

**OPTIMALISASI PERAWATAN *BULK AIR COMPRESSOR*
SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN *OVERHEATING* DAN
TRIP DI AREA *OIL FIELD* KAPAL MV ANAHITA**



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

MUH SYAIFULLAH RUSDIN

NIS: 25.09.102.025

AHLI TEKNIK TINGKAT I

**PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASAR
2025**

PERYATAAN KEASLIAN

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini :

Nama : MUH SYAIFULLAH RUSDIN

Nomor Induk Siswa : 25.09.102.025

Program Pelatihan : Ahli TeknikTingkat I

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

**OPTIMALISASI PERAWATAN *BULK AIR COMPRESSOR* SEBAGAI UPAYA
PENCEGAHAN *OVERHEATING* DAN *TRIP* DI
AREA OIL FIELD KAPAL MV ANAHITA**

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, 13 NOVEMBER 2025



MUH SYAIFULLAH RUSDIN

PERSETUJUAN SEMINAR KARYA ILMIAH TERAPAN

Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN *BULK AIR*
COMPRESSOR SEBAGAI UPAYA
PENCEGAHAN *OVERHEATING* DAN *TRIP*
DI AREA *OIL FIELD* KAPAL MV ANAHITA

NAMA PASIS : MUH SYAIFULLAH RUSDIN

NOMOR INDUK SISWA : 25.09.102.025

PROGRAM DIKLAT : AHLI TEKNIK TINGKAT I

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan.

Makassar,

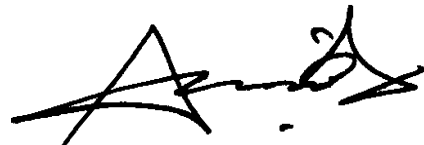
Menyetujui:

Pembimbing I



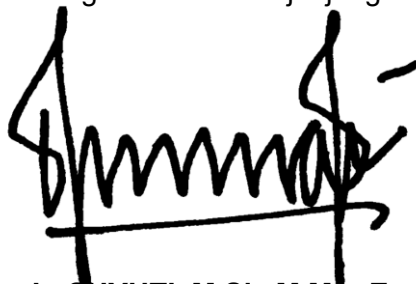
Ir. ZULKIFLI SYAMSUDDIN, S.Si.T., MT.M.Mar.E
NIP. 198403232019021002

Pembimbing II



ASWAR, S.S.T. Pel., M.M., M.Mar.E

Mengetahui:
Manager Diklat Teknis
Peningkatan dan Penjenjangan



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

**OPTIMALISASI PERAWATAN *BULK AIR COMPRESSOR* SEBAGAI UPAYA
PENCEGAHAN *OVERHEATING* DAN *TRIP* DI
*AREA OIL FIELD***

KAPAL MV ANAHITA

Disusun dan Diajukan Oleh:

MUH SYAIFULLAH RUSDIN

25.09.102.025

AHLI TEKNIK TINGKAT I

Telah di pertahankan di depan panitia Ujian KIT
Pada tanggal, 13 NOVEMBER 2025



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


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

KATA PENGANTAR

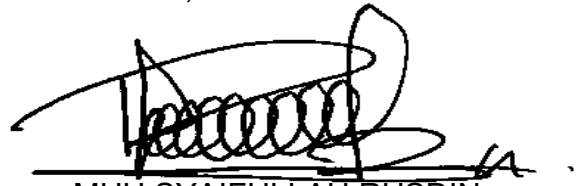
Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan KIT ini. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan bagi Perwira Siswa Jurusan Ahli TeknikTingkat I (ATT I) dalam menyelesaikan studinya 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. Zulkifli Syamsuddin,S.Si.T.,M.Mar.E. selaku pembimbing I penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
4. Aswar,S.S.T.Pel.,M.M.,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, 13 NOVEMBER 2025



MUH SYAIFULLAH RUSDIN

ABSTRAK

MUH SYAIFULLAH RUSDIN, 2025 OPTIMALISASI PERAWATAN *BULK AIR COMPRESSOR* SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN *OVERHEATING* DAN *TRIP* DI *AREA OIL FIELD* KAPAL MV ANAHITA DI BIMBING OLEH ZULKIFLI SYAMSUDDIN DAN ASWAR

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh insiden *overheating* dan *trip* pada *bulk air compressor AIRMAN sws150* di kapal MV Anahita yang sedang beroperasi di Angola *BLOCK-17* pada 23 Juli 2025. Insiden yang disebabkan oleh penyumbatan sistem pendingin akibat akumulasi sediment dan marine growth ini mengakibatkan terhentinya proses *transfer baracarb* selama 3.5 jam serta terganggunya sistem kontrol pneumatik kapal. Tujuan penelitian adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kegagalan sistem, menganalisis dampak operasional yang ditimbulkan, dan merumuskan upaya perbaikan serta pencegahan yang efektif.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap sistem pendingin, wawancara terstruktur serta pengumpulan data sesuai dengan pengumpulan data di kapal, Data teknis meliputi *parameter* tekanan air laut, *temperatur* minyak lumas, dan kondisi fisik *bulk air compressor*.

Hasil penelitian mengungkapkan bahwa penyumbatan sistem pendingin dipicu oleh ketidaksesuaian *interval* perawatan dengan kondisi lingkungan *oil field*, serta lemahnya sistem *early warning*. Dampak operasional termasuk terganggunya proses *transfer baracarb*,

Kata Kunci: Sistem Pendingin, *Bulk Air Compressor*, *Overheating Prevention*

ABSTRACT

MUH SYAIFULLAH RUSDIN, 2025 *OPTIMIZATION OF BULK AIR COMPRESSOR MAINTENANCE AS AN EFFORTS TO PREVENT OVERHEATING AND TRIP IN THE OIL FIELD AREA OF THE MV ANAHITA SHIP GUIDED BY ZULKIFLI SYAMSUDDIN AND ASWAR*

This research was motivated by an incident of overheating and tripping of the bulk air compressor AIRMAN sws150 on the MV Anahita ship operating in Angola BLOCK-17 on July 23th, 2025. The incident, caused by a blockage in the cooling system due to an accumulation of sediment and marine growth, resulted in a 3.5-hour halt to the barcarb transfer process and disrupted the ship's pneumatic control system. The study aims to identify the causal factors of the system failure, analyze the operational impacts, and formulate effective corrective and preventive measures.

