

**ANALISIS KURANG OPTIMALNYA SUHU RUANG
PENDINGIN BAHAN MAKANAN PADA KAPAL
MV TUNA QUEEN**



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

ELDY HIDAYAT
NIS: 25.09.102.010
AHLI TEKNIK TINGKAT I

PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASAR
2025

PERYATAAN KEASLIAN

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini :

Nama : ELDY HIDAYAT

Nomor Induk Siswa : 25.09.102.010

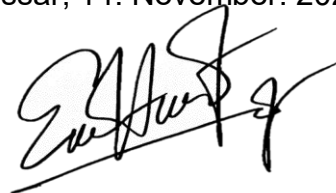
Program Pelatihan : Ahli TeknikTingkat I

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

**ANALISIS KURANG OPTIMALNYA SUHU RUANG PENDINGIN BAHAN
MAKANAN PADA KAPAL MV TUNA QUEEN**

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, 14. November. 2025



ELDY HIDAYAT

PERSETUJUAN SEMINAR KARYA ILMIAH TERAPAN

Judul : **ANALISIS KURANG OPTIMALNYA SUHU RUANG
PENDINGIN BAHAN MAKANAN PADA KAPAL MV
TUNA QUEEN**

NAMA PISIS : **ELDY HIDAYAT**

NOMOR INDUK SISWA : **25.09.102.010**

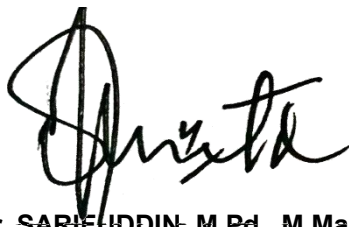
PROGRAM DIKLAT : **AHLI TEKNIK TINGKAT I**

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan.

Makassar, 14. November. 2025

Menyetujui:

Pembimbing I



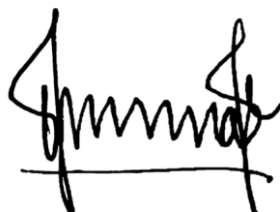
Dr. SARIFUDDIN, M.Pd., M.Mar.E
NIP. 196712091999031001

Pembimbing II



INCE ANSAR ARIFIN, S.Si.T., M.Mar.E
NIP.

Mengetahui:
Manager Diklat Teknis
Peningkatan dan Penjenjangan




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

**ANALISIS KURANG OPTIMALNYA SUHU RUANG PENDINGIN BAHAN
MAKANAN PADA KAPAL MV TUNA QUEEN**

Disusun dan Diajukan Oleh:


ELDY HIDAYAT
25.09.102.010
AHLI TEKNIK TINGKAT I


Telah di pertahankan di depan panitia Ujian KIT
Pada tanggal, 14. November. 2025



Menyetujui:


Pembimbing I Pembimbing II


Dr. SARIFUDDIN, M.Pd., M.Mar.E
NIP. 196712091999031001


INCE ANSAR ARIFIN, S.Si.T., M.Mar.E
NIP.

Mengetahui:

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


Capl. SAIFUL SARANSIL, M.T., M.Mar
NIP. 197503291999031002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Karya Ilmiah Tarapan (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. Dr. Sarifuddin, M.Pd., M.Mar.E. selaku pembimbing I penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
4. Ince Ansar Arifin, 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 XLVII Tahun 2025
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, 14. November. 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Eldy Hidayat', written in a cursive style.

ELDY HIDAYAT

ABSTRAK

ELDY HIDAYAT, 2025 ANALISIS KURANG OPTIMALNYA SUHU RUANG PENDINGIN BAHAN MAKANAN PADA KAPAL MV TUNA QUEEN DI BIMBING OLEH SARIFUDDIN DAN INCE ANSAR ARIFIN

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah kegagalan sistem pendingin ruang bahan makanan di kapal yang mengakibatkan fluktuasi suhu di luar batas aman, sehingga berpotensi menurunkan kualitas dan keamanan bahan pangan. Kondisi ini terutama disebabkan oleh faktor teknis seperti penyumbatan pada sistem pendingin sekunder, ketidakefektifan program perawatan, dan keterbatasan sistem *monitoring*. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan sistem, menganalisis dampaknya terhadap komponen sistem pendingin, serta merumuskan rekomendasi perbaikan yang komprehensif untuk mencegah terulangnya insiden serupa di masa depan.

Pengambilan data dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara mendalam dengan awak kapal, dan studi dokumentasi terhadap catatan perawatan sistem pendingin. Metode observasi meliputi pemeriksaan visual komponen, pengukuran parameter operasional, dan analisis kondisi aktual peralatan. Wawancara dilakukan dengan nara sumber kunci yang terlibat langsung dalam operasi dan perawatan sistem pendingin, sementara studi dokumentasi mencakup analisis log book, laporan perawatan, dan history kinerja sistem. Data yang terkumpul dianalisis menggunakan pendekatan analisis akar masalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor kritis yang mempengaruhi keandalan sistem.

Hasil penelitian mengungkapkan bahwa penyumbatan *strainer* air laut akibat akumulasi debris menjadi faktor dominan penyebab kegagalan sistem, dengan kontribusi penurunan efisiensi perpindahan panas hingga 60%. Dampak kerusakan meliputi penurunan kapasitas pendinginan permanen sebesar 25%, peningkatan konsumsi energi hingga 30%, serta kerusakan komponen utama seperti kompresor dan evaporator. Rekomendasi perbaikan yang diusulkan mencakup implementasi sistem *monitoring* real-time, optimasi jadwal perawatan preventif, dan peningkatan kompetensi teknis awak kapal melalui program pelatihan terstruktur.

