronic leak detector demonstrated a detection success rate of 95%, which is higher than the soap-water method at 70%. After repair through pipe replacement, cooling efficiency improved by an average of 20%. A seven-day retest confirmed that all units operated normally without further leaks.

These findings underscore the importance of regular maintenance, selection of high-quality pipe materials, and technician training in detecting and addressing piping system leaks in shipboard food refrigeration units. Such measures are crucial in maintaining the efficiency and sustainability of the refrigeration system's operation.

Keywords: *piping system, Freon leakage, leak detector, ship refrigerator, cooling efficiency, pipe maintenance.*

DAFTAR ISI

PRAKATA	iv
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Manfaat Penelitian	2
E. Hipotesis	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Mesin Pendingin	4
B. Macam-Macam Mesin Pendingin (<i>Refrigerator</i>)	5
C. Bagian-bagian mesin pendingin	7
D. Prinsip Kerja Sistem Pendingin	13
E. Bahan Pendingin (<i>Freon</i>)	14
F. Prinsip Kerja <i>Freon</i>	15
G. Kebocoran <i>Freon</i>	16
H. Perawatan Mesin Pendingin	23
I. Sistem Pemipaan dalam Mesin Pendingin Kapal	24
J. Jenis Mesin Pendingin di Kapal	25
K. Regulasi Internasional Terkait Sistem Pendingin	26
L. Kerangka Pikir	27
BAB III METODE PENELITIAN	28
A. Tempat Dan Waktu Penelitian	28

B. Teknik Pengumpulan Data	28
C. Jenis Dan Sumber Data	28
D. Prosedur Pengolahan Data	29
E. Jadwal Penelitian	30
H. Tabel rancangn Data Penelitian	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
A. Gambaran Umum Sistem Refrigerasi	33
B. Hasil penelitian	33
C. Pembahasan	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	48
A. Kesimpulan	47
B. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	51
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik <i>Freezer</i>	5
Gambar 2.2 Grafik <i>Chiler</i>	6
Gambar 2.3 Kompresor Untuk <i>Refrigerator</i>	8
Gambar 2.4 Kondensor	9
Gambar 2.5 Katup Ekspansi	11
Gambar 2.6 <i>Evaporator</i>	12
Gambar 2.7 Sistem Pendingin	13
Gambar 2.8 <i>Leak Detector</i>	18
Gambar 2.9 Kerangka Pikir	24

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	32
Tabel 3.2 Kondisi Mesin Pada System Pemipaan Mesin Pendingin	34

LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Mesin Pendingin Bahan Makanan	51
Lampiran 1. 2 Kebocoran Pada <i>Solenoid valve</i> dan Pipa Pada Sistem Mesin Pendingin Bahan Makanan	52
Lampiran 1. 3 Penggunaan <i>Halide Torch</i> Untuk Mendeteksi Kebocoran	52
Lampiran 1. 4 Pemotongan pipa pendingin Menggunakan <i>Cutting</i>	53
Lampiran 1. 5 <i>Refrigerant R-404 A</i>	54
Lampiran 1. 6 <i>Log Book</i>	55
Lampiran 1. 7 Pompa <i>Refrigerator</i>	56
Lampiran 1. 8 <i>Evaporator</i>	57

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Untuk menjaga makanan yang baik dan berkualitas, diperlukan alat yang mendukung, seperti mesin pendingin yang memenuhi standar kerja. Kualitas sayur dan buah harus tetap segar, tidak layu atau susut, dan memiliki rasa yang tetap. Saat disimpan, daging dan ikan tidak lembek atau busuk; jika diperlukan, mereka dapat membeku sepenuhnya dan bahkan mengkristal. Suhu penyimpanan buah dan sayur harus berkisar dari sepuluh hingga lima derajat Celcius, dan suhu kerja ikan dan daging harus berkisar dari -18 hingga -20 derajat Celcius.

Mesin pendingin memerlukan perawatan yang baik agar dapat mempertahankan suhu yang diinginkan. Komponen utama dan komponen pendukung yang terlibat dalam perawatan ini termasuk kompressor, kondensor, oil separator, dryer, expansion valve, evaporator, sistem saluran pendingin, dan sistem kontrol listriknya. Alat harus dirawat dengan teratur menurut petunjuk.

Segera ambil tindakan untuk mencegah kerusakan fatal dengan membaca buku manual atau memperhatikan setiap jam jaga. Karena jika terjadi kerusakan fatal, itu akan merugikan awak kapal dan perusahaan karena lebih banyak jam kerja dan biaya perawatan dan operasional kapal. tetapi mengalami gangguan kinerja akibat masalah kebocoran *Freon* dan pembekuan es:

Selain permasalahan-permasalahan di atas yang bersifat umum dan kompleks, terdapat satu masalah mendasar yang sering terjadi pada sistem pendingin di kapal. Masalah ini berkaitan langsung dengan efisiensi dan kinerja mesin pendingin, yaitu kebocoran refrigeran (*Freon*) dalam sistem. Kebocoran ini mengganggu sirkulasi gas refrigeran, sehingga menyebabkan penumpukan es berlebihan di sepanjang saluran pipa, baik pada garis bertekanan tinggi maupun

rendah. Kondisi terparah terjadi ketika pipa *evaporator* hampir seluruhnya tertutup es, mengakibatkan suhu ruang pendingin tidak mencapai setting yang diinginkan.

Kebocoran *Freon* umumnya dipicu oleh korosi atau endapan kotoran pada pipa kondensor, yang mengurangi efektivitas pelepasan panas refrigeran ke air laut. Akibatnya, tekanan sistem tidak stabil, beban kompresor meningkat, dan mesin pendingin bekerja terus-menerus tanpa mampu mencapai suhu optimal. Meskipun kompresor tidak mati, kinerjanya menjadi tidak efisien, konsumsi listrik membengkak, dan risiko kerusakan komponen lain (seperti katup ekspansi atau *oil separator*) meningkat.

Dengan mempertimbangkan masalah yang disebutkan di atas, saya sebagai peneliti dan penulis merasa tertarik untuk mengajukan judul **“Identifikasi Dan Perbaikan Kebocoran *Freon* Pada Sistem Pemipaan Mesin Pendingin Makanan *Refrigerator*”**

B. Rumusan Masalah

Penulis membuat masalah berikut setelah melihat latar belakang dan judul sebelumnya::

1. Bagaimana cara mengidentifikasi terjadinya kebocoran *freon* pada mesin pendingin makanan *refrigerator*?
2. Bagaimana cara mengatasi kebocoran *freon* pada mesin pendingin?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. untuk mengetahui cara mengidentifikasi terjadinya kebocoran *freon* pada mesin pendingin
2. untuk mengetahui cara mengatasi kebocoran *freon* pada mesin pendingin

D. Manfaat Penelitian

Berikut adalah manfaat dari penelitian yang dibahas dalam skripsi ini::

1. Manfaat secara teoritis
 - a. Meningkatkan pemahaman pembaca, pelaut, dan umum tentang cara memperbaiki kompresor mesin pendingin
 - b. Meningkatkan kesadaran mahasiswa dan karyawan Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar tentang pentingnya melakukan perawatan kompresor mesin pendingin dengan cara yang paling efisien.
2. Manfaat secara praktis

Ini adalah informasi yang bermanfaat untuk masinis di atas kapal yang ingin mengoptimalkan perawatan mesin pendingin bahan makanan dan memastikan bahwa proses pendinginan bahan makanan berjalan seoptimal mungkin..