Data was collected through direct observation of the cooling system, structured interviews with the Chief Engineer, Second Engineer, and Oiler, as well as a literature review of international regulations such as SOLAS Chapter II-1/26-1, ISM Code Section 10, and BKI Vol. III Section 14-2 standards. Technical data, including seawater pressure parameters, operating temperatures, and the physical condition of components, were analyzed using a fault tree analysis approach to determine the root cause.

The results reveal that the cooling system blockage was triggered by a mismatch between the maintenance interval and the oil field's environmental conditions, an inadequate filtration system design, and a weak early warning system. Operational impacts included disruption of the barcarb transfer process.

Keywords: Cooling System, Bulk Air Compressor, Overheating Prevention

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	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Faktor Manusia	8
B. Faktor Organisasi Diatas Kapal	11
C. Pekerjaan dan Lingkungan Kerja	13
D. Faktor Kapal	15
E. Faktor Manajemen Perusahaan	17
F. Faktor Luar Kapal	18
BAB III METODE PENGAMBILAN DATA	
A. Observasi/Pengamatan	20
B. Intrview/Wawancara	20
C. Studi Pustaka	21
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
A. Lokasi Kejadian	24
B. Situasi dan Kondisi	24
C. Temuan	28
D. Urutan Kejadian	38
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan	40
B. Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	
RIWAYAT HIDUP	

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bulk air compressor AIRMAN SWS150 merupakan salah satu komponen vital dalam operasional di atas kapal. Perannya dalam menyediakan udara bertekanan tinggi sangat krusial untuk menjalankan berbagai peralatan dan sistem kontrol. Sebagai jantung dari sistem kontrol udara, kinerjanya yang optimal menjadi prasyarat bagi kelancaran seluruh aktivitas di kapal. Oleh karena itu, pemeliharaan yang terencana dan berkala tidak dapat dianggap remeh. Setiap kelalaian dalam perawatannya berpotensi menimbulkan gangguan operasional yang signifikan. Upaya pencegahan terhadap masalah seperti *overheating* harus menjadi prioritas utama dalam program *maintenance* di kapal.

Dari sisi regulasi, kewajiban untuk menjaga kondisi semua peralatan di kapal, termasuk *bulk air compressor*, telah diatur dengan jelas. SOLAS (*Safety of Life at Sea*) Chapter II-1, *Regulasi 26-1*, menekankan pentingnya keandalan sistem esensial kapal. Selain itu, klasifikasi seperti Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dalam peraturannya mengenai Pesawat Bantu yang bertujuan menjamin keselamatan kapal, awak, dan lingkungan operasinya, khususnya di area sensitif seperti oil field.

Pada tanggal 23 Juli 2025, sebuah insiden operasional dialami oleh kapal MV Anahita perusahaan *Blue Ridge* yang sedang beroperasi di *Angola BLOCK-17*. Saat kapal berada dalam proses *transfer* bahan bakar baracarb ke sebuah *rig*, *bulk air compressor* mengalami *trip* secara tiba-tiba dan menghentikan operasinya. Di mana tekanan udara bertekanan sangat dibutuhkan untuk mendukung proses *transfer* yang aman dan terkendali.

sensor *temperatur* pada unit kompresor menunjukkan pembacaan yang sangat mengkhawatirkan, yaitu mencapai 97 derajat *Celcius*.

Rendahnya tekanan air laut menyebabkan laju aliran *volume* pendingin

yang melalui sistem menjadi tidak memadai. Akibatnya, panas yang dihasilkan dari proses kompresi udara tidak dapat diserap dan dibuang ke lingkungan secara efektif. Akumulasi panas inilah yang kemudian menyebabkan suhu komponen kompresor melonjak drastis hingga memicu kondisi *overheating*.

Peristiwa ini menegaskan bahwa optimalisasi perawatan, khususnya pada komponen seperti *filter* dan *cooler*, adalah sebuah keharusan untuk mencegah terulangnya gangguan operasional yang serupa di masa depan, terutama dalam lingkungan operasi yang menuntut keandalan tinggi seperti oil field.

Berdasarkan pengalaman di atas, penulis tertarik untuk mengangkat masalah tersebut dan menuangkannya dalam bentuk Karya Ilmiah Terapan (KIT) dengan judul **"OPTIMALISASI PERAWATAN PADA *BULK AIR COMPRESSOR* UNTUK MENCEGAH TERJADINYA *OVERHEATING* DAN *TRIP* PADA SAAT KAPAL BEROPRASI DI *OIL FIELD* KAPAL MV ANAHITA."**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dapat di rumuskan sebagai berikut insiden *overheating* dan *trip* pada *bulk air compressor* di kapal MV Anahita, dapat dirumuskan beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Apa factor penyebab terjadinya *overheating* pada *bulk air compressor* ?
2. Apakah upaya optimalisasi perawatan *bulk air compressor* sehingga *overheating* tidak terjadi ?