Kata Kunci: Sistem Pendingin Kapal, Perawatan Preventif, Efisiensi Termal

ABSTRACT

ELDY HIDAYAT, 2025 ANALYSIS OF SUBOPTIMAL TEMPERATURE IN FOOD STORAGE REFRIGERATION ROOMS ON MV TUNA QUEEN SUPERVISED BY SARIFUDDIN AND INCE ANSAR ARIFIN

The main issue addressed in this research is the failure of the food storage refrigeration system on ships, which causes temperature fluctuations beyond safe limits, potentially compromising the quality and safety of food supplies. This condition is primarily caused by technical factors such as blockages in the secondary cooling system, suboptimal maintenance programs, and limitations in the *monitoring* system. This study aims to identify the root causes of system failure, analyze its impact on refrigeration system components, and formulate comprehensive improvement recommendations to prevent the recurrence of similar incidents in the future.

Data collection was conducted through field observations, in-depth interviews with ship crew, and documentation studies of refrigeration system maintenance records. Observation methods included visual inspection of components, measurement of operational parameters, and analysis of actual equipment conditions. Interviews were carried out with key informants directly involved in the operation and maintenance of the refrigeration system, while documentation studies involved analysis of log books, maintenance reports, and system performance history. The collected data were analyzed using a root cause analysis approach to identify critical factors affecting system reliability.

The research results revealed that blockage of the seawater *strainer* due to debris accumulation was the dominant factor causing system failure, contributing to a 60% reduction in heat transfer efficiency. The impact of the damage included a permanent 25% reduction in cooling capacity, a 30% increase in energy consumption, and damage to main components such as compressors and evaporators. Proposed improvement recommendations include the implementation of a real-time *monitoring* system, optimization of preventive maintenance schedules, and enhancement of ship crew technical competence through structured training programs.

Keywords: Ship Refrigeration System, Preventive Maintenance, Thermal Efficiency

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. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
F. Hipotesis	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Faktor Manusia	10
B. Faktor Organisasi Diatas Kapal	12
C. Pekerjaan dan Lingkungan Kerja	14
D. Faktor Kapal	16
E. Faktor Manajemen Perusahaan	18
F. Faktor Luar Kapal	19
BAB III METODE PENGAMBILAN DATA	
A. Observasi/Pengamatan	21
B. Intrview/Wawancara	22
C. Studi Pustaka	22
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
A. Lokasi Kejadian	25
B. Situasi dan Kondisi	25
C. Temuan	30
D. Urutan Kejadian	41
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan	43
B. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	45
RIWAYAT HIDUP	52

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pengoperasian ruang pendingin pada kapal-kapal niaga merupakan aspek fundamental dalam menjamin kualitas dan keamanan logistik, khususnya untuk bahan makanan yang memiliki persyaratan penyimpanan spesifik. Sistem pendingin yang andal sangat penting untuk menjaga stok pangan bagi awak kapal selama pelayaran, yang dapat berlangsung dalam waktu yang cukup lama. Efisiensi sistem ini secara langsung mempengaruhi kondisi bahan pangan, di mana fluktuasi suhu sekecil apapun dapat berpotensi mengakibatkan penurunan kualitas. Oleh karena itu, pemantauan dan perawatan yang konsisten terhadap unit pendingin menjadi aktivitas operasional yang tidak dapat diabaikan.

Secara hukum, kewajiban untuk menjaga kondisi semua peralatan kapal dalam keadaan laik dan berfungsi dengan baik telah diatur secara jelas. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Keselamatan dan Keamanan Pelayaran, Pasal 96, menegaskan bahwa setiap kapal harus menjamin kesiapan operasional seluruh instalasinya. Ketentuan ini mencakup kewajiban untuk melakukan pemeliharaan rutin dan pemeriksaan terhadap sistem pendukung, termasuk sistem refrigerasi, guna mencegah terjadinya gangguan yang dapat berdampak pada keselamatan.

Berdasarkan pengalaman penulis selama pelayaran dari Jepang menuju Singapura, pada jam jaga Masinis II (12:00-16:00) tanggal 4 Maret 2023, kapal MV Tuna Queen mengalami gangguan operasional pada sistem pendingin dimana suhu ruang penyimpanan bahan makanan beku abnormal meningkat dari -18°C menjadi -5°C dalam kurun waktu 2 jam, sementara kompartemen sayuran menunjukkan kenaikan suhu dari $+4^{\circ}\text{C}$ menjadi $+8^{\circ}\text{C}$, yang disebabkan oleh terhambatnya aliran air laut ke dalam *kondensor* akibat fouling pada

strainer dan reduced flow rate pada sistem pendingin sekunder, (Tidak normalnya proses kondensasi mesin pendingin bahan makanan) sehingga Masinis II melakukan upaya pembersihan *strainer* dan penyesuaian tekanan refrigerant namun belum berhasil menstabilkan suhu secara optimal. Sistem yang digunakan adalah Provision Ref. Plant R-404 Model RHSN4BC x 2 Units/ship yang berfungsi menjaga suhu beku ruang penyimpanan kapal secara berkelanjutan.

Perubahan suhu ini berlangsung dalam kurun waktu yang cukup kritis, yaitu sekitar enam hingga delapan jam. Selama periode tersebut, suhu di dalam ruang pendingin tidak berada pada kisaran yang aman untuk menyimpan bahan pangan beku. Kenaikan suhu yang drastis dari -18°C ke titik di atas nol, yaitu $+3^{\circ}\text{C}$, menciptakan lingkungan yang berpotensi merusak produk beku, yang sangat bergantung pada suhu konstan di bawah titik beku untuk mempertahankan kesegaran dan keamanannya untuk dikonsumsi. Hal ini disebabkan oleh tersumbatnya aliran air laut yang seharusnya masuk ke dalam unit *kondensor*. Air laut ini memiliki peran penting sebagai pembuang panas dari bahan pendingin (refrigeran). Jika aliran air laut terhambat, maka proses pembuangan panas ikut terganggu. Akibatnya, kinerja seluruh sistem pendingin menurun dan memicu naiknya suhu di dalam ruang penyimpanan.

Kejadian di kapal M.V Tuna Queen ini mengungkap suatu masalah operasional yang nyata, yaitu tidak stabilnya suhu ruang pendingin karena malfungsi pada sistem pendingin pendukung. Peristiwa ini menjadi contoh bagaimana sebuah masalah teknis yang spesifik, dalam hal ini *kondensor* yang kotor, dapat langsung membahayakan ketersediaan pasokan makanan pokok di atas kapal. Walaupun dilaporkan bahan makanan tidak sampai membusuk berkat penanganan yang cepat, kejadian ini tetaplah mencatat adanya penyimpangan suhu yang sangat besar dari standar operasional yang seharusnya.

