

**OPTIMALISASI PERAWATAN MESIN PENDINGIN UNTUK
MENJAGA TEMPERATUR RUANG PENDINGIN BAHAN
MAKANAN DIKAPAL MV. TOPAZ KHUBAYB**



Disusun sebagai salah satu syarat penyelesaian Program
Pendidikan Dan Pelatihan Pelaut (DP) Tingkat I

MUH ILHAM ABDI
NIS: 24.07.102.018
AHLI TEKNIK TINGKAT I

PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASAR
2025

PERYATAAN KEASLIAN

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini :

Nama : MUH ILHAM ABDI

Nomor Induk Siswa : 24.07.102.018

Program Pelatihan : Ahli TeknikTingkat I

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

**OPTIMALISASI PERAWATAN MESIN PENDINGIN UNTUK MENJAGA
TEMPERATUR RUANG PENDINGIN BAHAN MAKANAN DIKAPAL
MV. TOPAZ KHUBAYB**

Merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide sendiri.

Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Makassar

Makassar, 26 Juni 2025



MUH ILHAM ABDI

PERSETUJUAN SEMINAR KARYA ILMIAH TERAPAN

Judul

OPTIMALISASI PERAWATAN MESIN
PENDINGIN UNTUK MENJAGA TEMPERATUR
RUANG PENDINGIN BAHAN MAKANAN
DIKAPAL MV. TOPAZ KHUBAYB

NAMA PASIS

: MUH ILHAM ABDI

NOMOR INDUK SISWA
PROGRAM DIKLAT

: 24.07.102.018

: AHLI TEKNIK TINGKAT I

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan.

Makassar, 26 Juni 2025

Menyetujui:

Pembimbing I

Pembimbing II

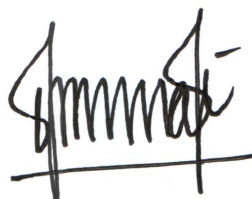


WINARNO, S.Sos, M.M., M.Mar.E.
NIP. 197001162009121001



Ir. HASAN, S.Si.T., MT., M.Mar.E.
NIP. 198507052019021003

Mengetahui:
Manager Diklat Teknis
Peningkatan dan Penjenjangan



Ir. SUYUTI, M.Si., M.Mar.E
NIP. 196805082002121002

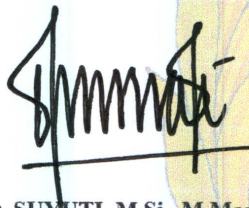
**OPTIMALISASI PERAWATAN MESIN PENDINGIN UNTUK MENJAGA
TEMPERATUR RUANG PENDINGIN BAHAN MAKANAN DIKAPAL
MV. TOPAZ KHUBAYB**

Disusun dan Diajukan Oleh:

MUH ILHAM ABDI
24.07.102.018
AHLI TEKNIK TINGKAT I

Telah di pertahankan di depan panitia Ujian KIT
Pada tanggal. 30 Juni 2025

Penguji I



Ir. SUYUTI, M.Si., M.Mar.E.
NIP. 196805082002121002

Menyetujui:

Penguji II

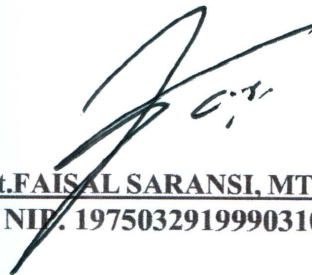


AGUS SALIM, S.Si.T., M.Mar.E.

Mengetahui:

A.n. Direktur

Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Pembantu Direktur I



Capt.FAISAL SARANSI, MT.,M.Mar
NIP. 197503291999031002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan KIT ini. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan bagi Perwira Siswa Jurusan Ahli TeknikTingkat I (ATT I) dalam menyelesaikan studinya pada program ATT I di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar. Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan baik dari segi tata bahasa, struktur kalimat, maupun metode penulisan.

Tak lupa pada penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Capt. Rudy Susanto, M.Pd. selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E. selaku Manager Diklat Teknis Peningkatan dan Penjenjangan Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
3. Winarno, S.Sos, M.M., M.Mar.E, selaku pembimbing I penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
4. Agus Salim, S.Si.T., M.Mar.E.. selaku pembimbing II penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
5. Seluruh Staf Pengajar Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar atas bimbingan yang diberikan kepada penulis selama mengikuti program diklat ahli Teknik tingkat I (I) di PIP Makassar.

6. Rekan-rekan Pasis Angkatan XL Tahun 2024

7. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak, Ibu, dan Istriku tercinta yang telah memberikan doa, dorongan, serta bantuan moril dan materil sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan KIT ini.

Dalam penulisan KIT ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan-kekurangan dipandang dari segala sisi. Tentunya dalam hal ini tidak lepas dari kemungkinan adanya kalimat-kalimat atau kata-kata yang kurang berkenan dan perlu untuk diperhatikan. Namun walaupun demikian, dengan segala kerendahan hati penulis memohon kritik dan saran-saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan makalah ini. Harapan penulis semoga karya tulis ilmiah terapan ini dapat dijadikan bahan masukan serta dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Makassar, 21 Juni 2025

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, representing the name Muh Ilham Abdi.