C. Batasan Masalah

Berdasarkan insiden *overheating* dan *trip* pada *bulk air compressor AIRMAN SWS150* dengan piston untuk mensuplay udara di kapal MV Anahita Perusahaan Blue Ridge yang beroperasi di Angola BLOCK-17 pada tanggal 23 Juli 2025, batasan masalah dalam

penelitian ini difokuskan secara spesifik pada analisis factor kenaikan suhu hingga mengakibatkan terjadinya *overheating*.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini Penelitian ini bertujuan

1. Untuk mengetahui faktor-faktor penyebab yang mengakibatkan terjadinya penyumbatan pada *lub oil cooler*, sehingga terjadinya memicu overheating pada bulk air compressor.
2. Untuk mengetahui Upaya pencegahan dan perawatan apa yang perlu diterapkan untuk meningkatkan efektivitas kinerja bulk air compressor 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 dapat membantu para pelaut di bidang teknik permesinan kapal, khususnya kepada pelaut offshore terkait dinamika kegagalan sistem pendingin pada *bulk air compressor*

2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian menjadi memberikan panduan operasional yang langsung dapat diterapkan oleh awak kapal dan departemen Teknik di kapal offshore, sehingga mendukung kelancaran dan keselamatan operasi kapal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Pendingin *Bulk Air Compressor AIRMAN SWS150* dengan system piston di Kapal

Sistem pendingin *bulk air compressor* merupakan sistem vital yang berfungsi menjaga *temperatur* operasional kompresor dalam batas aman selama produksi udara bertekanan. Sistem ini terdiri dari *sea water cooling circuit, L.O Cooler, filter*, pompa pendingin air laut dengan system kerja langsung dari seachest masuk ke strainer terus ke pompa lalu ke lo cooler dan dryer setelah itu ke overboard, *dan kontrol temperatur yang terintegrasi*. LO Cooler berperan sebagai komponen utama dalam mentransmisikan panas dari sistem udara ke media pendingin, sementara sistem filtrasi berfungsi menjaga kebersihan sirkulasi air pendingin untuk mencegah penyumbatan.

Menurut standar klasifikasi kapal, System pendingin *compressor* harus mampu mempertahankan Temperature discharge udara di bawah 90°C dengan tekanan air laut minimal 2.5 bar. Stabilitas operasional harus dipertahankan melalui pemeliharaan rutin dan *Monitoring parameter* yang ketat. Performa System sangat bergantung pada kondisi *Lub Oil cooler* dan efektivitas System filtrasi yang diterapkan.

Fungsi Utama Sistem Pendingin:

1. Menjaga *temperatur* operasional kompresor dalam batas desain
2. Mencegah *overheating* dan kerusakan komponen internal
3. Mempertahankan efisiensi energi sistem kompresor
4. Menjamin kontinuitas produksi udara bertekanan untuk sistem control

Komponen Utama Sistem Pendingin *Bulk Air Compressor*

1. *Lub Oil Cooler*

Lub Oil Cooler merupakan komponen inti yang berfungsi mentransfer panas ke media pendingin melalui sistem *tube* dan shell. Unit ini bertanggung jawab langsung terhadap efisiensi pendinginan dan stabilitas temperatur.

Karakteristi *Lub Oil Cooler*:

- a. Terbuat dari copper-nickel alloy untuk ketahanan korosi air laut
- b. Memiliki desain *tube bundle* dengan enhanced surface area untuk perpindahan panas optimal
- c. Dilengkapi dengan sacrificial anode untuk proteksi korosi
- d. Dirancang untuk *pressure* rating 10 bar dan *temperatur* 120°C

Gambar 2.1 *Lub Oil Cooler*



Sumber : MV Anahita

2. Sistem Filtrasi Air Laut

Sistem filtrasi berfungsi sebagai pertahanan pertama dalam menyaring kotoran dan sediment dari air laut sebelum masuk ke *Lub Oil Cooler*. Sistem ini berperan penting dalam mencegah fouling dan penyumbatan.

Karakteristik Sistem Filtrasi:

- a. Menggunakan dual stage *filter* dengan mesh 500 dan 200 micron
- b. Dilengkapi *automatic backflush system* berdasarkan *differential pressure*
- c. Memiliki *construction stainless steel* 316 untuk ketahanan korosi
- d. Dirancang dengan *bypass arrangement* untuk *maintenance* tanpa *shutdown*

Gambar 2.2 *sea water strainer*



Sumber : MV Anahita

3. Pompa pendingin air laut.

Pompa pendingin air laut berfungsi menjaga laju aliran dan tekanan air pendingin yang optimal melalui seluruh sistem.

Karakteristik Pompa :

- a. Menggunakan *centrifugal pump* dengan kapasitas 125% dari kebutuhan desain
- b. Dilengkapi dengan *spare pump* dan *automatic changeover system*
- c. Dirancang untuk *flow rate* 45 m³/jam pada *head* 4 bar

Gambar 2.3 Pompa Sirkulasi



Sumber : MV Anahita

4. Sistem *Monitoring* dan Kontrol

Sistem *Monitoring* dan kontrol berfungsi memantau *parameter* operasional dan mendeteksi anomaly pada tahap dini.

Karakteristik Sistem *Monitoring*:

- a. Menggunakan *pressure transmitter* dan *temperature sensor*
- b. Dilengkapi dengan data logger untuk *trend analysis*
- c. Memiliki *alarm tiered system* untuk early warning
- d. Dirancang dengan automatic *trip* pada kondisi bahaya

Gambar 2.4 Sistem *Monitoring* dan Kontrol



Sumber : MV Anahita

Pengertian Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan (*maintenance*) adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan secara sistematis untuk menjaga, memulihkan, dan memastikan peralatan atau mesin tetap dalam kondisi optimal. Menurut *IMO (International Maritime Organization)* dan *ISM Code (International Safety Management Code, 2018)*, perawatan di atas kapal bertujuan menjamin keselamatan operasional, mencegah kerusakan mendadak, serta memperpanjang usia pakai peralatan. Dalam konteks permesinan kapal, perawatan dilakukan untuk mencegah penurunan performa mesin akibat keausan, korosi, atau kontaminasi fluida kerja.