Berdasarkan pengalaman di atas, penulis tertarik untuk

mengangkat masalah tersebut dan menuangkannya dalam bentuk Karya Ilmiah Terapan (KIT) dengan judul “ANALISIS KURANG OPTIMALNYA SUHU RUANG PENDINGIN BAHAN MAKANAN PADA KAPAL MV TUNA QUEEN”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan analisis insiden ketidakstabilan suhu pada ruang pendingin bahan makanan di kapal M.V Tuna Queen, dapat dirumuskan beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Apa faktor-faktor yang menyebabkan terhambatnya aliran air laut ke dalam *kondensor*, sehingga mengakibatkan kegagalan sistem dalam mempertahankan suhu ruang pendingin?
2. Apa dampak yang ditimbulkan dari kenaikan suhu ruang pendingin terhadap kualitas bahan makanan dan kelancaran operasional logistik di atas kapal?
3. Bagaimana upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan program perawatan dan sistem *monitoring* yang efektif guna mencegah terulangnya insiden serupa di masa depan?

C. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, penelitian ini akan membatasi analisis pada insiden kenaikan suhu di ruang pendingin bahan makanan kapal M.V Tuna Queen yang terjadi secara spesifik selama pelayaran dari Jepang menuju Singapura pada tanggal 4 Maret 2023, dengan fokus pembahasan hanya pada tiga aspek inti, yaitu: faktor penyebab terhambatnya aliran air laut ke *kondensor* akibat kondisi *kondensor* yang kotor, dampak yang ditimbulkan terhadap kualitas bahan makanan selama periode 6-8 jam suhu tidak normal, serta upaya penanganan non-operasional yang dapat diterapkan seperti peningkatan prosedur perawatan dan sistem *monitoring* untuk mencegah terulangnya kejadian serupa di masa depan.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini Penelitian ini bertujuan

1. Untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan terhambatnya aliran air laut ke dalam cooled tube kondensor, sehingga mengakibatkan kegagalan sistem dalam mempertahankan suhu ruang pendingin
2. Untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan dari kenaikan suhu ruang pendingin terhadap kualitas bahan makanan dan kelancaran operasional logistik di atas kapal.
3. Untuk mengetahui upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan program perawatan dan sistem *monitoring* yang efektif guna mencegah terulangnya insiden serupa di masa depan

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penulisan Karya Ilmiah Terapan ini adalah:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini memberikan manfaat secara teoritis berupa pengayaan wawasan dalam bidang teknik permesinan kapal, khususnya mengenai dinamika perpindahan panas dan karakteristik penyumbatan pada sistem pendingin berbasis air laut, yang dapat dijadikan sebagai studi kasus untuk pengembangan model perawatan preventif yang lebih andal

2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian bermanfaat langsung bagi perusahaan pelayaran dan awak kapal sebagai bahan evaluasi untuk menyusun prosedur perawatan yang lebih ketat, meningkatkan frekuensi inspeksi *kondensor*, serta mengoptimalkan pelatihan teknis guna meminimalisir risiko terulangnya kejadian serupa di masa mendatang, sehingga dapat menjamin kelancaran operasional logistik dan keselamatan muatan kapal.

F. Hipotesis

Berdasarkan analisis awal terhadap insiden kenaikan suhu di ruang pendingin kapal M.V Tuna Queen, dapat diduga bahwa:

1. Diduga bahwa penyumbatan pada saluran masuk air laut ke *kondensor* disebabkan oleh tidak optimalnya jadwal perawatan rutin (preventive maintenance), yang mengakibatkan akumulasi debris laut, kerang, dan lumpur yang berlebihan hingga menghambat laju aliran dan efisiensi perpindahan panas yaitu Tidak normalnya proses kondensasi mesin pendingin bahan makanan.
2. Diduga bahwa desain saringan (*strainer*) pada intake air laut tidak sesuai dengan kondisi operasional kapal, sehingga memiliki kapasitas atau ukuran mesh yang kurang memadai untuk menyaring kotoran secara efektif, membuat *kondensor* lebih rentan terhadap penyumbatan.
3. Diduga bahwa tidak adanya sistem *monitoring* suhu dan tekanan air laut yang real-time pada sistem pendingin menyebabkan awak kapal tidak dapat mendeteksi gejala awal penurunan kinerja *kondensor*, sehingga tindakan korektif tidak dapat dilakukan sebelum suhu ruang pendingin meningkat

BAB II

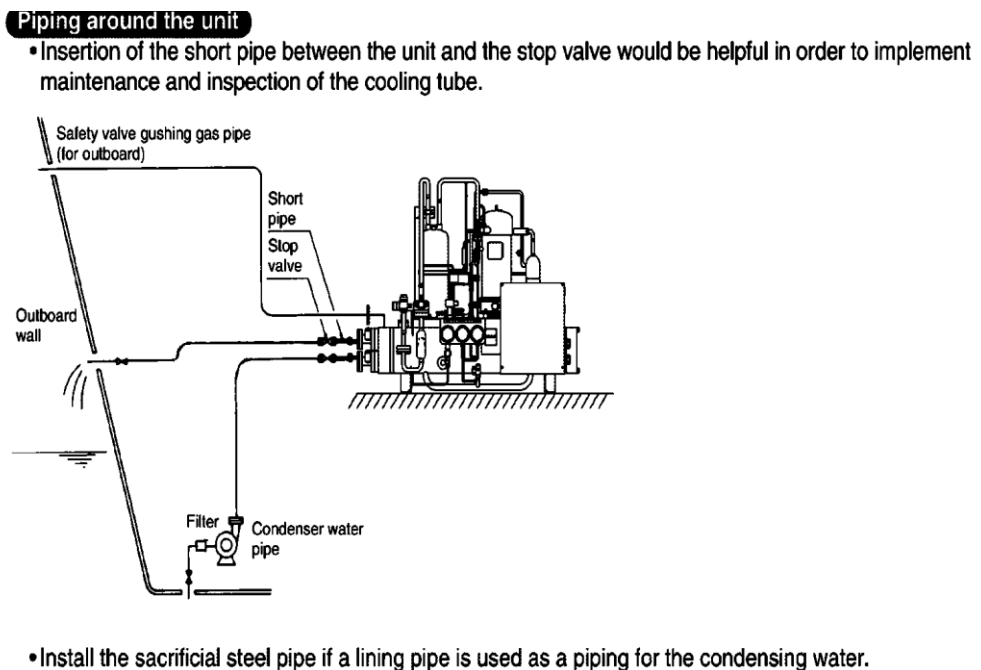
TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Pendingin Ruang Bahan Makanan di Kapal