E. Hipotesis

Berdasarkan permasalahan di atas, maka :

1. Diduga bahwa cara mengatasi kebocoran *Freon* pada mesin pendingin belum maksimal
2. Diduga upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi terjadinya kebocoran menggunakan alat *leak detektor* lalu melakukan penggantian pipa mesin pendingin yang bocor.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Mesin Pendingin

Menurut (Aji et al., 2019), Mesin pendingin, juga disebut refrigator, adalah mesin yang dapat menghasilkan suhu atau suhu dingin. Mesin pendingin terdiri dari motor penggerak, kompresor, kondensor, evaporator, saringan, dan saluran pengembangan. Kompresor bertanggung jawab atas pengaturan tekanan dalam sistem pendingin. Akibatnya, penyebab zat pendingin yang ada di dalam sistem bergerak. Sistem pendingin menggunakan media pendingin yang selalu berubah. Dalam sistem pendingin, perbedaan tekanan mengubah wujud zat dari gas menjadi cair atau sebaliknya. Untuk membiarkan media pendingin bergerak. Ada beberapa tanda bahwa freon bocor, yaitu Level freon turun pada gelas duga; tekanan keluar kompresor sangat rendah; tekanan isap kompresor terlalu tinggi, sehingga tidak dapat vakum; suhu ruang pendingin panas turun, sehingga tidak dapat mencapai suhu ideal; dan kompresor beroperasi terus menerus sehingga tidak dapat mati secara otomatis. Ampere kompresor menurun sebagai akibat dari penurunan beban sistem. Cara menggunakan nyala api dan busa air sabun untuk mengetahui kebocoran freon yaitu:

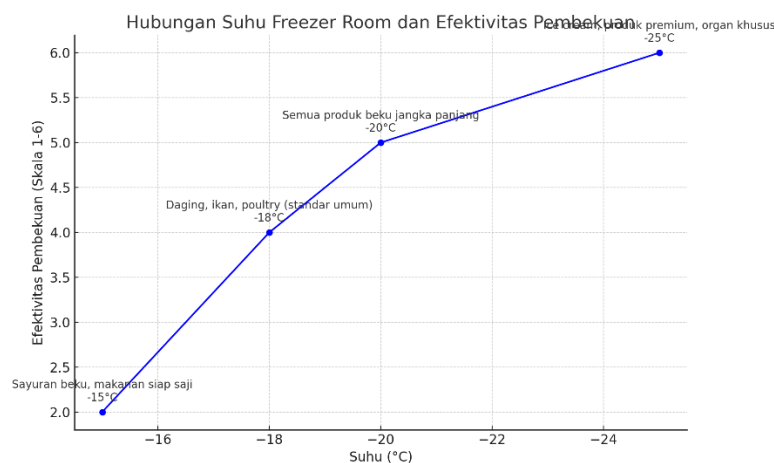
1. ada penurunan tingkat Freon pada gelas duga; ;
2. tekanan keluar kompresor yang sangat kecil;;
3. tekanan isap yang terlalu tinggi pada kompresor (tidak dapat mencapai vakum);
4. suhu ruang pendingin panas (tidak dapat mencapai suhu ideal);
5. kompresor tetap beroperasi (tidak mati secara otomatis);
6. Ampere kompresor menurun karena beban menurun karena kekurangan freon.

B. Macam-Macam Mesin Pendingin (Refrigerator)

Menurut (Insight, 2025) Mesin pendingin di kapal memainkan peran krusial dalam menjaga kualitas dan keamanan bahan makanan selama pelayaran, terutama pada perjalanan jarak jauh. Dengan menjaga suhu rendah, mesin pendingin mencegah pertumbuhan mikro organisme, oksidasi, fermentasi, dan pengeringan bahan makanan, sehingga memastikan makanan tetap segar dan layak konsumsi bagi awak kapal

Lepas dari desain yang modern, fungsi mesin pendingin adalah hal utama yang harus menjadi pertimbangan utama. Pada umumnya *refrigerator* terdiri dari dua bagian, yaitu :

1. Freezer

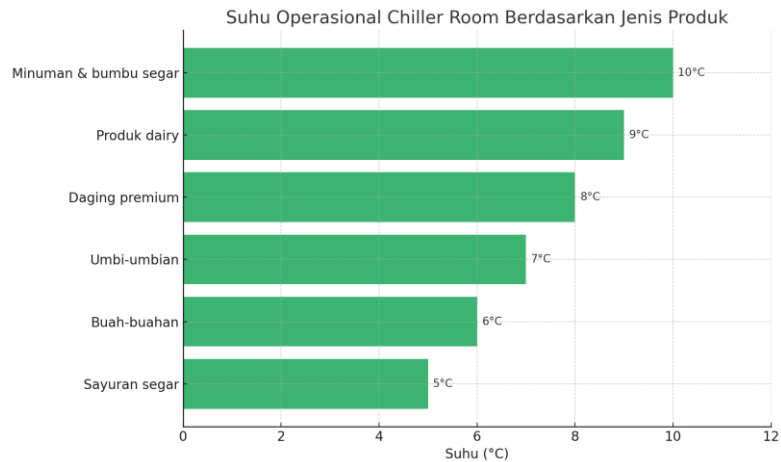


Gambar 2. 1 Grafik *Freezer*

Sumber : FAO & WHO. (2009)

Freezer Room biasa dijalankan di suhu kisaran -18°C – 20°C , kebanyakan penggunaan di suhu -18°C . Alasan yang paling utama karena bakteri akan mati dibawah suhu -18°C . Kebanyakan product yang disimpan dalam waktu lama, disimpan di suhu *freezer*. Khusus utk *ice cream*, daging dan lain lain digunakan dalam suhu sampai -18°C agar menjaga product dalam tingkat beku maksimal.

2. *Chiller*



Gambar 2. 2 Grafik *Chiler*

Sumber : FAO & WHO. (2009)

Chiller atau *Chiller Room* biasa digunakan di suhu kisaran +5°C +10°C. Di suhu ini, product dijaga agar tidak sampai beku mengeras sehingga tidak merusak kualitas product. Pada bagian ini biasanya material segar ditempatkan. Product yang menggunakan *chiller room* antara lain sayuran, buah-buahan, umbi-umbian, *premium beef* dll.

3. *Frozen Food*

Mereka yang menyukai makanan dingin, seperti So Good, suka menyimpan barang mereka di freezer karena suhu freezer yang dingin memungkinkan makanan dingin tetap terjaga kualitasnya. Pastikan suhu freezer -18oC agar produk aman dan dapat dimakan. Selama pengawetan dengan IQF, bakteri tidak berkembang biak. Namun, untuk menjaga kualitasnya, juga diperlukan penyimpanan yang baik, yaitu disimpan di freezer.

a. Daging

Salah satu kesalahan yang sering dilakukan adalah menyimpan daging di suhu ruang terlalu lama. Ini menempatkan daging dalam bahaya karena jutaan bakteri dapat mengkontaminasinya. Daging dalam freezer tidak beku, sehingga rasa dan teksturnya tidak berubah; namun, daging dalam chiller tidak beku, membuatnya kurang lezat.

b. Sayur dan Buah

Kulkas dapat membantu menjaga bahan makanan tetap segar dan memperlambat proses pematangan. Sayuran yang disimpan dalam kulkas dapat menjadi layu atau bahkan kering, tetapi suhu rendah dalam kulkas sangat baik untuk menjaga sayuran "tampak segar", tetapi cairan dalam sel sayuran akan membeku, menyebabkan sayuran layu dan kering. Makanan dan sayur seperti terong, kol, wortel, apel, dan brokoli dapat disimpan pada suhu yang lebih rendah. Biasanya ditempatkan di laci sayur.

c. Susu, *yoghurt*, keju

Susu dan produk olahan yang terbuat dari susu, seperti yoghurt dan keju, harus disimpan di chiller. Ini karena susu sangat kaya protein dan nutrisi..

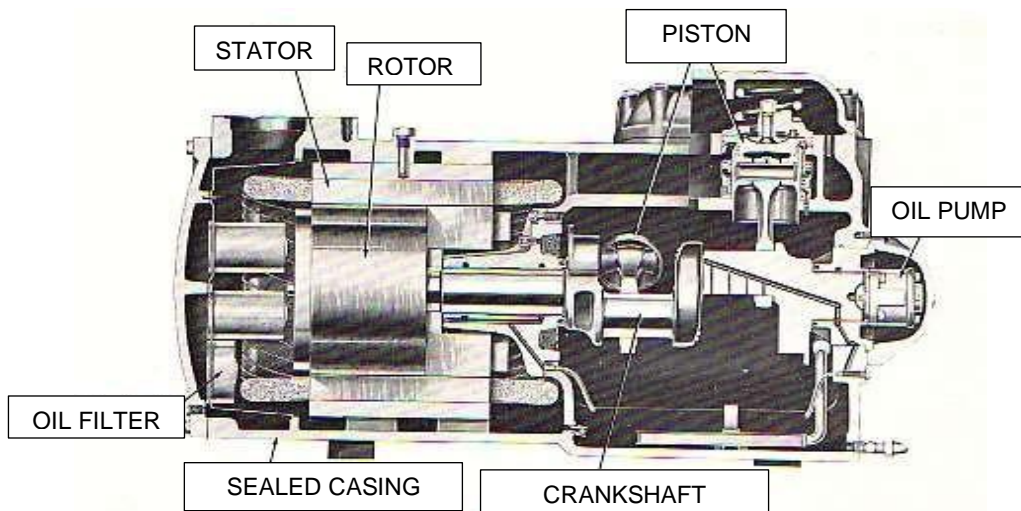
C. Bagian-bagian mesin pendingin

Mesin pendingin terdiri dari beberapa komponen utama dan komponen bantu.