Jenis-Jenis Perawatan Secara Umum

Secara umum, jenis perawatan dibagi menjadi beberapa kategori utama:

1. Perawatan Preventif (*Preventive Maintenance*) Dilakukan secara berkala berdasarkan waktu atau jam kerja mesin untuk mencegah kerusakan sebelum terjadi. Contohnya: mengganti oli, memeriksa *valve*, atau membersihkan *filter udara* kompresor.
2. Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*) Dilakukan setelah kerusakan terjadi dengan tujuan memperbaiki komponen yang rusak agar mesin dapat beroperasi kembali.
3. Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*) Berdasarkan analisis kondisi aktual mesin menggunakan data getaran, temperatur, atau tekanan untuk memprediksi waktu perawatan berikutnya.
4. Perawatan Darurat (*Breakdown Maintenance*) Perawatan darurat yang dilakukan ketika mesin tiba-tiba berhenti atau mengalami kegagalan fungsi mendadak.

Bulk Air Compressor di Atas Kapal

Bulk air compressor adalah jenis *air compressor* bertekanan tinggi yang digunakan di kapal untuk menyediakan udara bertekanan pada sistem *pneumatik*, seperti:

- a. Sistem *starting air* mesin induk dan mesin bantu,
- b. Sistem kontrol otomatis dan *actuator valve*,
- c. Sistem pembersih *filter* atau *blower*,
- d. Pengisian *air bottle*.

Overheating dan Trip pada Air Compressor

Overheating (kelebihan panas) pada *air compressor* dapat disebabkan oleh:

1. Pendinginan yang tidak efisien (kerusakan pada *Lub Oil Cooler*).
2. Kekurangan pelumasan,
3. Katup buang macet,
4. Beban berlebih akibat tekanan *discharge* tinggi,

5. Penumpukan karbon pada ruang kompresi.

Jika suhu melebihi batas normal (biasanya $>95^{\circ}\text{C}$), sistem *safety trip* akan aktif secara otomatis untuk menghentikan mesin dan mencegah kerusakan serius. *Trip* dapat terjadi akibat *sensor suhu tinggi*, *tekanan oli rendah*, atau *overload listrik* pada motor penggerak.

Prinsip Kerja Bulk Air Compressor

Bulk air compressor bekerja berdasarkan prinsip *kompresi udara* dengan cara mengurangi volume udara untuk meningkatkan tekanannya. Secara umum terdapat dua tipe utama:

1. Tipe *Reciprocating Compressor* Udara dihisap ke dalam silinder, kemudian ditekan oleh gerakan *piston* bolak-balik. Tekanan bertingkat dilakukan dengan sistem *multi-stage compression* disertai pendingin antar tahap.
2. Tipe *Screw Compressor* Menggunakan dua *rotor* ulir yang berputar saling mengunci untuk menekan udara secara kontinu tanpa getaran besar. Umumnya digunakan untuk suplai udara terus-menerus seperti sistem *pneumatic control*.

Hubungan Antara Perawatan dan Kinerja Kompresor

Perawatan yang teratur dan tepat waktu sangat memengaruhi efisiensi, keandalan, dan umur pakai kompresor. Bila perawatan diabaikan:

1. Efisiensi energi menurun (karena tekanan bocor atau *filter* tersumbat),
2. Temperatur operasi naik $\rightarrow$ risiko *overheating*,
3. Kerusakan katup dan *piston* meningkat,
4. Sistem *trip* lebih sering aktif, mengganggu operasional kapal.

Sebaliknya, kompresor yang dirawat dengan baik akan menghasilkan udara bersih, tekanan stabil, dan konsumsi daya lebih hemat. Hal ini sejalan dengan *ISM Code, Bab 10*, yang menuntut operator kapal untuk menjaga sistem perawatan berbasis jadwal.

Planned Maintenance System (PMS)

Planned Maintenance System (PMS) adalah sistem manajemen perawatan terencana di kapal yang memastikan setiap peralatan—termasuk *air compressor*—diperiksa, dirawat, dan diuji sesuai interval waktu atau jam kerja.

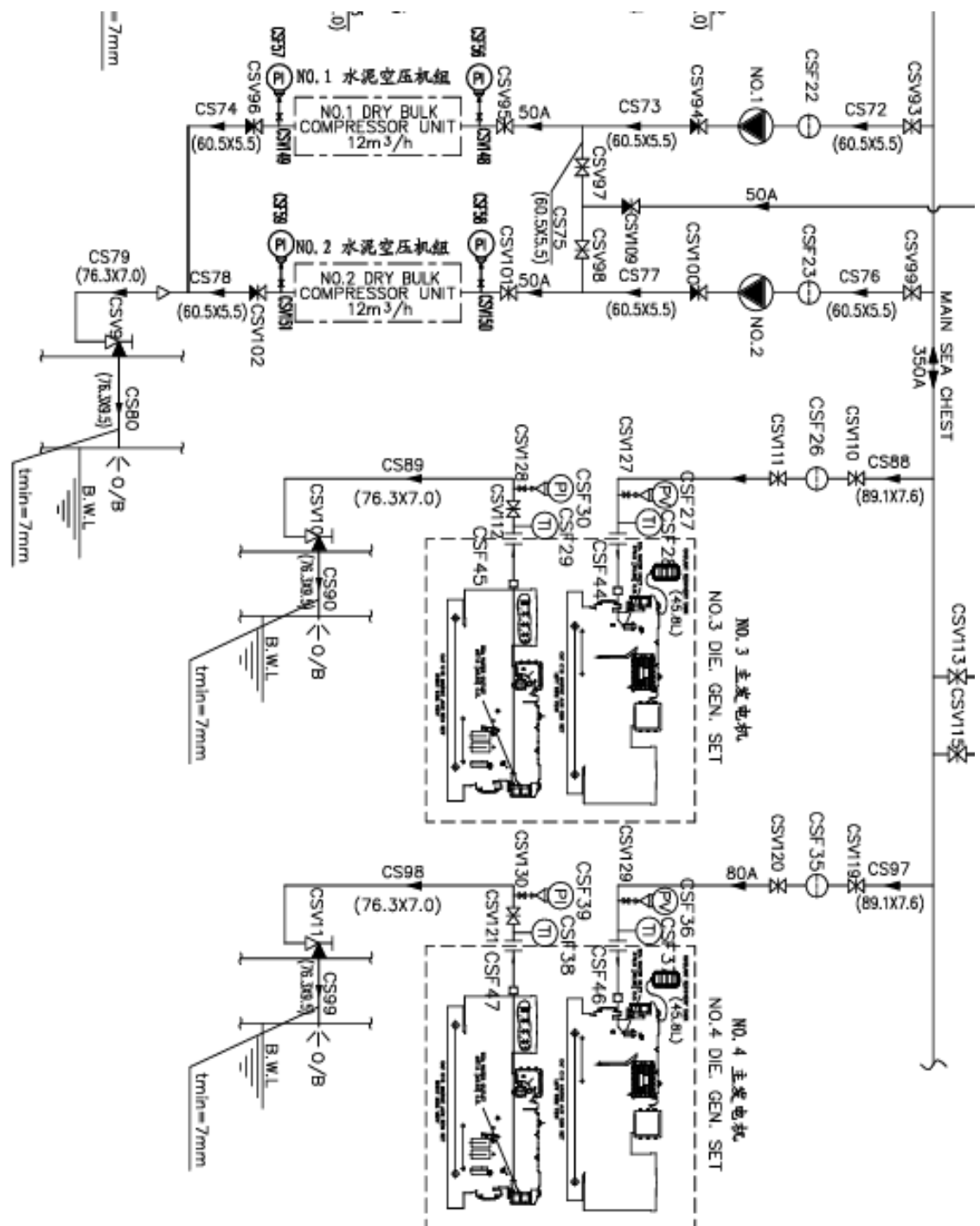
Fungsi *PMS* meliputi:

Menjadwalkan pekerjaan (*maintenance schedule*),

- a. Mencatat riwayat perawatan dan suku cadang,
- b. Memberi peringatan sebelum jatuh tempo pekerjaan.

Sistem ini wajib diterapkan berdasarkan *ISM Code Section 10*, *SOLAS Chapter IX*, dan *IMO Resolution A.741(18)* untuk menjamin keselamatan permesinan dan pencegahan kecelakaan akibat kegagalan teknis.

Gambar 2.5 Diagram Sistem Pendingina



Sumber : Manual Book MV Anahita

A. Faktor Manusia

Pengetahuan dan Keterampilan Kru

Pengetahuan yang tidak komprehensif mengenai prosedur pembersihan yang benar, *interval* perawatan yang spesifik berdasarkan kondisi operasional, dan teknik *inspeksi* yang mendetail dapat menyebabkan pekerjaan pemeliharaan tidak dilakukan secara optimal. Sebagai contoh, seorang kru mungkin hanya membersihkan permukaan *filter* tanpa membongkar dan memeriksa bagian dalam *lub oil cooler*, sehingga kotoran yang terakumulasi tidak sepenuhnya terangkat.

Dari perspektif regulasi, hal ini merupakan pelanggaran terhadap prinsip kompetensi yang diamanatkan oleh *Standar Training, Certification, and Watchkeeping* (STCW) Code. Sebagaimana diamendemen pada tahun 2010 namun tetap berlaku dan dirujuk dalam panduan terkini, konvensi ini menekankan bahwa semua personel yang bertugas di kamar mesin harus memiliki pengetahuan dan pelatihan yang memadai untuk memelihara dan memantau peralatan esensial kapal (IMO, 2010: *Section A-III/1*). Ketidakmampuan kru dalam mendeteksi dan menginterpretasikan gejala awal kegagalan sistem menunjukkan adanya celah dalam pemenuhan standar kompetensi ini.

Keterampilan Teknis Yang Harus Dimiliki Kru Dalam Pemeliharaan Sistem Pendingin *Bulk Air Compressor*

1. Keterampilan *Inspeksi* dan Identifikasi Gejala Awal

Kru harus mampu melakukan *inspeksi* visual yang komprehensif terhadap seluruh komponen sistem pendingin, termasuk:

- a. Kemampuan mendeteksi gejala awal penyumbatan dengan memantau tren penurunan tekanan air laut secara gradual
- b. Keterampilan mengidentifikasi kotoran, kerak, dan biota laut spesifik yang umum menyumbat sistem pendingin di area oil field
- c. Kemampuan membedakan antara kondisi normal dan *abnormal*

pada penukar panas melalui perbedaan suhu *inlet* dan *outlet*

- d. Penguasaan teknik penggunaan alat ukur seperti *pressure Gauge* dan *thermometer* untuk memvalidasi kondisi system

2. Kompetensi Pemeliharaan Mekanik Sistem Pendingin

Kru harus menguasai prosedur pemeliharaan yang benar meliputi:

- a. Kemampuan melakukan pembongkaran dan perakitan komponen sistem pendingin secara prosedural
- b. Penguasaan teknik pembersihan yang efektif untuk berbagai jenis kontaminan (*organic fouling, scale, corrosion products*)
- c. Pemahaman metode *flushing Chemical Cleaning* dan *mechanical cleaning* yang sesuai untuk setiap komponen
- d. Keterampilan melakukan reassembly dengan torque yang tepat dan pengujian kebocoran pasca perawatan

3. Kemampuan Analisis Sistem dan *Troubleshooting*

Kru perlu memiliki kompetensi analitis yang mencakup:

- a. Pemahaman menyeluruh tentang hubungan kausal antara *parameter* sistem (tekanan, *flow rate*, temperatur)
- b. Kemampuan melakukan *root cause analysis* untuk mendiagnosis masalah sistem secara komprehensif
- c. Penguasaan interpretasi data operasional dan kemampuan memprediksi perkembangan kegagalan sistem
- d. Keterampilan membuat laporan teknis yang akurat untuk mendukung pengambilan keputusan perawatan