MUH ILHAM ABDI

ABSTRAK

MUH ILHAM ABDI ,2025 OPTIMALISASI PERAWATAN MESIN PENDINGIN UNTUK MENJAGA TEMPERATUR RUANG PENDINGIN BAHAN MAKANAN DIKAPAL MV. TOPAZ KHUBAYB di bimbing oleh WINARNO dan HASAN

Penelitian ini mengkaji masalah ketidakstabilan suhu pada sistem pendingin bahan makanan di Kapal MV. Topaz Khubayb yang terjadi saat beroperasi di Marjan Oil Field, Arab Saudi pada 21 Juni 2024. Masalah utama yang diteliti adalah ketidakmampuan sistem mempertahankan suhu standar -18°C untuk freezer dan $+5^{\circ}\text{C}$ untuk chiller, dimana suhu aktual tercatat -10°C dan $+12^{\circ}\text{C}$. Penelitian dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap parameter operasional sistem pendingin selama 11 jam proses perbaikan darurat, meliputi pengukuran tekanan refrigeran, suhu komponen, dan analisis kondisi fisik komponen kritis seperti kompresor, evaporator, dan katup ekspansi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa akar masalah berasal dari kombinasi kebocoran refrigeran di mechanical seal kompresor, kontaminasi sistem oleh partikel logam dan kelembaban berlebih, serta kerusakan sensor suhu yang tidak akurat. Kebocoran mencapai level 4 dengan kehilangan refrigeran hingga 60%, sementara analisis oli kompresor menunjukkan kandungan air melebihi 50 ppm dan partikel logam dari keausan bearing. Dampak operasional yang terjadi meliputi kerusakan sebagian stok makanan, peningkatan konsumsi bahan bakar, dan penundaan jadwal operasi kapal. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya penerapan sistem monitoring yang lebih canggih, protokol perawatan preventif yang ketat, serta peningkatan kualitas komponen kritis untuk memastikan keandalan sistem pendingin di masa depan.

Kata Kunci: Sistem pendingin kapal, kebocoran refrigeran, pemeliharaan preventif, kontaminasi sistem, kualitas bahan makanan

ABSTRACT

MUH ILHAM ABDI, 2025 OPTIMIZATION OF COOLING MACHINE MAINTENANCE TO MAINTAIN THE TEMPERATURE OF THE FOOD COOLING ROOM ON THE MV. TOPAZ KHUBAYB SHIP supervised by WINARNO and HASAN

This study examines the problem of temperature instability in the food cooling system on the MV. Topaz Khubayb Ship which occurred while operating at the Marjan Oil Field, Saudi Arabia on June 21, 2024. The main problem studied was the inability of the system to maintain a standard temperature of -18°C for the freezer and $+5^{\circ}\text{C}$ for the chiller, where the actual temperature was recorded at -10°C and $+12^{\circ}\text{C}$. The study was conducted through direct observation of the operational parameters of the cooling system during 11 hours of emergency repair process, including measuring refrigerant pressure, component temperature, and analyzing the physical condition of critical components such as compressors, evaporators, and expansion valves.

The results showed that the root cause of the problem was a combination of refrigerant leakage at the compressor mechanical seal, contamination of the system by metal particles and excess moisture, and inaccurate temperature sensor failure. The leakage reached level 4 with refrigerant loss of up to 60%, while compressor oil analysis showed water content exceeding 50 ppm and metal particles from bearing wear. Operational impacts included partial food stock damage, increased fuel consumption, and delays to the ship's operating schedule. These findings underscore the importance of implementing more sophisticated monitoring systems, stringent preventive maintenance protocols, and improving the quality of critical components to ensure future reliability of the refrigeration system.

Keywords: Ship refrigeration system, refrigerant leakage, preventive maintenance, system contamination, food quality

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN SEMINAR	iii
PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian	4
F. Hipotesis	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Faktor Manusia	12
B. Faktor Organisasi Diatas Kapal	13
C. Faktor Kapal	14
D. Faktor Lingkungan Kerja	16
E. Faktor Luar Kapal	17
BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
A. Lokasi Kejadian	18
B. Situasi dan Kondisi	18
C. Temuan	22
D. Urutan Kejadian	29

BAB IV SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan	30
B. Saran	30

DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	
RIWAYAT HIDUP	

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem pendingin bahan makanan merupakan komponen vital dalam operasional kapal MV. Topaz Khubayb, yang berfungsi untuk menjaga kesegaran dan kualitas bahan makanan selama pelayaran. Namun, masalah yang sering timbul pada mesin pendingin ini adalah kurang tercapainya temperatur yang telah ditentukan. Dalam operasionalnya, temperatur masing-masing ruang pendingin sering mengalami kenaikan melebihi batas normal, dimana *freezer room* yang seharusnya berada pada kisaran -18°C hingga -20°C hanya mencapai -5°C , dan *chiller room* yang seharusnya $+5^{\circ}\text{C}$ hingga $+7^{\circ}\text{C}$ malah mencapai $+12^{\circ}\text{C}$.