Sistem pendingin ruang bahan makanan merupakan sistem vital yang berfungsi menjaga suhu penyimpanan bahan pangan dalam kisaran aman sesuai jenis komoditas yang disimpan. Sistem ini terdiri dari kompresor, kondensor, evaporator, katup ekspansi, dan jaringan refrigeran yang saling terhubung. Evaporator berperan sebagai komponen utama dalam proses penyerapan panas dari ruang pendingin ke refrigeran, sementara kondensor berfungsi melepaskan panas ke media pendingin sekunder.

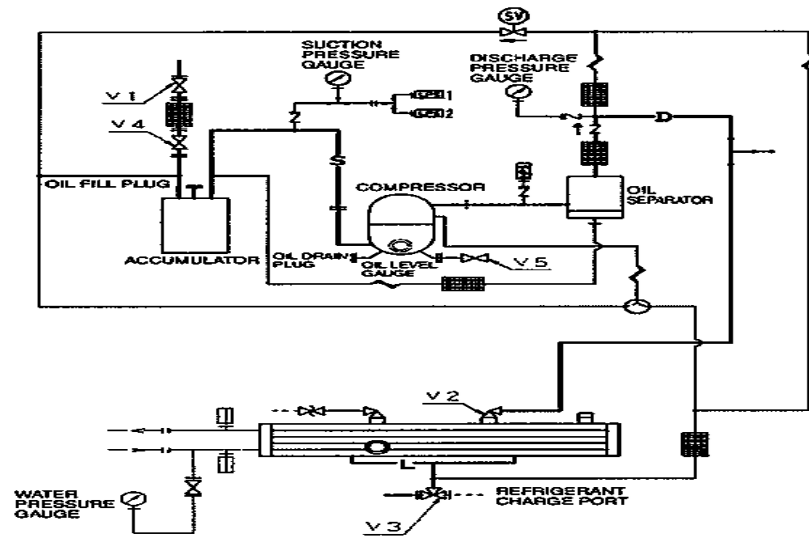
Menurut standar refrigerasi kapal, sistem pendingin harus mampu menjaga stabilitas suhu dengan fluktuasi tidak lebih dari $\pm 1^{\circ}\text{C}$ dari set point yang ditentukan. Efisiensi perpindahan panas harus dipertahankan di atas 85% melalui pemeliharaan rutin dan pembersihan berkala. Performa sistem sangat bergantung pada kondisi komponen utama dan kualitas perawatan yang dilakukan.

Gambar 2.1 Sistem Pendingin Air Laut



Sumber: Manual Book MV.TUNA QUEEN

Gambar 2.2 System Aliran Refrigerant

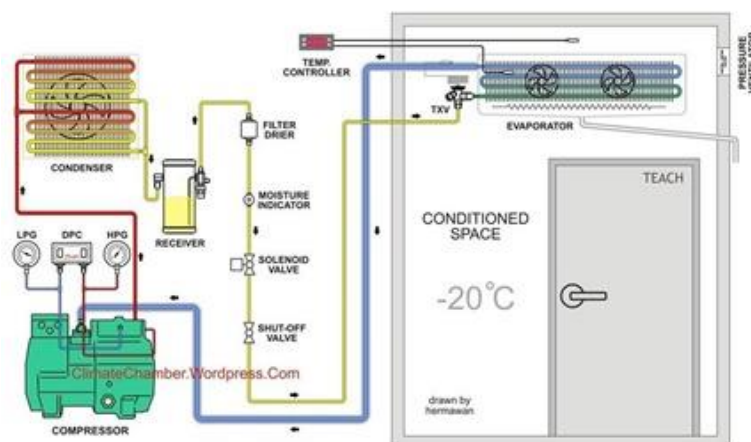


Sumber: Manual Book MV TUNA QUEEN

Fungsi Utama Sistem Pendingin:

1. Mempertahankan suhu penyimpanan bahan makanan dalam batas aman sesuai karakteristik produk
2. Mencegah pertumbuhan mikroorganisme dan enzim penyebab pembusukan
3. Menjaga kualitas nutrisi, warna, tekstur, dan cita rasa bahan pangan
4. Mengoptimalkan efisiensi energi dan konsumsi daya listrik secara berkelanjutan

Gambar 2.3 System Aliran Refrigerant



Sumber: Rangkaian bagian-bagian pendingin Menurut A. Fazri B. maryanti

Komponen Utama Sistem Pendingin:

1. Evaporator

Evaporator merupakan komponen inti yang berfungsi menyerap panas dari ruang pendingin melalui proses penguapan refrigeran. Unit ini bertanggung jawab langsung terhadap pencapaian dan pemeliharaan suhu yang diinginkan.