4. Pengetahuan Spesifik Kondisi Operasional

Kru harus memahami karakteristik operasional khusus di oil field:

- a. Pengetahuan tentang dampak kualitas air laut lokal terhadap kinerja sistem pendingin
- b. Pemahaman pengaruh kondisi lingkungan (*temperature, salinity*) terhadap *interval* perawatan

- c. Kemampuan menyesuaikan prosedur pemeliharaan berdasarkan *assessment* kondisi aktual
- d. Penguasaan teknik *Monitoring* yang disesuaikan dengan tingkat *criticality* peralatan

5. Keterampilan *Monitoring* dan Pengoperasian Sistem

Kru wajib menguasai aspek operasional sistem:

- a. Kemampuan mengkalibrasi dan memverifikasi akurasi *instrumentasi Monitoring*
- b. Penguasaan prosedur *response* terhadap *abnormal condition* yang *efektif* dan *timely*
- c. Keterampilan melakukan *performance test* pasca perawatan untuk memastikan efektivitas pekerjaan
- d. Pemahaman *comprehensive* terhadap sistem *alarm* dan proteksi otomatis

B. Organisasi diatas kapal

Maritime Labour Convention (MLC) 2006 yang telah diamandemen secara eksplisit mengatur mengenai beban kerja yang wajar. Dalam Standard A2.3 ayat 3 disebutkan bahwa "jam kerja untuk seorang pelaut tidak boleh melebihi 14 jam dalam periode 24 jam dan tidak boleh melebihi 72 jam dalam periode 7 hari" (ILO, 2006: 25). Namun, implementasi di lapangan seringkali melanggar ketentuan ini karena tuntutan operasional. Beban kerja yang berlebihan akan menyebabkan *fatigue* kronis yang mengurangi kewaspadaan kru dalam memantau parameter-*parameter* kritis sistem.

Lebih lanjut, IMO dalam MSC-MEPC.7/Circ.7 (2021) tentang *Fatigue Risk Management* memberikan panduan yang lebih spesifik. Dinyatakan bahwa "perusahaan harus memastikan bahwa penugasan kerja mempertimbangkan waktu yang cukup untuk melakukan tugas dengan aman dan efektif, termasuk waktu untuk *inspeksi* dan pemantauan yang tidak terburu-buru" (IMO, 2021: 4). Jika alokasi

waktu untuk pemeliharaan sistem pendingin tidak memadai, maka esensi dari pedoman ini tidak terpenuhi.

Masalah beban kerja ini semakin kompleks ketika dikaitkan dengan kualifikasi personel. BKI dalam "*Rules for Classification and Construction of Sea Going Ships*" (2023) menekankan bahwa "pemeliharaan sistem esensial harus dilakukan oleh personel yang kompeten dan dalam kondisi kerja yang memungkinkan pelaksanaan tugas secara tepat" (BKI, 2023: Vol. III Sec. 14-1.2.4). Jika seorang teknisi yang kompeten harus menangani terlalu banyak sistem secara bersamaan, maka kompetensinya tidak dapat dioptimalkan untuk setiap system.

Tugas Dan Tangung Jawab Kru Terkait Pemeliharaan Sistem Pendingin

1. **Chief Engineer** bertanggung jawab penuh atas keseluruhan operasi dan pemeliharaan sistem kamar mesin, termasuk menyusun program perawatan berkala untuk *bulk air compressor*, mengalokasikan sumber daya yang memadai, serta memastikan seluruh prosedur pemeliharaan dilaksanakan sesuai dengan PMS, standar *Regulasi* klasifikasi dan manufaktur.
2. **Second Engineer** sebagai penanggung jawab teknis harian, bertugas melaksanakan program pemeliharaan yang telah ditetapkan, mengawasi langsung pekerjaan pembersihan *filter* air laut dan *lub oil cooler*, serta memverifikasi kualitas hasil pekerjaan sebelum sistem dioperasikan kembali.
3. **Third Engineer/Oiler** yang bertugas pada jam jaga, memiliki tanggung jawab kritis untuk melakukan pemantauan berkelanjutan terhadap *parameter* operasional sistem pendingin, termasuk tekanan air laut dan *temperatur* kompresor, serta segera melaporkan setiap deviasi atau anomali yang terdeteksi kepada perwira yang berwenang.
4. **Semua Anggota Departemen Mesin** secara kolektif bertanggung jawab untuk melaksanakan pekerjaan pemeliharaan dengan

prosedur yang benar, menggunakan alat yang tepat, dan mendokumentasikan setiap aktivitas perawatan yang telah dilakukan sebagai bentuk akuntabilitas dan bahan evaluasi kinerja sistem.

C. Faktor Pekerjaan dan Lingkungan Kerja

Ketersediaan dan Kesesuaian Alat Kerja

Dalam konteks pemeliharaan sistem pendingin *bulk air compressor*, diperlukan alat-alat khusus seperti *torque wrench* untuk perakitan yang presisi, *tube cleaning kit* untuk pembersihan *lub oil cooler*, *pressure test kit* untuk memverifikasi kebocoran, dan measuring tools yang terkalibrasi untuk memastikan akurasi pengukuran. Ketika alat-alat ini tidak tersedia atau tidak sesuai dengan spesifikasi teknis, maka kualitas pemeliharaan akan sangat terkompromi.

Dari perspektif regulasi, *Maritime Labour Convention* (MLC) 2006 dalam Regulation 4.3 mengenai *Accommodation, Recreation, Food and Catering*, secara tegas menyatakan bahwa "kapal harus dilengkapi dengan peralatan dan perlengkapan yang memadai untuk keperluan operasional dan pemeliharaan" (ILO, 2006: Standard A4.3). Meskipun tidak secara spesifik menyebutkan alat teknis, spirit *Regulasi* ini jelas mengamankan kelengkapan sarana pendukung operasional kapal. Ketidaktersediaan alat yang memadai dapat dianggap sebagai pelanggaran terhadap prinsip dasar ini.