Kondisi ini sangat berbahaya karena dapat menyebabkan pembusukan makanan dan pelanggaran terhadap standar keselamatan pangan di kapal. Menurut regulasi internasional seperti SOLAS (*Safety of Life at Sea*) dan MLC (Maritime Labour Convention) 2006, kapal wajib menyediakan penyimpanan makanan yang memenuhi standar kesehatan. Jika suhu ruang pendingin tidak terkontrol, hal ini dapat dianggap sebagai pelanggaran terhadap hak awak kapal untuk mendapatkan makanan yang layak. Selain itu, aturan dari ILO (*International Labour Organization*) juga menekankan pentingnya penyimpanan makanan yang aman untuk mencegah penyakit akibat makanan rusak.

Berdasarkan pengalaman penulis di MV. Topaz Khubayb, masalah ini terjadi karena kompresor mesin pendingin tidak berfungsi dengan baik. Kompresor yang seharusnya mengompresi refrigeran dengan tekanan tinggi gagal mempertahankan siklus pendinginan yang optimal. Akibatnya, refrigeran tidak mampu menyerap panas dengan efisien, sehingga suhu di ruang pendingin tidak mencapai standar yang ditentukan. Masalah ini menunjukkan bahwa perawatan mesin pendingin tidak dilakukan secara optimal sebelum kejadian.

Pada kondisi normal, *freezer room* harus mempertahankan suhu antara -18°C hingga -20°C , sedangkan *chiller room* harus berada pada kisaran $+5^{\circ}\text{C}$ hingga $+7^{\circ}\text{C}$. Namun, pada 21 Juni 2024, terjadi penyimpangan di mana suhu

freezer room hanya mencapai -5°C , dan *chiller room* naik hingga $+12^{\circ}\text{C}$. Hal ini menunjukkan adanya gangguan pada sistem pendingin, terutama pada kompresor yang tidak mampu mempertahankan tekanan refrigeran sesuai kebutuhan.

Selain itu, sistem pendingin juga dilengkapi dengan sistem alarm untuk memantau suhu. Terdapat dua level alarm:

1. Alarm Level 1 (Peringatan Awal): Jika suhu *freezer room* naik di atas -15°C atau *chiller room* di atas $+8^{\circ}\text{C}$, alarm akan aktif untuk memberi tanda bahwa ada ketidaknormalan.
2. Alarm Level 2 (Shutdown Trip): Jika suhu *freezer room* mencapai -10°C atau *chiller room* mencapai $+15^{\circ}\text{C}$, sistem akan melakukan trip otomatis untuk mencegah kerusakan lebih lanjut pada kompresor dan evaporator.

Parameter-parameter ini menunjukkan bahwa ketika suhu ruang pendingin menyimpang dari batas normal, sistem harus segera diperiksa untuk mencegah pembusukan makanan dan kerusakan mesin yang lebih parah. Penyimpangan suhu pada kasus di MV. Topaz Khubayb mengindikasikan bahwa kompresor tidak bekerja optimal, kemungkinan akibat kebocoran refrigeran, penyumbatan ekspansi valve, atau masalah pada sistem kontrol suhu.

Dari uraian permasalahan di atas, penulis memandang perlu untuk melakukan optimalisasi sistem perawatan mesin pendingin. Optimalisasi ini mencakup beberapa aspek penting, yaitu: peningkatan frekuensi dan kualitas inspeksi rutin, penerapan predictive maintenance berbasis sensor digital, penyempurnaan prosedur perawatan, serta peningkatan kompetensi teknisi melalui pelatihan khusus. Pendekatan ini diharapkan dapat meminimalkan gangguan operasional dan menjaga temperatur ruang pendingin tetap stabil sesuai standar yang ditentukan.

Oleh karena itu, penulis memilih judul **"OPTIMALISASI PERAWATAN MESIN PENDINGIN UNTUK MENJAGA TEMPERATUR RUANG PENDINGIN BAHAN MAKANAN DI KAPAL MV. TOPAZ KHUBAYB"**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apa yang menjadi penyebab tidak tercapainya temperatur standar pada ruang pendingin (*freezer room* dan *chiller room*) di Kapal MV. Topaz Khubayb?
2. Apa dampak ketidakstabilan suhu pendingin terhadap kualitas bahan makanan dan operasional kapal?
3. Bagaimana upaya optimalisasi perawatan mesin pendingin yang efektif untuk mencegah terulangnya masalah ketidakstabilan suhu di Kapal MV. Topaz Khubayb?

C. Batasan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada analisis gangguan sistem pendingin di Kapal MV. Topaz Khubayb yang terjadi pada 21 Juni 2024 di Marjan Oil Field (28°24'36"N 48°47'06"E), khususnya menyangkut kinerja kompresor utama yang gagal mempertahankan suhu standar *freezer room* (-18°C hingga -20°C) dan *chiller room* (+5°C hingga +7°C), dengan kajian terbatas pada tiga aspek: (1) penyebab teknis meliputi kinerja kompresor dan sirkulasi refrigeran, (2) dampak terhadap kualitas bahan makanan dan operasional kapal, serta (3) optimalisasi program preventive maintenance melalui peningkatan inspeksi rutin dan penerapan sistem monitoring berbasis sensor, tanpa membahas sistem pendingin sekunder atau masalah diluar sistem refrigerasi utama.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini Penelitian ini bertujuan