1. Bagian utama tersebut adalah:

a. Kompresor

Salah satu komponen utama mesin pendingin adalah kompresor, yang mengompresi uap pendingin dari evaporator ke tekanan tinggi, yang memungkinkan uap pendingin bersirkulasi di seluruh sistem (Madenginer.com, 2025).



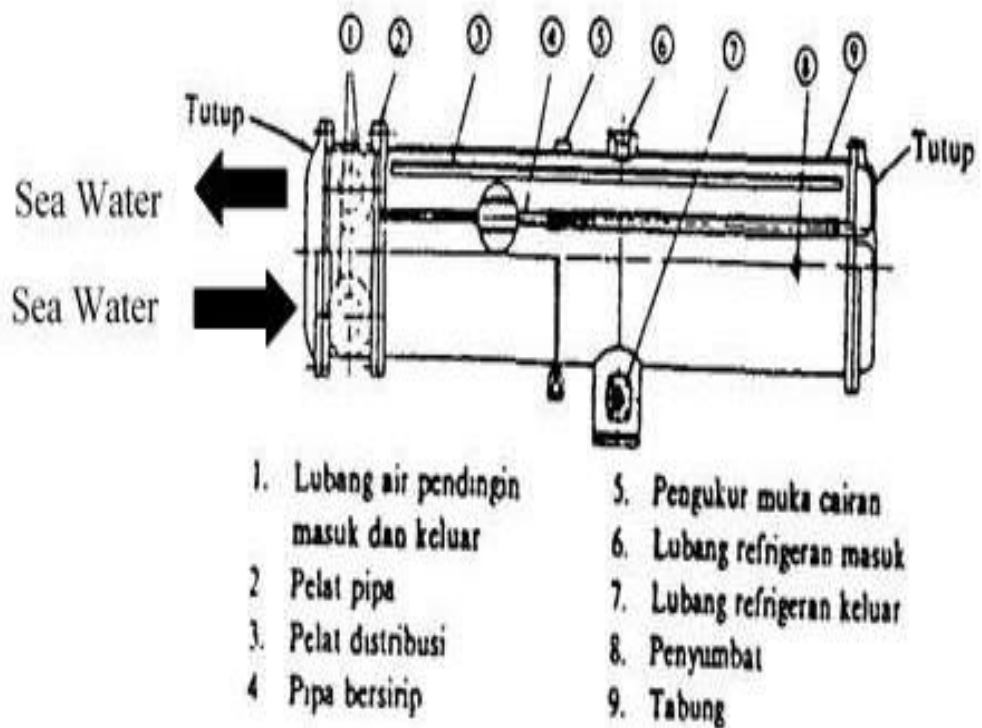
Gambar 2. 3 Kompresor untuk *Refrigerator*

Sumber : <http://www.teachintegration.wordpress.com>

Metodenya bergantung pada bahan pendingin yang diisap dari evaporator dengan suhu dan tekanan tinggi. Gas yang digunakan ini dikeluarkan dari compressor dan kemudian dialirkan ke kondensor. Kompresor akan berhenti secara otomatis jika ruang pendingin mencapai titik beku atau tegangan terlalu tinggi. Pengontrol suhu mengontrol suhu rendah dan tinggi.

b. Kondensor

Kondensor tidak mengalami perubahan tekanan dan refrigerant dalam tekanan tinggi yang keluar dari kompresor didinginkan dan diubah menjadi cairan (Madenginer.com, 2025).



Gambar 2. 4 Kondensor

Sumber : <http://www.maritimeworld.web.id>

Kondensor air pendingin biasanya terdiri dari sebuah silinder dengan banyak pipa yang dialirkan air pendingin di dalamnya. Gas freon yang panas dialirkan ke dalam silinder dan mengembun menjadi air.

c. Katup Ekspansi

Tekanan refrigerant kondensor sangat rendah saat katup dibuka. Menurut ilmu termodinamika, penurunan suhu yang signifikan juga akan diikuti oleh penurunan tekanan yang signifikan. Penguapan ini akan masuk ke evaporator setelah menjadi dingin dan mengambil panas dari bahan makanan di tempat yang didinginkan. Thermo expansion valve, yang digunakan dalam sistem pendingin, bekerja secara otomatis hanya jika ada beban yang diberikan.

Prinsip kerja katup ekspansi ini adalah sebagai berikut: sementara diafragma menggerakkan katup terbuka, tekanan gas menekan diafragma dari atas, dan bahan pendingin mengalir ke evaporator dari bawah katup. Selama katup terbuka, tekanan gas bulb harus lebih besar dari tekanan bahan pendingin sendiri, yang berarti suhu gas bulb juga harus lebih tinggi dari suhu badan pendingin di bawah diafragma. Suhu ruangan menjadi lebih dingin dengan cepat sehingga penguapan ini lebih cepat. Saat suhu ruangan menjadi lebih rendah, suhu antara lampu dan bahan menjadi lebih rendah, yang menyebabkan katup semakin tertutup dan kompresor secara otomatis berhenti. Pengaturan katup ekspansi sangat ketat untuk penyetelan maksimum atau seperempat putaran baut pengaturan.



Gambar 2. 5 Katup Ekspansi

Sumber : Foto *expantion* / www.rparts.com/catalog

d. Evaporator

Evaporator adalah perangkat di mana freon dalam kondisi temperatur dan tekanan rendah mengambil panas udara dan menguap menjadi gas. Tempat yang disebut ruangan beku digunakan untuk menyimpan daging dan ikan apabila suhunya di bawah 0°C.

Fungsi evaporator adalah untuk menguapkan refrigerant dari bentuk cair menjadi bentuk gas pada tekanan dan suhu yang rendah. Saat panas dari lingkungan diambil, suhu di sekitarnya menjadi dingin.

Coil pipa yang dibengkokkan berulang-ulang disebut evaporator. Tujuan pipa dibengkokkan berulang-ulang adalah untuk membuat penyerapan panas dari ruang pendingin lebih lama daripada pipa yang dibengkokkan sekaligus. Akibatnya, efek penguapan gas menjadi lebih baik. Bahan makanan (daging, ikan, sayur, dan lain-lain) yang disimpan di ruang pendingin menjadi awet atau tidak busuk karena suhunya yang dingin.