Lebih detail lagi, *International Safety Management* (ISM) *Code* dalam bagian 6.2 *Resources and Personnel* menekankan bahwa "perusahaan harus memastikan bahwa setiap kapal dilengkapi dengan peralatan dan perlengkapan yang memadai, selalu dalam kondisi dipelihara dengan baik" (IMO, 2021: ISM *Code* 6.2). Implementasi dari kode ini mengharuskan perusahaan untuk melakukan assessment terhadap kebutuhan alat kerja spesifik untuk setiap jenis pemeliharaan dan memastikan ketersediaannya di kapal.

Alat Yang Diperlukan Untuk Pemeliharaan Sistem Pendingin

Bulk Air Compressor

1. Alat Pembersih dan *Chemical Treatment*

- a. ***Tube Cleaning Kit***: Alat untuk membersihkan bagian dalam *tube lub oil cooler* secara mekanis (*rod / Brush*)
- b. ***High-pressure Washer / jet pump***: Untuk membersihkan kotoran dan marine growth pada *filter* air laut
- c. ***Scale Removal Chemicals***: *Chemical* khusus untuk menghilangkan kerak dan deposit mineral

2. Alat Ukur dan Testing

- a. ***Pressure transmitter***: Untuk mengukur tekanan air laut dengan akurasi tinggi (range 0-6 bar)
- b. ***Thermometer / temperature sensor***: Untuk mengukur *temperatur* permukaan komponen secara non-kontak
- c. ***Flow Meter Portable***: Untuk mengukur laju aliran air laut pada sistem pendingin
- d. ***Pressure Gauge***: Untuk mengukur *pressure drop across filter* dan *cooler*

3. Alat Bongkar Pasang

- a. ***Torque Wrench Set***: Untuk perakitan *flange* dan komponen dengan torsi yang tepat
- b. ***Gasket Cutter Set***: Untuk membuat *gasket* pengganti dengan ukuran yang presisi
- c. ***Spanner and adjustable spanner*** Untuk mengencangkan atau melonggarkan baut dan mur dengan cara menerapkan toresi (gaya putar)

4. Alat Keselamatan

Chemical Protective Equipment: *Safety goggles, mask* dan *Chemical hand gloves* untuk *handling chemical*.

5. Alat Monitoring dan Diagnostic

- a. ***Portable Data Logger***: Untuk merekam *parameter* tekanan dan *temperatur* secara berkelanjutan.
- b. ***Ultrasonic Thickness Gauge***: Untuk mengukur ketebalan

dinding pipa dan komponen

- c. **Water Quality Test Kit**: Untuk menganalisa kualitas air laut sebagai media pendingin

D. Faktor Kapal

Perawatan

Program perawatan yang tidak didasarkan pada *condition-based maintenance* seringkali gagal mendeteksi degradasi performa sistem secara dini. *Interval* perawatan yang kaku tanpa mempertimbangkan kondisi aktual lingkungan operasional dapat menyebabkan pemeliharaan dilakukan terlalu awal atau terlalu lambat, yang sama-sama berpotensi menyebabkan masalah.

Regulasi International Safety Management (ISM) Code secara tegas mengatur mengenai perawatan kapal. Dalam bagian 10.3, kode ini mensyaratkan bahwa "perusahaan harus menetapkan program pemeliharaan untuk peralatan kapal dan sistem critical equipment lainnya" (IMO, 2021: ISM Code 10.3). Program pemeliharaan yang tidak memperhitungkan kondisi operasional spesifik di oil field dapat dianggap tidak memenuhi persyaratan ISM Code ini.

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dalam "*Rules for Machinery Installation*" (2023) memberikan panduan detail mengenai pemeliharaan sistem pendingin. Secara spesifik disebutkan bahwa "pemeliharaan *Lub Oil cooler* dan sistem pendingin harus dilakukan sesuai dengan program yang mempertimbangkan kondisi operasional dan rekomendasi pabrik pembuat" (BKI, 2023: Vol. III Sec. 14-2.4.2). Program pemeliharaan yang tidak menyesuaikan interval-nya dengan kondisi oil field yang ekstrem jelas melanggar ketentuan ini.

Program Perawatan Sistem Pendingin *Bulk Air Compressor*

1. Perawatan Harian (*Daily Maintenance*)

- a. Pengecekan tekanan air laut (normal: 3.0 - 4.0 bar)
- b. *Monitoring temperatur outlet cooling water* (normal: 70-75°C)
- c. *Inspeksi* visual kebocoran pada sistem perpipaan

- d. Pemeriksaan *level* dan kondisi *lubricating oil*
- e. Pencatatan *parameter* operasional dalam *logbook*
- 2. Perawatan Mingguan (*Weekly Maintenance*)
 - a. Pembersihan *strainer* air laut
 - b. *Inspeksi* koneksi *electrical* dan *grounding*
 - c. Verifikasi kalibrasi *instrument pressure* dan *temperature Gauge*
 - d. *Test emergency shutdown system*
- 3. Perawatan Bulanan (*Monthly Maintenance*)
 - a. *Chemical Cleaning sea water strainer*
 - b. Pembersihan *filter pada lubricating oil system*
 - c. Analisis kandungan air dalam *lubricating oil*
 - d. *Inspection dan cleaning fan filter*
 - e. *Check safety valve dan pressure switch*
- 4. Perawatan Triwulan (*Quarterly Maintenance*)
 - a. Pembersihan *tube lub oil cooler*
 - b. *Replacement gasket dan seal* pada sistem pendingin
 - c. *Flushing Chemical* seluruh sistem *cooling water*
 - d. *Overhaul sea water pump* bila di butuhkan.
- 5. Perawatan Tahunan (*Annual Maintenance*)
 - a. *Replacement Zink anode* pada *main sea chest strainer* dan *cooler*
 - b. *Comprehensive vibration analysis* pada *seluruh rotating equipment*
 - c. *Inspection* pada *electrical components*
 - d. *Performance test* terhadap keseluruhan sistem pendingin
- 6. *Condition-Based Maintenanaced*
 - a. *Monitoring tekanan differential across filter*
 - b. *Analisis lubricating oil*
 - c. *Vibration Monitoring* pada pompa, motor and foundation.