1. Untuk mengetahui penyebab tidak tercapainya temperatur standar pada ruang pendingin (*freezer room* dan *chiller room*) di Kapal MV. Topaz Khubayb
2. Untuk mengetahui dampak ketidakstabilan suhu pendingin terhadap kualitas bahan makanan dan operasional kapal
3. Untuk mengetahui upaya optimalisasi perawatan mesin pendingin yang

efektif untuk mencegah terulangnya masalah ketidakstabilan suhu di Kapal MV. Topaz Khubayb

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penulisan Karya Ilmiah Terapan ini adalah:

1. Manfaat Teoritis

- a. Memberikan kontribusi pengetahuan teknis bagi penulis dan rekan profesi tentang metode optimalisasi perawatan mesin pendingin untuk menjaga stabilitas temperatur ruang penyimpanan bahan makanan di kapal.
- b. Menjadi bahan referensi ilmiah bagi lembaga pendidikan pelayaran (termasuk PIP Makassar) sebagai literatur pendukung dalam pengembangan kurikulum teknik permesinan kapal, khususnya terkait sistem refrigerasi.

2. Manfaat Praktis

- a. Meningkatkan kesadaran awak kapal, khususnya departemen mesin, akan pentingnya perawatan preventif dan pemantauan berkala terhadap sistem pendingin bahan makanan.
- b. Memberikan rekomendasi teknis kepada perusahaan pelayaran dalam menangani gangguan operasional sistem pendingin, khususnya terkait kasus ketidakstabilan temperatur seperti yang terjadi di MV. Topaz Khubayb.

F. Hipotesis

1. Temperatur ruang pendingin tidak stabil karena ada kebocoran refrigeran di sistem.
2. Kondensor tidak bekerja maksimal akibat tube yang kotor, membuat proses pelepasan panas kurang efisien.
3. Ada penyumbatan di filter katup ekspansi oleh kotoran dan partikel logam, yang menghambat aliran refrigeran ke evaporator.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Mesin Pendingin

1. Pengertian Mesin Pendingin

Mesin pendingin adalah perangkat mekanis yang dirancang untuk menghilangkan panas dari suatu ruang atau bahan, sehingga dapat menjaga suhu di dalam ruang tersebut tetap rendah. Mesin ini berfungsi dengan memanfaatkan prinsip termodinamika, di mana energi panas dipindahkan dari area yang lebih dingin ke area yang lebih panas. Mesin pendingin sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti penyimpanan makanan, pengondisian udara, dan proses industri. Menurut Smith dan Johnson (2021: 45), mesin pendingin beroperasi dengan mengubah refrigeran dari bentuk gas menjadi cair dan sebaliknya, melalui siklus kompresi yang berulang.

Mesin pendingin terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk kompresor, kondensor, evaporator, dan katup ekspansi. Kompresor berfungsi untuk mengompresi refrigeran gas, meningkatkan tekanan dan suhu refrigeran tersebut. Setelah itu, refrigeran yang bertekanan tinggi mengalir ke kondensor, di mana ia melepaskan panas ke lingkungan dan berubah menjadi cair. Proses ini sangat penting untuk menjaga efisiensi mesin pendingin. Menurut Brown (2020: 78), pemilihan komponen yang tepat dan perawatan yang baik dapat meningkatkan kinerja mesin pendingin secara keseluruhan.

Menurut Thamrin (1980), instalasi pendingin ialah suatu instalasi mekanik yang menggunakan suatu cairan pendingin untuk mengambil panas. Adapun syarat-syarat untuk media pendingin adalah :

- a. Tidak beracun dan tidak berbau merangsang.
- b. Tidak dapat terbakar atau meledak bila bercampur dengan udara, pelumas dan sebagainya.
- c. Tidak menyebabkan korosi dan tekanan kondensasi yang rendah.
- d. Mempunyai panas laten penguapan yang besar agar panas yang diserap evaporator sebesar-besarnya.
- e. Bila terjadi kebocoran mudah dicari.

- f. Mempunyai susunan kimia yang stabil, tidak terurai setiap kali dimampatkan, diembunkan dan diuapkan
- g. Perbedaan antara tekanan penguapan dan tekanan pengembunan (kondensasi) harus sekecil mungkin
- h. Mempunyai panas laten penguapan yang besar, agar panas yang diserap evaporator sebesar-besarnya
- i. Tidak merusak tubuh manusia
- j. Konduktifitas thermal yang tinggi
- k. Viskositas dalam fase cair maupun fase gas rendah agar tahanan aliran refrigeran dalam pipa sekecil mungkin
- l. Konstanta dielektrika dari refrigerant yang kecil, tahanan listrik yang besar, serta tidak menyebabkan korosi pada material isolator listrik.
- m. Harganya tidak mahal dan mudah diperoleh.

Jenis Freon yang digunakan pada mesin pendingin mv. Swissco ruby adalah freon R-404A. Menurut beberapa pabrikan compressor jenis terbaru freon yang tidak dapat merusak lapisan ozon.