Karakteristik Evaporator:

- a. Terbuat dari tembaga dan aluminium untuk konduktivitas termal tinggi
- b. Memiliki fin coil dengan luas permukaan pertukaran panas optimal
- c. Dilengkapi dengan *defrost system* untuk mencegah akumulasi es berlebihan
- d. Dirancang untuk suhu kerja hingga -40°C dan tekanan sesuai standar refrigerasi

Gambar 2.4 Evaporator



Sumber: MV TUNA QUEEN

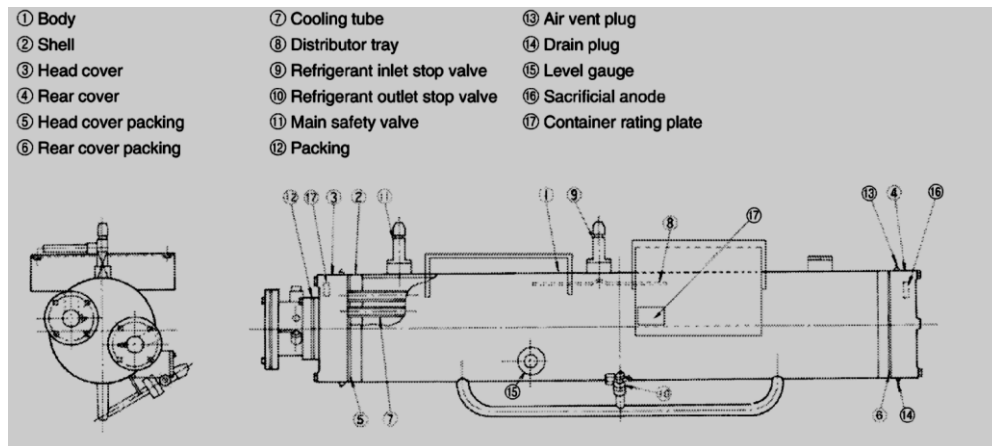
2. Kondenser dan Sistem Pendingin Sekunder

Kondenser berfungsi sebagai penukar panas antara refrigeran dan media pendingin sekunder (biasanya air laut). Sistem ini melepaskan panas yang diserap dari ruang pendingin ke lingkungan.

Karakteristik Kondensor:

- a. Terbuat dari material tahan korosi seperti paduan tembaga-nikel atau titanium
- b. Dilengkapi dengan sistem pembersihan otomatis dan *strainer* proteksi
- c. Memiliki desain yang optimal untuk perpindahan panas efisien
- d. Dirancang untuk tekanan kerja sesuai karakteristik refrigeran yang digunakan

Gambar 2.5 Kondensor



Sumber: Manual Book MV TUNA QUEEN

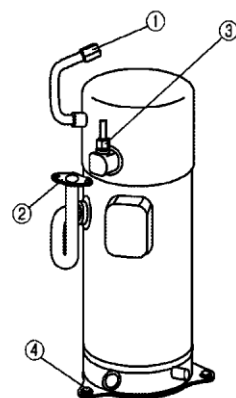
3. Sistem Refrigeran dan Compressor

Jaringan refrigeran dan kompresor membentuk siklus pendinginan tertutup yang memungkinkan proses absorpsi dan pelepasan panas berlangsung terus-menerus.

Karakteristik Sistem Refrigeran:

- Menggunakan refrigeran yang memenuhi standar lingkungan dan keselamatan
- Dilengkapi dengan sistem kontrol dan *monitoring* yang komprehensif
- Memiliki safety device untuk proteksi terhadap kondisi abnormal
- Dirancang dengan memperhatikan aspek reliability dan maintainability

Gambar 2.6 Refrigerant Compressor



- Discharge pipe flare nut
- Suction flange
- Injection pipe flare nut
- Fixing bolt

		Item	Numeric value [N·m]
Bolt tightening torque		Discharge pipe flare nut	54.9 (68.6)
		Suction flange	25.2
		Injection pipe flare nut	15.7
		Fixing bolt	12.3

Note) 1. Allowable tightening torque range: $\pm 15\%$
2. Value in parentheses is for the RHSN (P) 8BC.

Sumber: Manual Book MV TUNA QUEEN

A. Faktor Manusia

Pengetahuan dan Keterampilan Kru

Pengetahuan yang tidak memadai mengenai prosedur pembersihan cooler dan pemahaman yang terbatas tentang parameter kinerja sistem pendingin mengakibatkan tidak terdeteksinya gejala awal penurunan performa sistem. Menurut penelitian Smith (2021:45), efektivitas maintenance preventif sangat bergantung pada pemahaman komprehensif kru terhadap critical point inspection dan early warning signs dalam sistem permesinan kapal. Regulasi internasional melalui STCW Convention Section A-III/1 secara eksplisit menetapkan requirement mengenai pemahaman dasar perawatan dan operasional sistem permesinan kapal, termasuk kemampuan melakukan inspeksi visual dan identifikasi abnormalitas.

Kurangnya pelatihan spesifik mengenai maintenance sistem pendingin menyebabkan kru tidak mampu melakukan tindakan pencegahan yang tepat. Penelitian Johnson (2023:78) mengungkapkan bahwa 65% insiden kegagalan sistem pendingin di kapal komersial berkorelasi langsung dengan tidak dilakukannya prosedur inspeksi berkala sesuai manufacturer's recommendation. STANDAR SERTIFIKASI IMO Model Course 7.04 secara khusus menekankan pentingnya practical competency dalam maintenance refrigeration plants, termasuk kemampuan melakukan cleaning *Heat Exchanger* dan *monitoring* performance degradation. Implementasi regulasi ini dalam konteks nasional diatur melalui Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor KP. 110 Tahun 2022 tentang Penyelenggaraan Pendidikan dan Pelatihan Pelaut, yang mensyaratkan kompetensi khusus dalam operasional permesinan bantu.