E. Faktor Manajemen Pelayaran

Kebijakan yang tidak memprioritaskan preventive *maintenance* secara memadai dapat menyebabkan anggaran yang tidak

proporsional untuk kegiatan pemeliharaan, keterlambatan pengadaan *spare part*, dan ketiadaan alat khusus yang diperlukan untuk perawatan sistem pendingin. Kebijakan perusahaan yang menekankan pada operational availability tanpa diimbangi dengan investasi memadai dalam *maintenance* program pada akhirnya akan mengorbankan keandalan peralatan kritikal seperti sistem pendingin *bulk air compressor*.

Dari perspektif regulasi, *International Safety Management* (ISM) *Code* secara eksplisit menempatkan tanggung jawab pada perusahaan untuk menetapkan kebijakan yang menjamin keselamatan dan pencegahan polusi. Dalam Bagian 1.2.2, kode ini menyatakan bahwa "perusahaan harus menetapkan, menerapkan, dan memelihara kebijakan keselamatan dan perlindungan lingkungan" (IMO, 2021: ISM *Code* 1.2.2). Kebijakan organisasi yang tidak mengalokasikan sumber daya yang cukup untuk pemeliharaan sistem esensial dapat dianggap sebagai pelanggaran terhadap prinsip dasar ini.

Lebih spesifik, ISM *Code* Bagian 4.1 menegaskan bahwa "perusahaan harus menyediakan sumber daya dan dukungan yang diperlukan untuk memastikan operasi kapal yang aman" (IMO, 2021: ISM *Code* 4.1). Sumber daya ini mencakup tidak hanya aspek finansial tetapi juga ketersediaan *spare part*, alat kerja, dan personel yang kompeten. Ketika perusahaan gagal memenuhi hal ini, maka implementasi program pemeliharaan yang efektif menjadi tidak mungkin tercapai.

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dalam "Peraturan BKI mengenai Pemeliharaan Kapal" (2023) juga memberikan panduan terkait kewajiban perusahaan. Pada bagian mengenai *maintenance planning*, BKI menetapkan bahwa "perusahaan harus memiliki sistem perencanaan pemeliharaan yang komprehensif yang didukung oleh alokasi anggaran dan sumber daya yang memadai" (BKI, 2023: Vol. I Sec. 2-1.4.3). Ketidakadaan anggaran khusus untuk pengadaan alat pembersih *Lub oil cooler* yang efektif misalnya, dapat dianggap sebagai

bentuk pelanggaran terhadap ketentuan ini.

Penelitian oleh Johnson & Smith (2024) mengungkapkan bahwa "perusahaan dengan kebijakan alokasi sumber daya pemeliharaan yang jelas dan memadai mengalami 45% lebih sedikit insiden kegagalan sistem kritikal dibandingkan dengan perusahaan yang tidak memiliki kebijakan serupa" (Johnson & Smith, 2024: 92). Temuan ini menegaskan hubungan langsung antara kebijakan organisasi dan keandalan peralatan kapal.

F. Faktor Dari Luar Kapal

Di wilayah *oil field* seperti Angola *BLOCK-17*, kondisi laut seringkali ditandai dengan tingginya konsentrasi sediment, grass, dan variasi *temperatur* air laut yang ekstrem. Kondisi ini secara langsung mempengaruhi efektivitas sistem pendingin karena meningkatkan potensi fouling dan penyumbatan pada komponen sistem. Tingginya kandungan suspended solid dalam air laut mempercepat akumulasi kotoran dalam sistem filtrasi dan *Lub Oil Cooler*, yang pada akhirnya menurunkan efisiensi perpindahan panas dan memicu *overheating*.

Dari perspektif regulasi, International Maritime Organization (IMO) melalui MARPOL *Annex IV* Regulation 13 meskipun berfokus pada *pollution prevention*, secara implisit mengakui pentingnya mempertimbangkan kondisi lingkungan operasional. *Regulasi* ini menetapkan bahwa "kapal harus dilengkapi dengan sistem yang memadai untuk mengolah limbah dalam berbagai kondisi operasional" (IMO, 2021: MARPOL *Annex IV/13*). Prinsip yang sama dapat diterapkan pada sistem pendingin yang harus mampu beroperasi efektif dalam berbagai kondisi kualitas air laut.

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dalam "*Rules for Machinery Installation*" (2023) memberikan panduan lebih spesifik mengenai adaptasi sistem terhadap kondisi operasional. Pada bagian mengenai sea water systems, BKI menetapkan bahwa "sistem pendingin air laut harus dirancang dengan mempertimbangkan kondisi kualitas air di area operasional yang diantisipasi" (BKI, 2023: Vol. III Sec. 14-3.2.1).

Ketidakmampuan sistem pendingin yang ada untuk beradaptasi dengan kondisi ekstrem di *oil field* menunjukkan kebutuhan modifikasi sistem berdasarkan *assessment* kondisi *actual*.

International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW) juga mengatur kompetensi yang diperlukan untuk menghadapi kondisi khusus. Dalam *Section A-III/1*, konvensi ini mensyaratkan bahwa perwira mesin harus memiliki "pengetahuan tentang cara kerja peralatan kamar mesin dalam kondisi khusus" (IMO, 2021: STCW Code A-III/1). Kondisi air laut di *oil field* yang memiliki karakteristik khusus merupakan salah satu kondisi yang memerlukan penanganan dan pemahaman tersendiri.