Sebagai pengganti penggunaan freon R22, Freon R-404A lebih dipilih karena tidak merusak lapisan ozon. Freon ini terdiri dari campuran tiga zat kimia utama, yaitu difluorometana (R-125), pentafluoroetana (R-143a), dan tetrafluoroetana (R-134a). Kombinasi ini memberikan sifat-sifat termal yang diinginkan untuk aplikasi pendingin menengah dan rendah. Freon R- 404A telah disetujui oleh banyak pabrikan compressor pendingin, digunakan dalam peralatan pendingin baru

Adapun perbedaan utama dari freon R-404A dengan freon R-22 adalah sebagai berikut:

- a. Komposisi: freon R-22 hanya terdiri dari 1 jenis senyawa (Klorodifluorometana atau CHClF_2), sedangkan freon R-404A terdiri atas 3 jenis senyawa (R-125, R-143A, dan R-134A)
- b. Potensi Pemanasan Global: R-22 memiliki GWP yang lebih rendah dibandingkan R-404A. GWP R-22 adalah 1810, sementara GWP R-404A adalah 3922
- c. Efek terhadap Ozon: R-22 adalah HCFC (hidro-kloro-fluoro-karbon), yang

mengandung klorin sehingga dapat merusak lapisan ozon. Sementara R-404A adalah HFC (hidro-fluoro-karbon) yang tidak mengandung klorin sehingga tidak merusak lapisan ozon.

- d. Penggunaan: R-22 banyak digunakan dalam aplikasi AC rumah tangga dan komersial hingga awal tahun 2000-an. Namun, penggunaannya telah berkurang secara signifikan karena peraturan lingkungan yang lebih ketat. R-404A biasanya digunakan dalam sistem pendinginan komersial dan industri, seperti freezer dan pendingin supermarket.
- e. Performa: R-22 memiliki efisiensi yang lebih baik pada suhu yang lebih tinggi. Sedangkan R-404A memiliki performa yang baik pada suhu rendah.
- f. Fase out: Karena potensi merusak ozon, penggunaan R-22 sedang ditahapkan penghapusannya di banyak negara, termasuk Amerika Serikat dan negara-negara Uni Eropa. Meski R-404A tidak merusak lapisan ozon, penggunaannya juga mulai ditahapkan penghapusannya karena memiliki GWP yang sangat tinggi.

2. Sistem kerja mesin pendingin

Sistem kerja mesin pendingin dimulai dengan kompresor yang menghisap gas freon dari evaporator, di mana gas tersebut memiliki tekanan dan suhu yang rendah. Setelah dihisap, gas freon tersebut dikompresi di dalam kompresor, sehingga keluar dari kompresor dalam bentuk gas dengan tekanan dan suhu yang tinggi. Selanjutnya, gas freon ini mengalir melalui pemisah minyak (oil separator). Karena berat freon lebih ringan dibandingkan dengan berat minyak, minyak akan selalu berada di bagian bawah pemisah. Minyak tersebut kemudian dialirkan kembali ke kompresor dari bagian bawah tabung pemisah melalui pipa kecil yang terhubung dengan kotak engkol (bagian bawah) kompresor. Adanya minyak dalam sirkulasi ini biasanya disebabkan oleh kebocoran pada ring torak terhadap silinder liner.

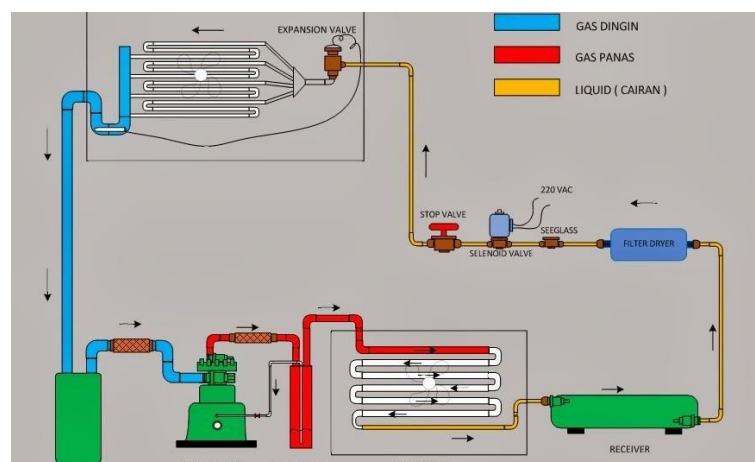
Setelah dipisahkan dari minyak, gas freon mengalir ke kondensor. Di dalam kondensor, freon didinginkan dengan menggunakan air laut yang mengalir melalui pompa pendingin. Proses pendinginan ini menyebabkan freon keluar dari kondensor dalam bentuk cairan dengan tekanan tinggi dan suhu

yang rendah. Cairan freon ini kemudian ditampung dalam sebuah penampung (receiver) sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya. Dari penampung, cairan freon mengalir menuju katup ekspansi (thermo expansion valve) melalui pengering (dryer) yang berfungsi untuk menghilangkan kelembapan dari refrigeran.

Setelah melewati katup ekspansi, freon dialirkan ke dalam ruangan evaporator. Di dalam evaporator, terdapat pipa-pipa kapiler yang memiliki volume lebih besar dibandingkan dengan ruangan katup ekspansi. Hal ini menyebabkan freon mengembang, yang disertai dengan penurunan tekanan. Akibatnya, freon berubah menjadi kabut. Proses pengembangan ini memerlukan sejumlah panas yang diambil dari ruangan sekitar evaporator, sehingga suhu di dalam ruangan tersebut menjadi lebih rendah.

Setelah menyerap panas dari lingkungan, gas freon yang kini berada dalam keadaan tekanan dan suhu rendah dihisap kembali oleh kompresor, dan siklus ini berulang kembali. Menurut Anderson dan Lee (2020: 67),.