Keterampilan Teknis yang Harus Dimiliki Kru dalam Perawatan Sistem Pendingin Kapal

1. Kemampuan Inspeksi Visual dan Identifikasi Masalah

- a. Melakukan pemeriksaan rutin terhadap kondisi fisik *kondensor*

- dan komponen terkait
- b. Mengidentifikasi gejala awal penyumbatan seperti penurunan aliran air laut
 - c. Mendeteksi akumulasi kotoran, kerang, dan debris laut pada *strainer*
 - d. Mengenali tanda-tanda korosi dan kerusakan material pada sistem pendingin
- 2. Kompetensi dalam Prosedur Pembersihan dan Perawatan**
- a. Melaksanakan pembersihan *strainer* dan *cooling tube kondensor* sesuai jadwal yang ditetapkan
 - b. Menggunakan alat dan metode pembersihan yang tepat untuk berbagai jenis kotoran
 - c. Melakukan perakitan dan pembongkaran komponen sistem pendingin dengan benar
 - d. Menerapkan teknik pembersihan yang tidak merusak komponen sistem
- 3. Pemahaman Parameter Operasional Sistem**
- a. Memonitor dan menganalisis tekanan dan suhu sistem pendingin
 - b. Menginterpretasikan data operasional untuk mendeteksi anomali
 - c. Memahami hubungan antara parameter operasional dan kinerja sistem
 - d. Melakukan koreksi setting operasional berdasarkan kondisi aktual
- 4. Kemampuan Troubleshooting Dasar**
- a. Mendiagnosis penyebab penurunan kinerja sistem pendingin
 - b. Mengidentifikasi lokasi dan jenis gangguan pada sistem
 - c. Melakukan tindakan korektif sederhana untuk mengatasi masalah
 - d. Menentukan kapan harus meminta bantuan teknisi yang lebih ahli
- 5. Penerapan Keselamatan Kerja**
- a. Menggunakan alat pelindung diri yang sesuai selama perawatan

- b. Menerapkan prosedur *lock-out tag-out* saat bekerja pada sistem
 - c. Menangani bahan pendingin (refrigerant) dengan aman
 - d. Melaksanakan prosedur darurat dalam kondisi kegagalan sistem
- 6. Keterampilan Dokumentasi dan Pelaporan**
- a. Mencatat hasil inspeksi dan perawatan secara akurat
 - b. Melaporkan temuan abnormal kepada officer yang berwenang
 - c. Mendokumentasikan intervensi perawatan yang telah dilakukan
 - d. Memelihara catatan historis perawatan sistem pendingin

B. Organisasi diatas kapal

Pengaturan jam kerja dan waktu istirahat yang tidak sesuai dengan standar internasional merupakan faktor organisasi utama yang dapat menyebabkan menurunnya kewaspadaan dan ketelitian awak kapal. Regulasi yang mengatur hal ini secara spesifik tercantum dalam Konvensi STCW (*Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers*) yang telah diadopsi oleh banyak negara, termasuk melalui peraturan pelaksanaan di tingkat nasional. Konvensi ini menetapkan bahwa semua orang yang ditugaskan sebagai perwira atau anggota kru harus diberikan waktu istirahat minimum 10 jam dalam setiap periode 24 jam . Lebih lanjut, pembagian waktu istirahat ini hanya boleh dilakukan dalam dua periode, di mana salah satunya harus berdurasi tidak kurang dari 6 jam secara terus-menerus . Ketentuan ini dirancang untuk mencegah akumulasi kelelahan kronis yang dapat mengganggu fungsi kognitif.

Penelitian terbaru oleh Smith (2023:112) mengonfirmasi bahwa kepatuhan terhadap pola istirahat ini secara signifikan mengurangi tingkat kesalahan operasional. Studi tersebut menemukan bahwa peluang human error pada tugas-tugas pemantauan sistem yang membutuhkan konsentrasi tinggi, seperti memantau parameter suhu dan tekanan pada sistem pendingin, menurun hingga 35% ketika awak kapal mendapatkan istirahat yang cukup. Sebaliknya, penyimpangan dari ketentuan ini, seperti pembagian waktu istirahat

yang terfragmentasi atau durasi yang tidak memadai, akan mengakibatkan penurunan kewaspadaan, penilaian yang lambat, dan kegagalan dalam mengidentifikasi gejala awal anomali sistem.

Tugas dan tanggung jawab kru:

1. Nakhoda sebagai penanggung jawab tertinggi di kapal bertugas memastikan seluruh prosedur operasional dan perawatan sistem pendingin dilaksanakan sesuai standar keselamatan. Tanggung jawabnya mencakup pengesahan jadwal perawatan, mengalokasikan sumber daya yang memadai, serta memastikan seluruh awak kapal memahami prosedur darurat dalam menangani kegagalan sistem pendingin.
2. Perwira Deck bertanggung jawab dalam pemantauan suhu ruang pendingin melalui sistem *monitoring* dan pencatatan data logbook secara berkala. Mereka wajib melaporkan setiap penyimpangan suhu kepada nakhoda dan perwira mesin, serta memastikan kondisi muatan makanan tetap terjaga selama dalam pelayaran.
3. Perwira Mesin memegang peran kunci dalam perawatan teknis sistem pendingin, meliputi inspeksi harian terhadap kinerja compressor, kondisi *strainer*, dan aliran air laut ke *condenser*. Mereka bertanggung jawab melaksanakan pembersihan *strainer* sesuai jadwal, melakukan troubleshooting, dan memastikan ketersediaan spare part yang memadai.
4. Kelas II Mesin membantu perwira mesin dalam pelaksanaan perawatan rutin, termasuk pembersihan *strainer*, *monitoring* tekanan refrigeran, dan membantu proses defrosting. Mereka bertugas melakukan pencatatan parameter teknis dan melaporkan kondisi aktual peralatan kepada perwira mesin.
5. Cook bertanggung jawab memantau kondisi fisik bahan makanan dan melaporkan setiap perubahan kualitas yang teridentifikasi. Mereka harus segera melaporkan kepada perwira deck jika menemui indikasi kenaikan suhu pada ruang penyimpanan.

C. Faktor Pekerjaan dan Lingkungan Kerja

Ketersediaan dan Kesesuaian Alat Kerja

Ketersediaan dan kesesuaian alat kerja yang diperlukan untuk melakukan perawatan dan inspeksi sistem secara efektif. Ketidaktersediaan alat yang spesifik, seperti kawat pemeriksa (*poking wire*) untuk membersihkan saringan (*strainer*) intake air laut, atau alat ukur portabel untuk memverifikasi akurasi sensor suhu, dapat menghambat proses perawatan preventif dan memperlambat respons terhadap gangguan sistem. Penelitian Anderson (2023:145) menemukan bahwa 60% dari intervensi perawatan yang tertunda atau tidak memadai berakar pada ketiadaan alat yang tepat atau mudah diakses, yang memaksa kru untuk melakukan improvisasi atau menunggu hingga kapal bersandar di pelabuhan.