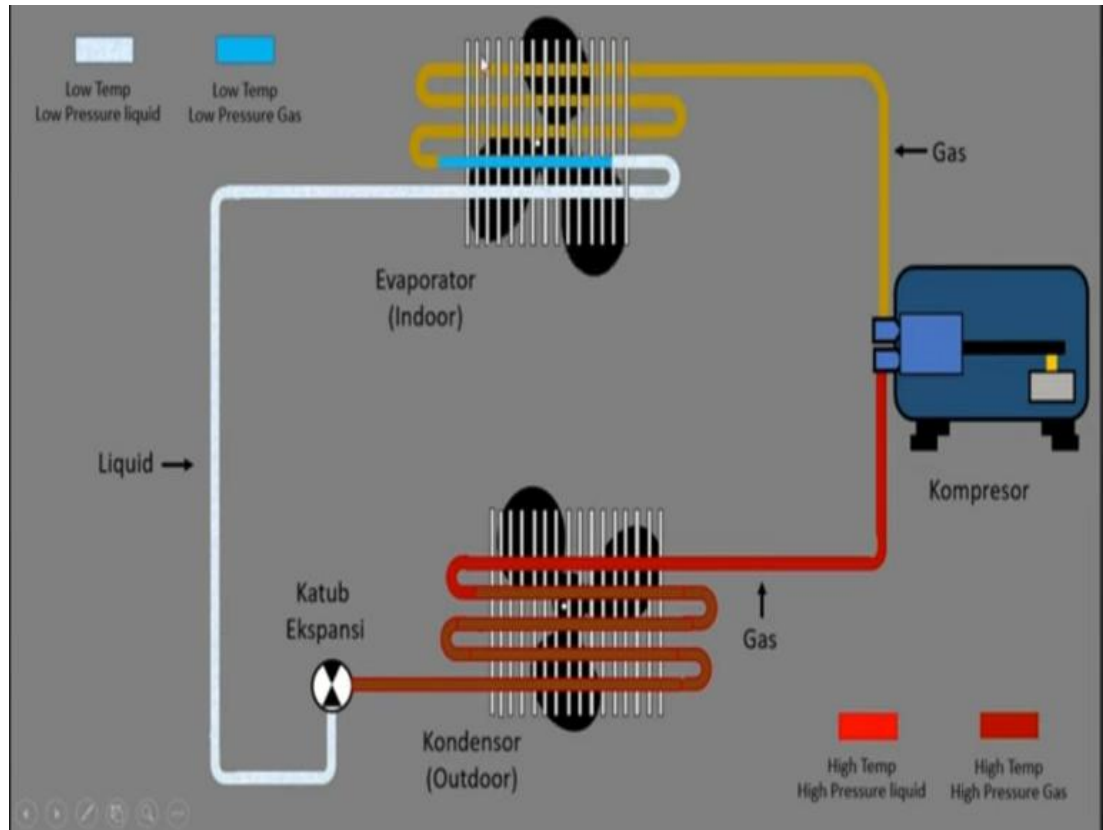
Gambar 2. 6 *Evaporator*



Sumber: <http://www.maritimeworld.web.id>

2. Untuk mendukung pengoperasian dan fungsi mesin pendingin, ada alat bantu berikut:
 - a. Minyak separator memisahkan minyak lumas dari gas freon.
 - b. Penerima menampung freon, atau media pendingin yang dikondensasikan.
 - c. Gelas penduga mengontrol jumlah media pendingin pada cairan freon dalam sistem.
 - d. Drayer, juga dikenal sebagai dehydrator, adalah mesin yang dapat menyerap uap dan air. Di dalam drayer terdapat silicagel atau bahan pengering (dessicant) dan kawat saringan, sehingga alat ini dapat menyerap dan menjaring uap air, asam, kotoran, dan bahan lain.
 - e. Distributor membagi freon ke setiap pipa kapiler sistem.
 - f. Katup solenoid, juga dikenal sebagai katup solenoid, berfungsi untuk menghentikan aliran cairan bahan pendingin jika suhu ruangan pendingin mencapai batas terendah dan sebaliknya, jika suhu ruangan pendingin mencapai batas tertinggi, katup solenoid akan jatuh dan menutup cairan freon. Jika suhu ruangan pendingin mencapai batas tertinggi, aliran listrik akan menghubungkan katup seleno ke sumbernya.
 - g. Expansion Valve berfungsi untuk mengatur jumlah freon yang mengalir ke evaporator dan sekaligus menurunkan tekanan freon di dalam evaporator.
 - h. Valve feed back mencegah gas freon dari kompresor kembali ke evaporator.
 - i. Thermostat dapat dihidupkan dan dipatikan.
 - j. Pengkompresi yang disesuaikan dengan pengaturan
 - k. Tekanan zat diatur oleh pipa perata tekanan.
 - l. . Pipa pengisian digunakan untuk mengisi dan mengeluarkan zat pendingin dari sistem.

D. Prinsip Kerja Sistem Pendingin



Gambar 2. 7 Sistem Pendingin
Sumber : SistemRefrigasi.ac.co.id

Proses kompresi membuat molekul refrigerant bergerak lebih cepat (Indonesia, 2025). Gas freon merambat ke pipa kondensor dan media pendinginan lainnya. Siklus kompresi uap, juga dikenal sebagai siklus kompresi uap, terdiri dari empat tahap utama: kompresi, kondensasi, ekspansi, dan evaporasi. Ini adalah dasar sistem pendingin. Panas berpindah dari tempat yang ingin didinginkan ke lingkungan luar melalui proses ini.

Disarankan agar media pendinginan yang baik ada di bagian kondensor karena proses pengembunan akan lebih mudah. Sampai keseimbangan dicapai, temperatur dan tekanan gas freon akan meningkat. Setelah proses pengembunan gas seimbang, gas mengalir melalui saluran cairan tekanan tinggi menuju freon kontrol.

Salah satu daur yang paling banyak digunakan dalam sistem refrigerasi adalah siklus kompresi uap, di mana tekanan ditekan dan kemudian diembunkan menjadi cairan, lalu tekanannya diturunkan agar cairan dapat menguap kembali.

E. Bahan Pendingin (*Freon*)

Menurut (TeknologiRefrigerasi.,2025) Dasar-Dasar Mesin Pendingin, mengemukakan Freon, suatu bahan yang dapat diubah dari gas menjadi cair atau sebaliknya, membutuhkan panas dari evaporator dan dibuang ke kondensor. Syarat umum freon adalah:

Adapun syarat-syarat umum untuk *Freon* adalah:

1. Tidak merangsang dan tidak beracun.
2. Tidak dapat meledak atau terbakar jika dicampur dengan udara, pelumas, atau bahan lain.\
3. Tidak menyebabkan bahan logam yang dipakal pada sistem pendingin korosi.
4. Mudah ditemukan saat terjadi kebocoran
5. Memiliki titik didih yang rendah dan tekanan kondensasi yang rendah.
6. Memiliki komposisi kimia yang tidak berubah setiap kali dimampatkan, diembunkan, atau diuapkan.
7. Tekanan penguapan dan pengembunan (kondensasi) harus sekecil mungkin.
8. Memiliki panas laten penguapan yang tinggi, sehingga evaporator menyerap panas sebesar mungkin
9. Tidak merusak tubuh manusia.

F. Prinsip Kerja Freon

Menurut (Chen et al., 2023) Selain itu pentingnya pemilihan dan optimalisasi *refrigerant* seperti *freon* untuk meningkatkan efisiensi sistem pendingin pada aplikasi kelautan

Empat proses yang dilakukan oleh sistem pendinginan adalah kompresi, kondensasi, ekspansi, dan evaporasi (cair, uap, gas, dan kembali ke cair). Freon disirkulasi berulang kali untuk menghasilkan proses pendinginan.

Jika tidak terjadi kebocoran, instalasi mesin pendingin yang sedang beroperasi tidak akan mengurangi Freon-nya; oleh karena itu, untuk menambah Freon ke dalam sistem, kebocoran harus ditanggulangi terlebih dahulu sebelum Freon dapat ditambahkan ke pipa, kondensor, dan penerima. Kebocoran *freon* menyebabkan penurunan tekanan dan volume *refrigerant* dalam sistem, sehingga proses pendinginan menjadi tidak optimal dan mengakibatkan kerja *evaporator* menurun.

Menurut (Aji et al., 2019) Hal ini akhirnya menyebabkan penurunan performa mesin pendingin dan dapat mempercepat kerusakan komponen sistem. Penurunan tekanan terjadi ketika tekanan refrigerant yang bersirkulasi lebih tinggi daripada tekanan atmosfer. Apabila terjadi kebocoran pada sistem media pendingin, atau freon, maka freon akan keluar. Kebocoran yang tidak diketahui menyebabkan freon semakin berkurang, yang menyebabkan suhu pendingin bahan makanan yang tidak normal. Proses berikut dilakukan untuk menemukan kebocoran:

1. Mencari Lokasi Kebocoran.

Ada tiga cara untuk menemukan lokasi kebocoran, yaitu:

a. Dengan busa sabun.