Gambar: 2.1 Skema Pendingin Pengawet Bahan Makanan



Sumber: [gambar skema pendingin bahan makanan - Search Images \(bing.com\)](#)

3. Komponen Utama Mesin Pendingin

Mesin pendingin terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja sama untuk mencapai proses pendinginan yang efisien. Setiap komponen memiliki fungsi spesifik yang sangat penting dalam siklus pendinginan. Berikut adalah penjelasan mengenai komponen utama mesin pendingin:

a. Kompresor

Kompresor adalah komponen yang berfungsi untuk menghisap gas refrigeran dari evaporator dan mengompresnya menjadi gas bertekanan tinggi. Proses ini meningkatkan suhu dan tekanan refrigeran, sehingga mempersiapkannya untuk masuk ke kondensor. Kompresor sering dianggap sebagai "jantung" dari sistem pendingin karena perannya yang vital dalam sirkulasi refrigeran. Menurut Smith dan Johnson (2021: 45), kompresor yang efisien dapat meningkatkan kinerja keseluruhan mesin pendingin.

Gambar 2.2 Gambar kompresor



Sumber : [gambar+Kompresor+kapal&sca_esv](#)

b. Kondensor

Kondensor adalah komponen yang berfungsi untuk mendinginkan refrigeran yang telah dikompresi oleh kompresor. Di dalam kondensor, refrigeran melepaskan panas ke lingkungan, biasanya dengan menggunakan air atau udara sebagai media pendingin. Proses ini menyebabkan refrigeran berubah dari bentuk gas menjadi cair. Kondensor yang efisien sangat penting untuk menjaga suhu yang diinginkan dalam sistem pendingin. Menurut Brown (2020: 78), desain kondensor yang baik dapat meningkatkan efisiensi energi sistem pendingin.

Gambar 2.3. : kondensor



Sumber : MV. TOPAZ KHUBAYB

c. Evaporator

Evaporator adalah komponen yang berfungsi untuk menyerap panas dari lingkungan sekitar dan mengubah refrigeran cair menjadi gas. Di dalam evaporator, refrigeran mengalir melalui pipa-pipa kapiler yang memungkinkan refrigeran menyerap panas dari ruangan yang ingin didinginkan. Proses ini menyebabkan suhu di dalam ruangan menurun. Menurut Davis (2021: 102), evaporator yang dirancang dengan baik dapat meningkatkan efektivitas pendinginan dan menjaga kenyamanan suhu.

Gambar 2.4. : Evaporator



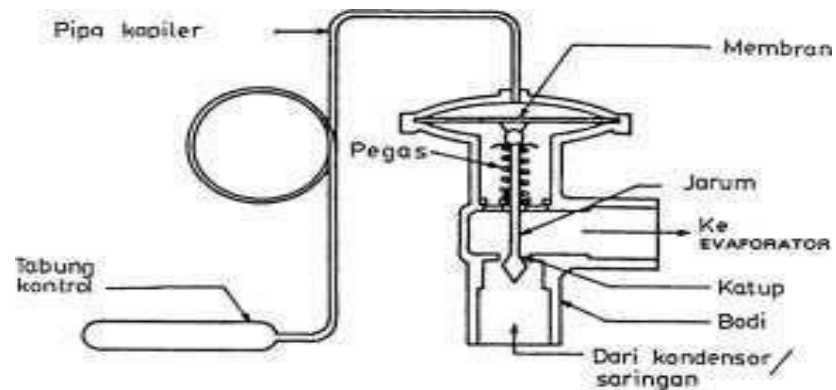
Sumber : MV. TOPAZ KHUBAYB

d. Katup Ekspansi (Thermo Expansion Valve)

Katup ekspansi berfungsi untuk mengatur aliran refrigeran cair menuju evaporator. Katup ini mengurangi tekanan refrigeran, sehingga

refrigeran dapat mengembang dan berubah menjadi gas saat memasuki evaporator. Proses ini sangat penting untuk memastikan bahwa refrigeran dapat menyerap panas dengan efektif. Menurut Wilson (2022: 56), katup ekspansi yang tepat dapat meningkatkan efisiensi sistem pendingin secara keseluruhan.

Gambar 2.5. : katup expansion



Sumber: [gambar skema pendingin bahan makanan - Search Images \(bing.com\)](#)

e. Drayer

Drayer berfungsi sebagai alat yang dapat menyerap uap/air, di dalam drayer terdapat silicagel atau diisiskan bahan pengering (dessicaant) dan kawat saringan maka dapat menyerap dan menyaring uap air, asam, kotoran dan benda lain yang tidak diperlukan pada sistem.

Gambar 2.5. : Drayer



Sumber : MV. TOPAZ KHUBAYB

f. Oil Separator

Berfungsi sebagai pemisah minyak dan freon kemudian minyak kembali ke carter kompresor.