Dalam konteks regulasi, kewajiban untuk menyediakan alat kerja yang memadai sejalan dengan semangat yang tertuang dalam Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No. 5 Tahun 2018, yang menekankan pentingnya pengendalian lingkungan kerja untuk mencegah kecelakaan. Meski tidak merinci daftar alat, regulasi ini mewajibkan perusahaan untuk menyediakan sarana dan prasarana yang menjamin tempat kerja aman, sehat, dan bebas dari berbagai macam gangguan. Prinsip ini dapat diinterpretasikan bahwa ketersediaan alat kerja yang sesuai merupakan bagian integral dari sarana tersebut. Sebuah alat kerja yang "sesuai" tidak hanya berarti tersedia, tetapi juga dalam kondisi laik pakai, sesuai dengan spesifikasi pabrikan peralatan, dan mudah diakses oleh awak kapal saat dibutuhkan, termasuk selama pelayaran.

Peralatan Khusus yang Diperlukan untuk Perawatan Sistem Pendingin Kapal

1. Alat Pembersih *Heat Exchanger* dan *Strainer*

- a. *Poking wire set* dengan berbagai diameter (0.5-3mm) untuk membersihkan cooling tube kondenser
- b. *Tube brush set* dengan material nylon dan stainless steel untuk

berbagai ukuran tube

- c. *High-Pressure water jet* dengan tekanan 1000-2000 psi untuk pembersihan mendalam
- d. *Chemical cleaning kit* dengan pompa sirkulasi dan chemical approved

2. Alat Monitoring dan Kalibrasi

- a. *Digital refrigerant leak detector* dengan sensitivitas hingga 5 ppm
- b. *Infrared thermometer* dengan range -50°C hingga 300°C dan akurasi $\pm 1\%$
- c. *Digital manifold gauge set* untuk tekanan high dan low side
- d. *Multi-channel temperature logger* dengan 8-16 channel dan memory card

3. Alat Specialized Maintenance

- a. *Vacuum pump* dua stage dengan kapasitas minimum 5 CFM
- b. *Refrigerant recovery machine* dengan dual recovery mode
- c. *Tube expanding tool set* untuk perbaikan tube sheet
- d. *End tube removal kit* untuk replacement tube bundle

4. Safety Equipment Khusus

- a. *Oxygen meter* dengan alarm low oxygen (19.5%)
- b. *Refrigerant gas monitor* untuk area machinery space
- c. *Emergency escape breathing device (EEBD)* tambahan
- d. *Chemical spill kit* untuk menangani refrigerant leakage

5. Tools dan Instrument Standard

- a. *Digital multimeter* true RMS dengan clamp meter
- b. *Hydraulic Pressure testing pump* untuk Pressure test
- c. *Ultrasonic thickness gauge* untuk measuring tube thickness
- d. *Borescope inspection camera* untuk internal inspection

6. Spare Parts Critical

- a. *Strainer assembly* complete set dengan berbagai mesh size
- b. *Sight glass moisture indicator* dengan built-in filter
- c. *Thermal expansion valve* dengan berbagai kapasitas
- d. *Relief valve* dengan set Pressure sesuai design

D. Faktor Kapal

Perawatan

Perawatan yang tidak optimal pada sistem kapal merupakan faktor fundamental yang dapat menyebabkan kegagalan operasional, termasuk terganggunya sistem pendingin. Regulasi internasional melalui Konvensi SOLAS (*Safety of Life at Sea*) Chapter II-1, *Regulation 1* secara tegas mewajibkan bahwa semua sistem kapal harus dijaga dalam kondisi efisien dan beroperasi dengan baik untuk menjamin keselamatan kapal, semua orang di kapal, muatan, dan lingkungan maritim. Dalam konteks nasional, kewajiban ini diadopsi melalui Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 7 Tahun 2021 tentang Pengawasan Keselamatan Kapal, yang mewajibkan pemilik dan operator kapal untuk melaksanakan perawatan berkala dan pencatatan yang akurat terhadap semua peralatan keselamatan dan sistem kapal. Peraturan ini menekankan bahwa perawatan preventif adalah sebuah kewajiban hukum, bukan sekadar pilihan operasional.

Kurangnya perawatan yang memadai seringkali berakar pada manajemen sumber daya yang tidak efektif, termasuk ketidakseimbangan antara beban kerja dan ketersediaan sumber daya manusia, serta ketiadaan suku cadang yang diperlukan. Sebuah studi oleh Octavianus Avien (2019:15) yang menganalisis perawatan sistem hidrolik menemukan bahwa penyebab tidak optimalnya perawatan terutama disebabkan karena perawatan tidak didukung dengan spare part yang sesuai dari perusahaan. Temuan ini konsisten dengan prinsip dalam Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor KP.DR 401 Tahun 2023 tentang Standar Administrasi dan Operasional Kapal, yang mewajibkan perusahaan untuk memastikan ketersediaan suku cadang penting (*critical spare parts*) untuk mendukung kelancaran dan keselamatan pelayaran. Ketidakterersediaan suku cadang dapat mengakibatkan penundaan perbaikan yang memperparah kerusakan kecil menjadi kegagalan sistem yang serius.