Pencarian kebocoran dilakukan di tempat sambungan, di tempat gesekan pipa dengan benda lain karena getaran, dan di tempat nipple-niple. Jika ada kebocoran keluar, gelembung busa terbentuk di tempat busa sabun berada.

b. Dengan lampu halide (*torch lamp*).

Ada lampu indikator pada halide yang menyala berdasarkan supply udara bersih di sekitar instalasi pendingin. Jika tidak ada kebocoran dengan udara bersih, nyala api berwarna biru, tetapi jika ada kebocoran, warna api di antara burner jet dan flame cap berwarna hijau. Kelemahan dari lampu ini adalah jika terjadi kebocoran yang terlalu besar, seluruh ruangan akan penuh dengan gas freon, dan nyala api akan berwarna hijau sebelum lampu diarahkan ke tempat yang dicurigai.

c. Dengan *Leak Detector*

Menurut (Bhatti et al., 2022) penggunaan *leak detector* sangat krusial dalam pemeliharaan sistem pendingin untuk mengidentifikasi kebocoran secara cepat dan mencegah dampak lingkungan serta kerusakan sistem lebih lanjut

Alat yang dikenal sebagai deteksi kebocoran digunakan untuk mendeteksi kebocoran dari berbagai jenis benda atau alat, seperti pipa, AC, dan lain-lain. Alat yang sangat berguna dan mempermudah proses mendeteksi kebocoran ini berbeda dengan metode tradisional yang menggunakan air dan sabun untuk menemukan titik kebocoran di masa lalu. Sekarang, Anda dapat dengan mudah menemukan titik kebocoran dengan menggunakan deteksi kebocoran.

Dengan berkembangnya teknologi, mendeteksi kebocoran menjadi lebih cepat dan lebih mudah. Sebelum ada detektor kebocoran, kebocoran masih sangat sulit untuk dideteksi dan memerlukan metode terlebih dahulu yang rumit dan memakan waktu. Tentu saja, itu tidak efisien dan tidak efektif.

Dengan adanya leak detector, benda atau alat yang mengalami kebocoran dapat dideteksi secara instan dan ditangani, sehingga mengurangi risiko.

Gambar 2. 8 *Leak Detector*



Sumber : <https://www.google.com/imgres>

untuk menemukan kebocoran dari suatu alat atau benda. Leak detector memiliki banyak manfaat dan sangat bermanfaat, terutama di era modern yang serba cepat dan canggih. Salah satu dari banyak manfaat alat ini adalah kemampuan untuk mendeteksi dengan cepat dan mempersingkat waktu kerja. Selain berfungsi sebagai pendeteksi kebocoran, leak detector juga dapat digunakan untuk melihat apakah suatu alat atau benda mengalami kebocoran. Dalam hal ini, leak detector akan memeriksa pipa untuk memastikan apakah ada bagian pipa yang bocor. Peran ini jelas sangat penting untuk mencegah dan meminimalkan kebocoran pipa, karena pengecekan awal meminimalkan risiko kebocoran yang berlanjut atau terlalu lama.

Leak detector sangat membantu dalam berbagai tugas, baik di rumah maupun di tempat kerja, yang memerlukan pernapasan atau perbaikan alat, seperti memperbaiki pipa freon yang bocor.

2. Mengganti pipa yang bocor dengan pipa baru.

Setelah menemukan kebocoran pada pipa, langkah berikutnya adalah mengganti pipa yang bocor dengan pipa baru. Sebelum melakukan pergantian pipa, hal-hal berikut harus dipersiapkan:

- a. Menyediakan pipa tembaga berukuran sama dengan pipa yang akan diganti.
- b. Potong pipa sepanjang 3–4 cm dan bersihkan ujungnya dengan gergaji besi atau pemotong pipa sampai tidak ada sisa serbuk tembaga.
- c. Alat penyangga digunakan untuk mengembangkan ujung pipa baru sehingga diameter ujungnya sesuai dengan pipa yang akan disambung.
- d. Sambungan dan las tembaga harus dilakukan secara merata sehingga perak yang mencair masuk ke dalam lubang pipa.

G. Kebocoran Freon

Menurut (Aji et al., 2019) kebocoran refrigeran (*freon*) merupakan salah satu masalah yang umum terjadi dalam sistem pendingin, termasuk sistem pendingin makanan di kapal. Sistem pendingin dirancang sebagai sistem tertutup, artinya *freon* seharusnya tidak berkurang jika tidak terjadi kebocoran. Maka dari itu, ketika ditemukan berkurangnya jumlah refrigeran dalam sistem, dapat dipastikan bahwa telah terjadi kebocoran pada instalasi.

Kebocoran *freon* menyebabkan menurunnya tekanan dan volume refrigeran, yang berdampak langsung pada penurunan kinerja komponen utama sistem pendingin, khususnya *evaporator* dan kompresor. Akibatnya, sistem tidak mampu mencapai suhu dingin yang diinginkan, dan kompresor bekerja lebih lama dari seharusnya. Menurut Bhatti et al. (2022), kebocoran *freon* juga berkontribusi terhadap kerusakan sistem secara menyeluruh serta menimbulkan risiko lingkungan.

Tanda-tanda terjadinya kebocoran freon meliputi:

1. Tekanan sisi hisap (*low side*) dan sisi tekan (*high side*) turun di bawah standar.
2. Suhu ruang pendingin tidak stabil atau tidak mencapai target.
3. Muncul gelembung pada *sight glass*, atau freon tampak tidak mengalir.
4. Kompresor bekerja terus-menerus tanpa siklus mati.
5. Arus listrik kompresor turun akibat beban kerja berkurang.

Untuk mengidentifikasi titik kebocoran, digunakan tiga metode umum:

a. Metode Busa Sabun

Merupakan metode sederhana dengan cara mengoleskan larutan sabun pada sambungan pipa atau komponen. Jika ada kebocoran, akan muncul gelembung udara dari titik tersebut. Metode ini efektif untuk kebocoran kecil, namun kurang akurat untuk deteksi mikro.

b. *Halide Torch* (Lampu Halide)

Menurut (Teknologi Refrigerasi.com, 2025) alat ini menggunakan nyala api yang berubah warna menjadi hijau apabila mendeteksi gas *freon*. Cara ini efektif digunakan di ruang terbuka, namun tidak ideal di ruangan dengan kadar *freon* tinggi karena bisa menunjukkan sinyal palsu lebih awal.

c. *Leak Detector* Elektronik

Menurut (Bhatti et al., 2022) merupakan alat modern yang menggunakan sensor elektronik untuk mendeteksi kebocoran gas refrigeran secara akurat, bahkan dalam jumlah sangat kecil. Alat ini sangat direkomendasikan untuk sistem refrigerasi kapal karena efisien dan cepat dalam deteksi.

Setelah titik kebocoran ditemukan, langkah selanjutnya adalah:

1. Mengganti atau memperbaiki bagian yang bocor (misalnya pipa atau

sambungan).

2. Melakukan proses vakum minimal 45 menit untuk mengeluarkan udara dan uap
3. air dari sistem.
4. Melakukan pengisian ulang freon sesuai kapasitas sistem.
5. Uji tekanan (*pressure test*) untuk memastikan sistem tertutup rapat.
6. Pemantauan sistem minimal selama 24 jam untuk memastikan tidak ada kebocoran ulang.

Dengan langkah identifikasi dan penanganan yang tepat, sistem pendingin dapat kembali bekerja optimal dan aman digunakan selama operasional kapal.

H. Sifat dan Risiko Keamanan *Refrigeran Freon*

Menurut (ASHRAE, 2021). *Refrigeran freon*, khususnya jenis R-134a, merupakan zat pendingin golongan *hidro fluoro karbon* (HFC) yang banyak digunakan dalam sistem pendingin kapal karena memiliki karakteristik tidak mudah terbakar, tidak berbau, tidak berwarna, serta stabil secara kimia. Berdasarkan klasifikasi dari ASHRAE, R-134a tergolong sebagai refrigeran dengan kategori A1, yaitu beracun rendah dan tidak mudah terbakar, sehingga relatif aman digunakan dalam sistem tertutup seperti *refrigerator* di kapal.