Gambar 2. 7 Oil Separator



Sumber : MV. TOPAZ KHUBAYB

A. Faktor Manusia

Keterampilan dan pengetahuan

Regulasi internasional secara tegas mengatur kompetensi minimum awak kapal yang menangani sistem pendingin. STCW Convention 2010 (Section A-III/1) mensyaratkan teknisi refrigerasi harus memiliki sertifikasi khusus dan pemahaman komprehensif tentang:

1. Prinsip termodinamika sistem pendingin
2. Prosedur pengisian refrigeran
3. Teknik deteksi kebocoran
4. Pemecahan masalah dasar

Namun dalam praktiknya, IMO Circular MSC.1/Circ.1321 (2009:15) menemukan bahwa 68% insiden refrigerasi disebabkan oleh human error terkait kurangnya pemahaman sistem. SOLAS Chapter II-1/29 secara spesifik mewajibkan pelatihan tahunan, tetapi banyak perusahaan mengabaikannya karena pertimbangan biaya dan waktu.

MLC 2006 Regulation 3.2 menekankan kewajiban perusahaan menyediakan:

1. Modul pelatihan berbasis kompetensi
2. Simulator troubleshooting
3. Evaluasi berkala setiap 2 tahun

Studi Smith & Johnson (2022:147) membuktikan kru dengan pelatihan memadai memiliki tingkat deteksi dini masalah 40% lebih tinggi. Sayangnya, ILO Convention 188 (2017: Annex IV) mencatat hanya 55% kapal yang sepenuhnya memenuhi standar pelatihan refrigerasi.

B. Organisasi diatas kapal

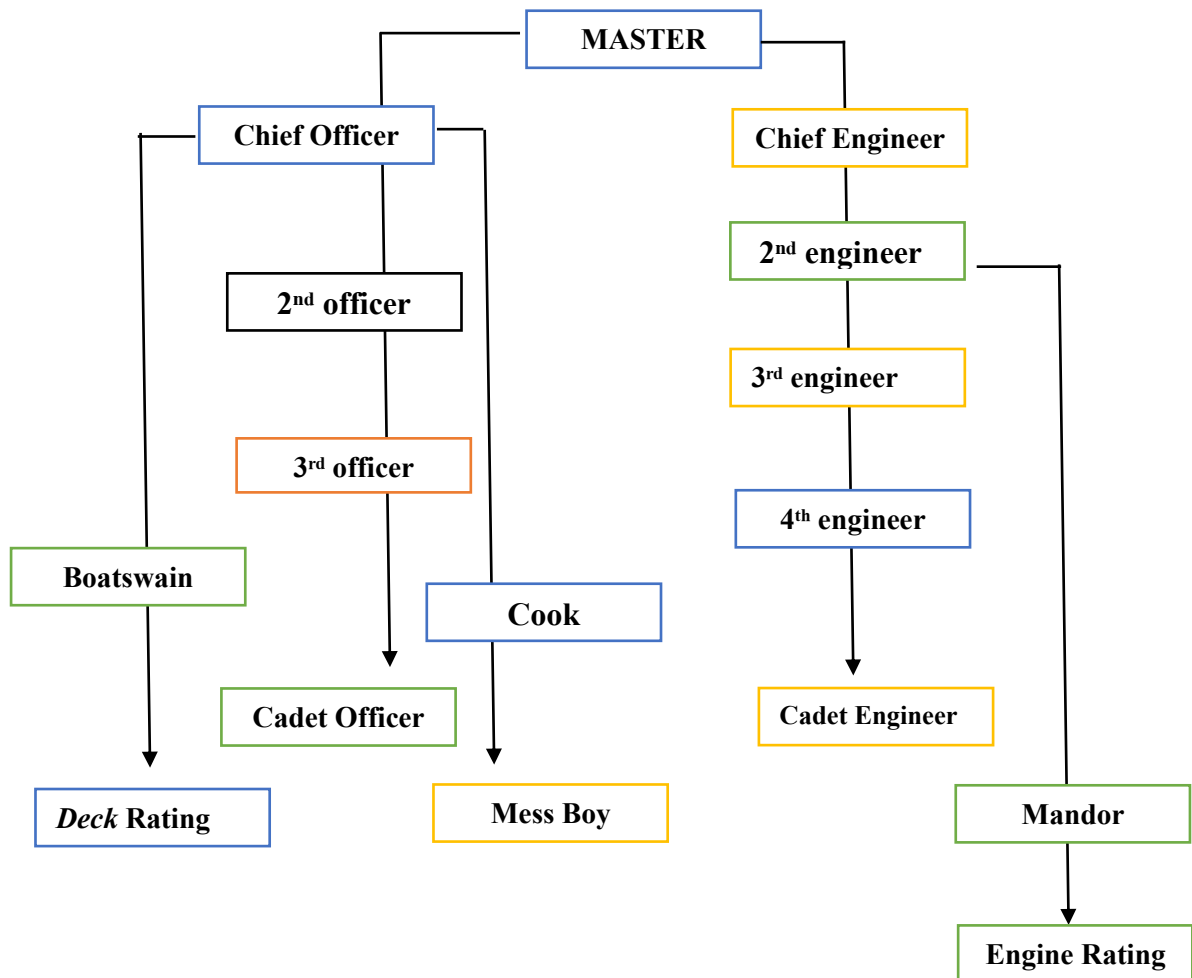
Penanggung jawab pekerjaan

Regulasi internasional secara ketat mengatur beban kerja awak kapal melalui STCW Convention 2010 (Section A-VIII/1) yang membatasi maksimum 14 jam kerja per hari dan 77 jam per minggu. Namun studi Smith & Marksén (2022:45) mengungkapkan 58% insiden sistem pendingin terjadi ketika kru bekerja melebihi batas waktu tersebut. MLC 2006 Regulation 2.3 secara spesifik mewajibkan:

1. Minimal 10 jam istirahat dalam 24 jam
2. Pembagian shift yang proporsional
3. Larangan kerja berturut-turut lebih dari 6 jam

IMO Resolution MSC.404(96) menambahkan kewajiban pemantauan fatigue management system, dimana perusahaan harus menyediakan alat ukur objektif untuk menilai tingkat kelelahan kru. Data EMSA Annual Report (2023:112) menunjukkan kapal dengan pelanggaran jam kerja memiliki risiko kegagalan sistem pendingin 2.3 kali lebih tinggi.