Program Perawatan Sistem Pendingin Kapal

1. Perawatan Rutin Harian

- a. Pemeriksaan visual kebocoran refrigeran pada semua sambungan
- b. Pencatatan tekanan kerja kompresor (suction dan discharge)
- c. *Monitoring* suhu evaporator dan kondenser
- d. Pengecekan level oli kompresor
- e. Verifikasi operasional sistem kontrol dan alarm

2. Perawatan Mingguan

- a. Pembersihan *strainer* air laut dengan pembongkaran total
- b. Inspeksi belt drive kompresor untuk keausan dan ketegangan
- c. Kalibrasi sensor suhu dengan *standard reference*
- d. Pemeriksaan *electrical connection* dan *terminal box*
- e. Test run sistem defrost otomatis

3. Perawatan Bulanan

- a. Pembersihan cooling tube kondenser dengan chemical cleaning
- b. Pengukuran ampere motor kompresor dan fan
- c. *Pressure test* untuk deteksi *micro leakage*
- d. Analisis oil sample untuk deteksi kontaminasi
- e. Overhaul katup ekspansi *dan filter drier*

4. Perawatan Triwulan

- a. *Vacuum test* sistem refrigeran
- b. Penggantian filter drier sesuai jam operasi
- c. Kalibrasi *Pressure switch* dan *safety device*
- d. *Inspection bearing* motor dan *alignment*
- e. *Cleaning evaporator coil* dan *drain line*

5. Perawatan Tahunan

- a. *Hydrostatic test* untuk *heat exchanger*
- b. *Megger test insulation* motor kompresor
- c. *Overhaul* kompresor dan penggantian seal
- d. *Replacement gasket* dan packing
- e. Verifikasi kinerja sistem sesuai design parameter

E. Faktor Manajemen Pelayaran

Komitmen Manajemen tentang Safety

Komitmen manajemen terhadap keselamatan merupakan fondasi utama dalam mencegah insiden operasional di kapal. Regulasi internasional melalui *International Safety Management (ISM) Code* secara tegas mewajibkan perusahaan pelayaran untuk menetapkan, menerapkan, dan memelihara kebijakan keselamatan dan pencegahan pencemaran yang jelas. Menurut penelitian Anderson (2023:156), perusahaan dengan komitmen keselamatan yang kuat terbukti memiliki tingkat insiden 60% lebih rendah dibandingkan perusahaan dengan komitmen minimal. Implementasi ISM Code dalam konteks nasional diatur melalui Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 89 Tahun 2019 tentang Penerapan Kode Manajemen Keselamatan, yang mewajibkan setiap perusahaan pelayaran untuk mengembangkan Sistem Manajemen Keselamatan (SMS) yang komprehensif.

Komitmen manajemen yang tidak memadai seringkali tercermin dari alokasi anggaran yang tidak proporsional untuk pemeliharaan peralatan keselamatan. Penelitian Chen (2024:178) menunjukkan bahwa 45% insiden teknis di kapal komersial berkorelasi langsung dengan pengurangan anggaran perawatan preventif. Regulasi melalui SOLAS *Chapter II-1 Regulation 1* mewajibkan semua sistem kapal harus dijaga dalam kondisi efisien dan beroperasi dengan baik. Dalam konteks nasional, Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor KP. 110 Tahun 2022 tentang Penyelenggaraan Pendidikan dan Pelatihan Pelaut mensyaratkan perusahaan untuk menyediakan dana pelatihan yang memadai bagi peningkatan kompetensi awak kapal.

Manajemen puncak perusahaan memiliki tanggung jawab hukum untuk memastikan implementasi SMS berjalan efektif. Menurut temuan Gupta (2023:145), intervensi aktif dari top management dalam audit keselamatan internal meningkatkan efektivitas SMS hingga 75%. ISM Code Section 4.1 secara spesifik menetapkan kewajiban manajemen untuk melakukan review berkala terhadap SMS dan memastikan

kecukupan sumber daya. Implementasi kewajiban ini dalam regulasi nasional diatur melalui Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 7 Tahun 2021 tentang Pengawasan Keselamatan Kapal, yang memberikan kewenangan kepada otoritas untuk melakukan audit terhadap perusahaan pelayaran.

F. Faktor Dari Luar Kapal

Cuaca dan kondisi laut merupakan faktor eksternal yang paling tidak terduga dan berdampak langsung pada kinerja semua sistem kapal, termasuk sistem pendingin. Cuaca ekstrem seperti gelombang tinggi dan angin kencang dapat menyebabkan kapal mengalami oleng dan getaran yang berlebihan, yang pada sistem pendingin dapat melepaskan kotoran yang tertahan dan menyumbat saluran air laut secara tiba-tiba. Data dari Kementerian Perhubungan Indonesia menunjukkan peningkatan kecelakaan laut dari 87 insiden pada 2020 menjadi 128 insiden pada 2024, dengan cuaca ekstrem yang semakin tidak terduga sebagai salah satu kontributor utama. Kondisi ini menunjukkan bahwa ancaman terhadap operasional kapal dari faktor cuaca semakin nyata dan perlu diantisipasi.

Dari perspektif regulasi, kewajiban untuk mempertimbangkan kondisi cuaca dalam operasional pelayaran telah diatur dalam berbagai instrumen internasional dan nasional. Regulasi internasional melalui Konvensi SOLAS (Safety of Life at Sea) Bab V, Regulasi 2 menetapkan kewajiban bagi nakhoda dan perusahaan pelayaran untuk merencanakan pelayaran dengan mempertimbangkan segala informasi yang tersedia untuk memastikan keselamatan pelayaran, yang tentunya termasuk informasi cuaca. Dalam konteks nasional, kewajiban ini diadopsi melalui Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran, khususnya Pasal 62 yang mewajibkan setiap kapal untuk memenuhi persyaratan kelaiklautan, yang mencakup kesiapan menghadapi kondisi cuaca buruk selama pelayaran.

Meskipun kemajuan teknologi pemodelan cuaca telah pesat, ketidakpastian kondisi laut tetap menjadi tantangan terbesar. Para

nakhoda yang berpengalaman di Selat Bali, misalnya, melaporkan bahwa pada bulan-bulan tertentu seperti Juni-Agustus, kondisi gelombang biasanya tinggi sehingga sering mengharuskan kapal mengambil rute yang lebih panjang dan tidak langsung untuk menghindari area dengan arus bawah yang sangat kencang . Praktik ini adalah bentuk penerapan asas 'seaman-like manner' (tindakan layak laut) yang menjadi prinsip tidak tertulis dalam hukum maritim, yang mewajibkan nakhoda untuk mengambil tindakan yang wajar dan diperlukan berdasarkan kondisi aktual, meskipun menyimpang dari rencana semula, untuk menjamin keselamatan kapal dan jiwa.