Namun, meskipun secara teknis aman, *freon* tetap memiliki potensi bahaya serius jika terjadi kebocoran dalam jumlah besar, khususnya pada ruang tertutup yang minim ventilasi. Dalam kondisi seperti ini, *freon* dapat menggantikan oksigen di udara dan menyebabkan hipoksia (kekurangan oksigen), yang dapat mengakibatkan pusing, kehilangan kesadaran, bahkan kematian. Honeywell (2022) menyatakan bahwa, "*Inhalation of R-134a in high concentrations may cause oxygen deficiency and lead to asphyxiation in confined environments.*"

Selain itu, freon yang terkena suhu sangat tinggi, misalnya akibat kontak dengan permukaan logam panas atau percikan listrik, dapat mengalami dekomposisi termal dan menghasilkan gas beracun seperti

hidrogen fluorida (HF) yang sangat korosif dan berbahaya jika terhirup. WHO (2023) mencatat bahwa paparan HF meskipun dalam jumlah kecil dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan dan kerusakan jaringan paru-paru. Di samping itu, tekanan tinggi akibat akumulasi *freon* yang tidak terlepas dapat menyebabkan ledakan mekanis, meskipun tidak melalui proses pembakaran.

Untuk mencegah risiko-risiko tersebut, sistem pendingin di kapal harus dilengkapi dengan:

1. Ventilasi memadai, khususnya di ruang mesin dan ruang pendinginan.
2. Sensor deteksi kebocoran *freon* untuk peringatan dini.
3. Shutdown otomatis pada tekanan tinggi untuk melindungi sistem.
4. Pemeriksaan berkala terhadap pipa, sambungan, dan katup, agar potensi kebocoran bisa dicegah sedini mungkin.

Dengan memahami sifat dan potensi bahaya dari freon, maka dapat disimpulkan bahwa identifikasi dini terhadap kebocoran bukan hanya menjaga efisiensi sistem, tetapi juga merupakan bagian penting dari keselamatan kerja dan operasional kapal.

I. Cara Kerja Katup Ekspansi (*Thermostatic Expansion Valve*)

Katup ekspansi adalah komponen penting dalam sistem refrigerasi yang berfungsi untuk mengatur aliran refrigeran dari kondensor ke evaporator serta menurunkan tekanannya. Penurunan tekanan ini menyebabkan penurunan suhu, sehingga refrigeran siap menyerap panas dari ruang pendingin.

Jenis katup ekspansi yang paling umum digunakan dalam sistem pendingin kapal adalah *Thermostatic Expansion Valve* (TXV). TXV bekerja secara otomatis menyesuaikan jumlah refrigeran yang masuk ke *evaporator* berdasarkan suhu gas refrigeran yang keluar dari *evaporator*.

Menurut Smith dan Tanaka (2020), *“Thermostatic expansion valves are widely used in marine refrigeration systems because they provide precise control of refrigerant flow to match the heat load in the evaporator.”*

1. Prinsip Kerja TXV

TXV memiliki tiga tekanan utama yang bekerja secara seimbang:

- a. Tekanan dari bulb sensor (P_1), yang dipasang pada outlet *evaporator* dan berisi refrigeran. Bila suhu gas meningkat, tekanan bulb naik dan mendorong diafragma membuka katup.
- b. Tekanan dari *evaporator* (P_2), menekan sisi bawah diafragma untuk menutup katup.
- c. Tekanan dari pegas (spring) (P_3), bekerja menahan pembukaan agar tidak berlebihan.

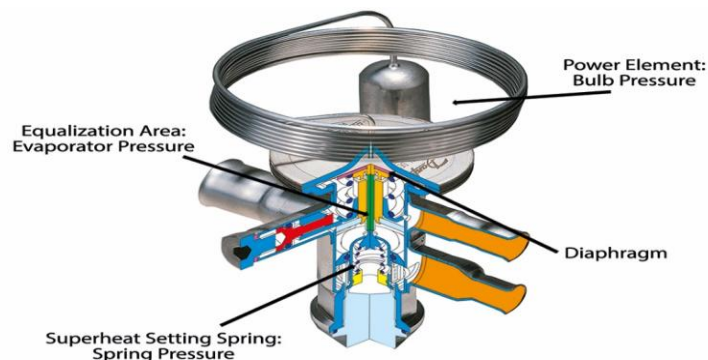
Saat suhu gas keluar dari *evaporator* naik, tekanan dalam bulb meningkat dan mendorong diafragma ke bawah. Ini membuka jalur refrigeran ke *evaporator*. Sebaliknya, jika suhu turun, tekanan bulb berkurang dan pegas mendorong kembali diafragma ke posisi semula, sehingga aliran refrigeran berkurang. Proses ini berlangsung otomatis untuk menjaga suhu dan tekanan evaporator tetap stabil.

Menurut (ASHRAE, 2021) *“The TXV ensures that just enough refrigerant enters the evaporator to match the heat being absorbed, preventing both starvation and flooding”*.

2. Fungsi Utama TXV:

- a. Menjaga efisiensi *evaporator*.
- b. Mencegah masuknya refrigeran cair ke kompresor (*liquid slugging*).
- c. Menyesuaikan aliran refrigeran dengan beban pendinginan.

Gambar 2. 9 Katup ekspansi



Sumber. <https://www.danfoss.com/en-us/service-and-support/case-stories/dcs/walk-in-coolers-thermostatic-expansion-valves-and-solenoid-valves/>

J. Perawatan Mesin Pendingin

Menurut (Ltd, 2021) Uraian-uraian diatas adalah tentang masalah mesin pendingin, khususnya masalah yang mengganggu sistem freon dan solusinya. Setelah masalah tersebut diselesaikan, mesin pendingin diharapkan dapat bekerja dengan baik. Untuk memastikan hal ini terjadi, mesin pendingin harus dirawat dengan baik. Berikut adalah jenis perawatan yang harus dilakukan.

Dalam melakukan perawatan dan perbaikan mesin pendingin tidak dapat terlepas dari penambahan Freon, karena setiap terjadi pembongkaran dapat dipastikan jumlah Freon dan minyak lumas juga berkurang. Berikut adalah langkah-langkah pelaksanaan dalam perawatan mesin pendingin: (1) langkah-langkah pengisian freon dengan tekanan tinggi (dalam bentuk cair) yaitu menutup katup keluarnya Freon dari kondensor, menyambungkan selang pengisian Freon dari botol ke katup pengisian yang terdapat dibawah kondensor, mengeluarkan udara yang terdapat dalam selang pengisian, membuka katup pengisian Freon yang terdapat di botol dan dibawah kondensor dan operasikan kompresor pada posisi manual, selama proses

pengisian Freon akan masuk kesistem dan ditampung di dalam kondensor, dan posisi katup pada botol dibawah atau botol dalam keadaan terbalik, memperhatikan tinggi Freon yang sudah masuk dengan memperhatikan pada gelas duga yang ada pada kondensor, dan setelah tinggi Freon cukup, tutup katup pengisian Freon dan buka katup keluarnya Freon dari kondensor dan posisikan kompresor pada otomatis; (2) langkah-langkah pengisian freon dengan tekanan rendah (dalam bentuk gas) yaitu membuka penuh stop valve(katup)pada sisi isap kompresor, menyambungkan selang pengisian pada katup (stop valve) sisi isap kompresor, mengeluarkan udara dari selang pengisian, menutup stop valve separuh, maka Freon dari botol akan dihisap oleh compressor, mengoperasikan kompresor dari otomatis ke manua loperasi, selama proses pengisian perhatikan perhatikan level Freon pada gelas duga, dan posisikan botol Freon dengan katup berada diatas, dan setelah jumlah Freon cukup, hentikan pengisian dan operasikan kompresor ke otomatis.

Cara menambah minyak lumas kompresor adalah dengan mematikan kompresor dengan mengalir Freon ke kondensor. Setelah kompresor mati, tutup semua katup antara kompresor dan kondensor, dan buka lubang pengisian minyak lumas kompresor. Setelah itu, tambahkan minyak lumas ke kompresor sampai batas tertentu. Dalam proses perawatan mesin pendingin, perusahaan harus membantu agar mesin dapat memenuhi kebutuhan pendinginan.