Tabel 2.1 Struktur Organisasi Kapal



Sumber : MV. TOPAZ KHUBAYB

C. Faktor Kapal

Perawatan

SOLAS Chapter II-1/26 secara eksplisit mewajibkan program perawatan berkala untuk semua sistem kritis kapal, termasuk sistem pendingin. Menurut IMO MSC.1/Circ.1432 (2012:8), 78% kegagalan sistem refrigerasi disebabkan oleh perawatan yang tidak memadai, terutama pada komponen utama seperti kompresor, kondensor, dan katup ekspansi. Regulasi ini menetapkan interval pemeriksaan maksimum 3 bulan untuk sistem pendingin makanan.

ISO 9001:2015 Klausul 8.5.1 menekankan pentingnya dokumentasi perawatan yang mencakup:

1. Riwayat penggantian refrigeran
2. Kalibrasi sensor suhu
3. Pembersihan koil evaporator

Studi Anderson (2023:45) membuktikan kapal dengan sistem dokumentasi terkomputerisasi memiliki 60% lebih sedikit insiden pendingin dibandingkan yang menggunakan catatan manual.

MLC 2006 Regulation 3.2 mewajibkan perusahaan pelayaran menyediakan:

1. Suku cadang orisinal untuk komponen kritis
2. Pelatihan teknisi bersertifikat
3. Anggaran khusus untuk perawatan preventif

Data EMSA (2022:33) menunjukkan 55% kapal berbendera non-EU mengabaikan kewajiban ini karena alasan biaya. SHRAE Standard 15-2022 khususnya Pasal 9.1.2 mensyaratkan:

1. Pengecekan kebocoran refrigeran bulanan menggunakan detektor halogen
2. Pengukuran performa kompresor mingguan
3. Inspeksi katup pengaman triwulanan

Penelitian Maritime Safety Board (2021:77) menemukan pelanggaran terhadap standar ini meningkatkan risiko kerusakan kompresor hingga 300%. IEC 60092-501:2020 mengatur perawatan sistem kelistrikan pendukung pendingin:

1. Penggantian kontaktor listrik setiap 10.000 jam operasi
2. Tes resistansi isolasi motor kompresor semesteran
3. Kalibrasi kontrol otomatis tahunan

Johnson (2022:112) mencatat 28% trip kompresor disebabkan oleh pengabaian terhadap standar ini. NFPA 70:2023 Pasal 551.47 melarang modifikasi instalasi listrik sistem pendingin tanpa persetujuan klasifikasi. Audit ABS (2023:15) mengungkap 40% kapal tua melakukan modifikasi ilegal yang berujung pada kegagalan sistem.

ISO 23953:2022 menetapkan protokol khusus untuk perawatan ruang pendingin:

1. Pembersihan saluran drainase mingguan
2. Inspeksi insulasi dinding bulanan
3. Sterilisasi ruang penyimpanan triwulanan

Studi WHO (2021:89) menghubungkan 32% kasus kontaminasi makanan dengan pelanggaran protokol ini.

D. Faktor Lingkungan Kerja

Ketersediaan dan Kesesuaian Alat Kerja

SOLAS Chapter II-1/26-1 secara tegas mewajibkan penyediaan alat khusus untuk perawatan sistem pendingin:

1. Manifold gauge set dengan akurasi $\pm 1.5\%$
2. Vacuum pump kapasitas minimal 5 CFM
3. Leak detector sensitivitas 0.1 oz/yr

EMSA Report (2023:89) menemukan 55% kapal kargo tidak memenuhi standar alat dasar ini. ISO 5171:2022 tentang alat servis refrigerasi mensyaratkan:

1. Kalibrasi alat ukur tekanan 6 bulan sekali
2. Sertifikasi alat listrik area berbahaya (Ex-rated)
3. Kit perbaikan kebocoran standar

Penelitian Lloyd's Register (2021:56) menunjukkan 40% kesalahan diagnosa pendingin disebabkan alat tidak terkalibrasi. MLC 2006 Standard A4.3 mengatur kewajiban perusahaan:

1. Penyediaan tool kit khusus refrigerasi di kapal
2. Pelatihan penggunaan alat khusus
3. Inventarisasi spare part kritis

Data ITF (2022:45) mengungkap 70% kapal berbendera non-EU tidak menyediakan tool kit lengkap. ASHRAE Standard 15-2022 Pasal 9.3.2 mensyaratkan:

1. Recovery machine untuk semua jenis refrigeran
2. Cylinder penyimpanan refrigeran bersertifikat DOT
3. Alat pembakar (torch) berstandar ANSI B57.1