Peran Perusahaan bertanggung jawab untuk membeli suku cadang, memberikan instruksi atau pelatihan, dan mendapatkan teknisi dari darat dalam kasus di mana masinis dan peralatan kapal tidak dapat beroperasi lagi.

I. Sistem Pemipaan dalam Mesin Pendingin Kapal

Menurut (Kim et al., 2023), sistem pemipaan yang didesain dengan prinsip efisiensi aliran fluida dapat mengurangi tekanan balik, meminimalkan risiko kebocoran, serta mempermudah proses

perawatan dan inspeksi. Selain itu, sistem pemipaan harus dilengkapi dengan komponen pelengkap seperti katup *shut-off*, *sight glass*, *filter-drier*, dan *oil separator* demi menjaga kelancaran dan keamanan sistem pendingin.

Sistem pemipaan (*piping system*) dalam unit pendingin kapal memiliki peran vital sebagai media transportasi refrigeran dari satu komponen ke komponen lainnya. Pipa harus dirancang untuk tahan terhadap tekanan tinggi, fluktuasi suhu, getaran kapal, dan korosi akibat lingkungan laut. Oleh karena itu, pemilihan material pipa seperti tembaga, baja tahan karat (*stainless steel*), atau aluminium harus disesuaikan dengan jenis refrigeran serta standar kelautan.

Penting juga untuk memperhatikan teknik pemasangan pipa, seperti penggunaan insulasi termal, pemipaan dengan kemiringan yang tepat, dan sambungan las atau fitting berkualitas tinggi. Kesalahan dalam teknik pemipaan bisa menyebabkan "oil trapping", ketidakseimbangan tekanan, hingga kegagalan sistem secara menyeluruh.

J. Jenis Mesin Pendingin di Kapal

Berbagai sistem pendingin digunakan di kapal berdasarkan kebutuhan dan jenis kapal. Berikut jenis-jenis utamanya:

1. *Vapor Compression Refrigeration System (VCRS)* Merupakan jenis paling umum, terdiri dari kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan *evaporator*. Sistem ini menggunakan refrigeran sintetis seperti R404a atau R134a. Efisiensinya tinggi dan cocok untuk ruang penyimpanan makanan skala besar.

2. *Absorption Refrigeration System (ARS)*

Menurut (Rizwan et al., 2022) Menggunakan panas (biasanya dari buangan mesin) sebagai sumber energi. Cocok untuk kapal dengan ketersediaan energi termal tinggi. Meski lebih besar ukurannya, sistem ini lebih hemat bahan bakar menunjukkan potensi penghematan energi hingga 25% dibanding sistem

kompresi uap.

3. *Thermoelectric Cooling.*

Menurut (Chen et al., 2023) Menggunakan efek *Peltier* tanpa bagian bergerak, cocok untuk kebutuhan khusus berskala kecil seperti penyimpanan medis atau laboratorium di kapal. Keuntungannya adalah bebas refrigeran dan ramah lingkungan

4. *Natural Refrigerant Systems* (CO₂ dan Amonia) Menggunakan refrigeran alami yang tidak merusak ozon dan memiliki potensi pemanasan global (GWP) rendah. Sistem ini semakin populer karena mendukung inisiatif dekarbonisasi sektor maritim.

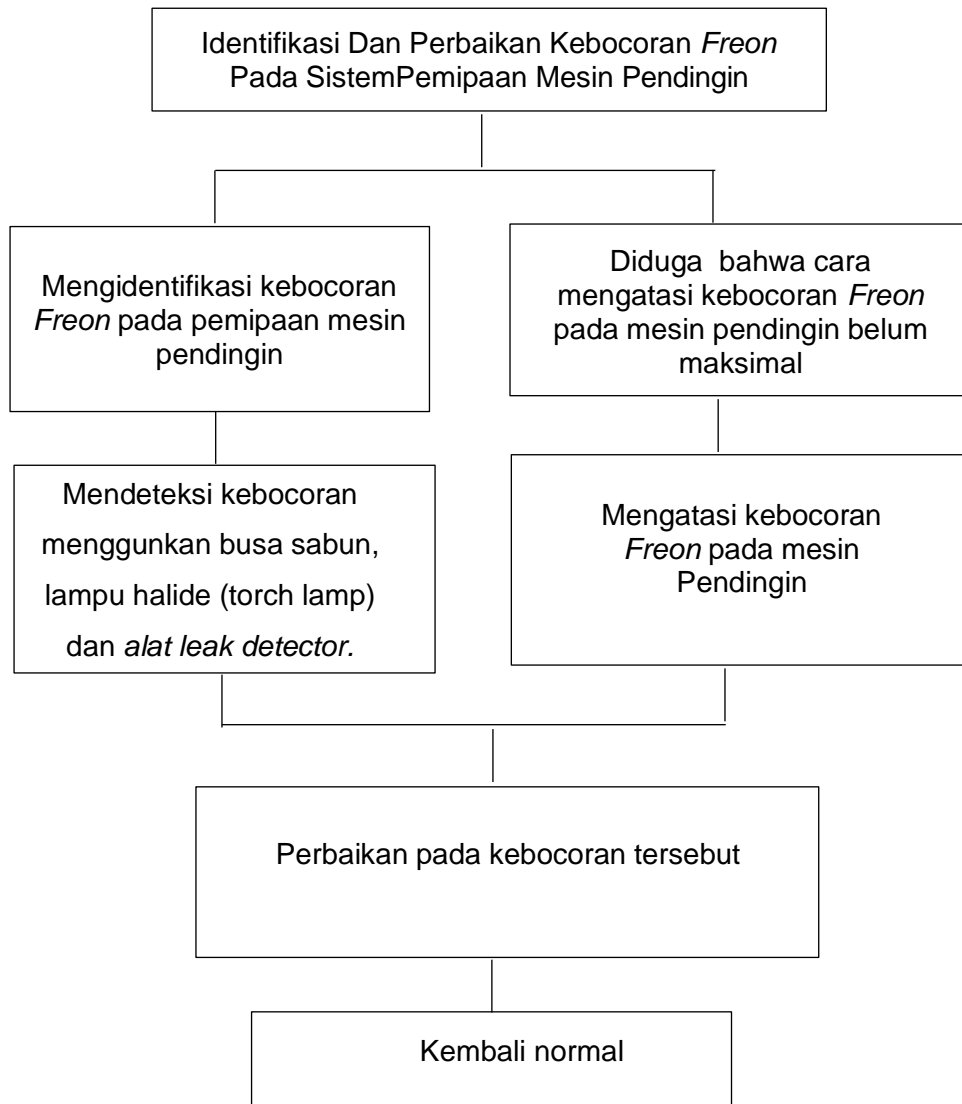
K. Regulasi Internasional Terkait Sistem Pendingin

Dalam industri pelayaran, penggunaan sistem pendingin tidak hanya didasarkan pada kebutuhan teknis dan operasional, tetapi juga harus mematuhi berbagai regulasi internasional yang ketat. Organisasi Maritim Internasional (IMO) melalui konvensi MARPOL Annex VI mengatur batasan emisi gas rumah kaca, termasuk refrigeran yang digunakan pada sistem pendingin kapal. Regulasi ini bertujuan untuk mengurangi dampak negatif industri pelayaran terhadap perubahan iklim global dengan membatasi penggunaan refrigeran yang memiliki potensi pemanasan global (*Global Warming Potential/GWP*) tinggi. Oleh karena itu, kapal-kapal yang beroperasi secara internasional wajib menggunakan refrigeran yang ramah lingkungan dan sesuai standar IMO.

Selain itu, protokol internasional lain yang sangat berpengaruh adalah *Montreal Protocol* yang secara tegas melarang penggunaan zat-zat kimia berbahaya seperti *chlorofluorocarbon (CFC)* dan *hydro chloro fluoro carbon (HCFC)*. penggunaan zat-zat ini secara bertahap dihentikan dan digantikan oleh refrigeran yang lebih aman dan ramah lingkungan. *Montreal Protocol* merupakan salah satu keberhasilan terbesar dalam diplomasi lingkungan internasional yang berhasil menurunkan konsumsi zat perusak ozon di seluruh dunia.

L. Kerangka Pikir

Gambar 2. 10 kerangka pikir



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat Dan Waktu Penelitian

Metode Lapangan (*Field Research*), penelitian yang dilakukan dengan meninjau langsung objek yang diteliti. Data dan informasi ini dikumpulkan melalui metode ini:

B. Teknik Pengumpulan Data

Data dan informasi yang diperlukan untuk penulisan skripsi ini dikumpulkan melalui :

1. Metode Lapangan (*Field Research*)

Penelitian yang dilakukan dengan cara mengadakan peninjauan langsung pada obyek yang diteliti. Data dan informasi dikumpulkan melalui :

- a. Observasi, Pengamatan langsung di lapangan di mana penulis melakukan praktik laut di kapal
- b. Wawancara, Wawancara langsung dengan para perwira dan dosen di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

2. Studi Kepustakaan (*Library Research*),

Penelitian yang dilakukan dengan membaca dan mempelajari literatur, buku, dan tulisan yang berkaitan dengan masalah yang diteliti membahas masalah tersebut.

C. Jenis Dan Sumber Data

Untuk mendukung topik ini, penulis mengumpulkan informasi dan sumber berikut:

1. Data Primer

Karena data penelitian diperoleh melalui pengamatan langsung, yaitu dengan mengamati, mengukur, dan mencatat di lokasi penelitian, mereka disebut sebagai data primer.

2. Data Sekunder

Data awal yang dikumpulkan dari perusahaan dan entitas lain yang berhubungan dengan penelitian ini dilengkapi dengan data sekunder.

D. Prosedur Pengolahan Data

Kegiatan yang dilakukan setelah memulai langkah analisis, yaitu melakukan praktek laut, adalah untuk mengetahui situasi dengan menggunakan informasi yang diperoleh dari studi kepustakaan. Selanjutnya, kita memulai dengan mengidentifikasi masalah yang ada dan menentukan tujuan dan masalah yang kita temui. Setelah itu, kita dapat menentukan metode penelitian yang sesuai.

Kita dapat mengumpulkan data tentang penelitian yang dilakukan berdasarkan apa yang kita peroleh dari langkah-langkah di atas. Sebelum pengumpulan data, teori metode yang telah kita tetapkan digunakan untuk mengolah data. Setelah pengolahan data, kita memeriksa hasil dengan membandingkan hasil dari disiplin teori yang kita gunakan. Dari hasil perhitungan yang kita analisis, kita kemudian membahasnya.

Setelah itu ditarik kesimpulan yang diperoleh dari hasil pembahasan dan diajukan saran yang berkaitan dengan peningkatan kinerja sistem pelumasan.

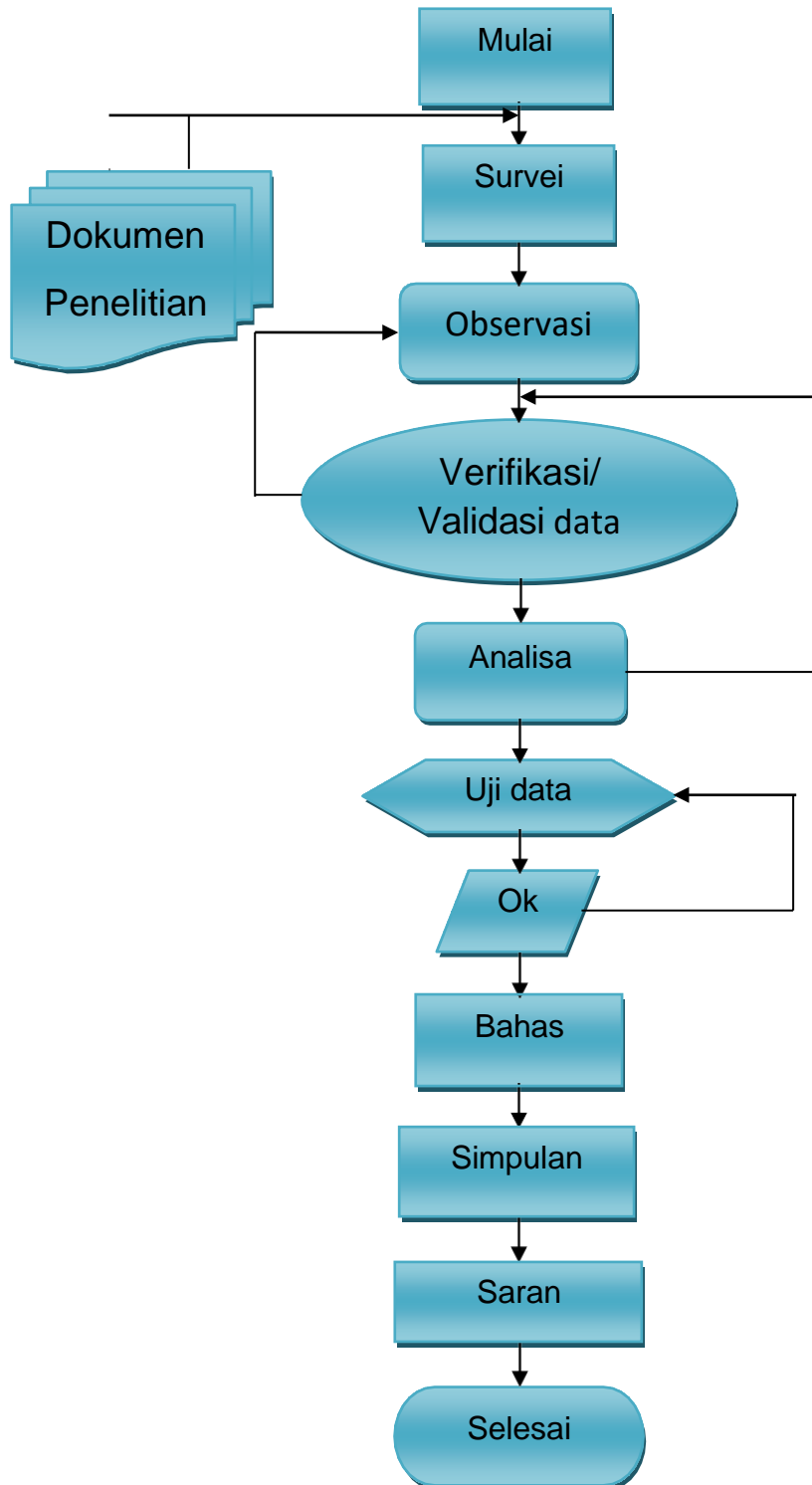
E. Jadwal Penelitian

Adapun rencana pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. 1 Jawdal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Tahun 2023 / 2024												
		Bulan												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Pengumpulan reverensi		■	■	■									
2	Pemilihan judul													
3	Penyusunan proposal dan bimbingan			■	■	■								
4	Seminar proposal					■	■	■						
5	Perbaikan seminar proposal					■	■	■						
		Tahun 2023												
		Bulan												
6.	Perbaikan materi proposal	■	■	■										
7.	Seminar proposal			■										
8.	Perbaikan Seminar Proposal				■	■	■	■						
9.	Pengambilan Data Penelitian											BERLAYAR		
		Tahun 2024												
		Bulan												
10.	Pengambilan Data Penelitian	BERLAYAR												
11.	Penyusunan/ Pengolahan Data											■		
		Tahun 2025												
		Bulan												
12.	Seminar hasil	■	12											

F. Flow chart penelitian



K. Tabel rancangan Data Penelitian

Rancangan penelitian adalah rencana penelitian yang lengkap yang mencakup semua tugas peneliti, mulai dari membuat hipotesis dan menerapkannya dalam praktik hingga menganalisis data, setelah itu disimpulkan dan diberikan saran.

Tabel 3. 2 Kondisi mesin pada system pemipaan mesin pendingin

No.	Kondisi komponen	Bahan Bakar		Temperatur e		Tekanan		Kecepatan Km/jam
		Jam	Out	In	Out	In	Out	
1	Cooling cap.(w)	-	-	-	-	-	-	-
2	Cooling cap.(Btu)	-	X	X	X	-	X	-
3	Installasion Type	-	X	-	X	X	-	-
4	Power source	-	-	-	-	-	-	X
5	Frequensi (Hz)	-	X	X	X	X	X	-
6	Curren (A.)	-	-	-	-	-	-	X