

**ANALISIS TERJADINYA KONTAMINASI *LUBRICATING OIL*
PADA *GEARBOX* MT. STRAITS GEMILANG**



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program Pendidikan Dan
Pelatihan Pelaut (DP) Tingkat I.

SYAIFUL HAMZAH

NIS. 25.03.102.018

AHLI TEKNIKA TINGKAT I

**PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I POLITEKNIK
ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : SYAIFUL HAMZAH

Nomor Induk Perwira Siswa : 25.03.102.018

Jurusan : Ahli Teknika Tingkat I

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

ANALISIS TERJADINYA KONTAMINASI *LUBRICATING OIL* PADA *GEARBOX* MT. STRAITS GEMILANG

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

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

Makassar, 26 Mei 2025



SYAIFUL HAMZAH
25.03.102.018

**PERSETUJUAN SEMINAR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : **ANALISIS TERJADINYA KONTAMINASI *LUBRICATING OIL* PADA *GEARBOX* MT. STRAITS GEMILANG**

Nama Pasis : SYAIFUL HAMZAH

NIS : 25.03.102.018

Program Diklat : Ahli Teknika Tingkat I

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk di seminarkan

Makassar, 23 Mei 2025

Persetujuan,

Pembimbing I



Yulianto, S.T., M.M., M.Mar.E
NIP.

Pembimbing II



Musriady, S.Si.T., M.M., M.Mar.E
NIP.

Mengetahui:

MANAGER DIKLAT TEKNIS,
PENINGKATAN DAN PENJENJANGAN



Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E
NIP. 19680508 200212 1 002

**ANALISIS TERJADINYA KONTAMINASI *LUBRICATING OIL* PADA
GEARBOX MT. STRAITS GEMILANG**

Disusun dan Diajukan Oleh

SYAIFUL HAMZAH

NIS. 25.03.102.018

Ahli Teknik Tingkat I

Telah dipersentasekan di depan panitia seminar Ujian KIT

Pada Tanggal 26 Mei 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II


Yulianto, S.T., M.M., M.Mar.E
NIP.


Musriady, S.Si.T., M.M., M.Mar.E
NIP.

Mengetahui:

a.n. Direktur
Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Pembantu Direktur 1


Capt. Faisal Saransi, M.T., M.Mar
NIP. 49750329 199903 1 002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah terapan ini yang berjudul "ANALISIS TERJADINYA KONTAMINASI *LUBRICATING OIL* PADA *GEARBOX* MT. STRAITS GEMILANG", meskipun dalam keterbatasan waktu dan berbagai tantangan. Penyusunan karya tulis ini adalah bagian dari syarat kelulusan kurikulum Diklat Teknik Profesi Kepelautan, Program Studi Teknik Tingkat I, guna mencapai kompetensi pelaut sebagai pemegang Sertifikat Ahli Teknik Tingkat I (ATT – I) di Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.

Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari sempurna, terutama dalam keterbatasan teori dan tata bahasa yang benar. Dengan demikian, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

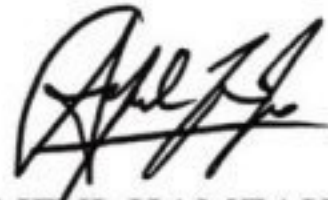
1. Capt. Rudy Susanto, M.Pd., selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.
2. Bapak Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E., selaku Manager Diklat Teknis, Peningkatan, dan Penjenjangan di Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar sekaligus
3. Bapak Yulianto, S.T., M.M., M.Mar.E selaku pembimbing I yang juga dengan kesabaran membimbing dalam penyusunan karya ini.
4. Musriady, S.Si.T., M.M., M.Mar.E sebagai pembimbing II yang juga dengan kesabaran membimbing dalam penyusunan karya ini.
5. Seluruh dosen dan staf Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.
6. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan, cinta, dan doa.
7. Rekan-rekan peserta Diklat ATT I Angkatan XLIV (44) 2025.
8. Semua pihak yang telah membantu, namun tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis juga menyampaikan terima kasih yang mendalam kepada orang tua dan keluarga yang selalu memberikan cinta, dukungan, serta doa. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada seluruh dosen, staf, serta rekan-rekan pasis di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar yang telah memberikan motivasi dan dorongan selama proses penyusunan karya ilmiah ini. Tak lupa, penghargaan juga diberikan

kepada pihak-pihak lain yang telah membantu, namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ilmiah ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi pembaca, khususnya yang berkecimpung di bidang kelautan, serta dapat menjadi referensi yang bermanfaat di dunia pelayaran..

Makassar, 26 Mei 2025


SYAIFUL HAMZAH
25.03.102.018

ABSTRAK

SYAIFUL HAMZAH 2025, “*ANALISIS TERJADINYA KONTAMINASI LUBRICATING OIL PADA GEARBOX MT. STRAITS GEMILANG*”. Dibimbing oleh Yulianto dan Musriady

Gearbox merupakan salah satu komponen kritis dalam sistem propulsi kapal yang berfungsi untuk mentransmisikan tenaga dari mesin utama ke poros baling-baling. Dalam operasionalnya, performa *gearbox* sangat bergantung pada kondisi pelumas yang baik. Kontaminasi oli pelumas dapat menyebabkan penurunan viskositas, *overheating*, korosi, hingga kerusakan serius pada komponen *internal* seperti *gear* dan *bearing*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab terjadinya kontaminasi *lubricating oil* pada *gearbox* MT. STRAITS GEMILANG serta dampaknya terhadap operasional kapal.

Berdasarkan hasil analisis dan inspeksi di atas kapal, ditemukan bahwa kontaminasi oli disebabkan oleh masuknya air laut melalui dua titik kebocoran utama, yaitu: (1) kebocoran pada *seal ring cover oil cooler* akibat aus dan kehilangan elastisitas; dan (2) kerusakan pada *tube-tube oil cooler* yang mengalami korosi dan retakan halus. Kebocoran tersebut memungkinkan air laut bercampur dengan oli pelumas selama proses sirkulasi. Hal ini menyebabkan perubahan warna oli menjadi coklat keruh, penurunan tekanan oli dari 1.1 MPa menjadi 0.5 MPa, serta kenaikan suhu oli dari 60–65°C menjadi 75–85°C. Kontaminasi juga terdeteksi melalui adanya busa dan campuran oli pada aliran air pendingin keluar dari *oil cooler*.

Langkah perbaikan yang dilakukan tim *engineering* berhasil mengembalikan tekanan dan suhu oli ke kondisi normal. Penggantian *seal ring cover*, pembersihan *tube oil cooler*, dan penggantian total oli pelumas menjadi solusi sementara hingga kapal sandar. Untuk pencegahan jangka panjang, disarankan agar dilakukan pemeriksaan rutin terhadap kondisi *oil cooler*, pergantian *seal* secara berkala, serta analisis oli secara berkala untuk mendeteksi kontaminasi sejak dini. Dengan demikian, risiko kerusakan *gearbox* dapat diminimalkan, menjaga efisiensi operasional, serta meningkatkan keselamatan dan keandalan sistem permesinan kapal.

Kata Kunci: Kontaminasi oli, *Gearbox* kapal, Sistem pelumasan.

ABSTRACT

SYAIFUL HAMZAH 2025, "*ANALYSIS OF LUBRICATING OIL CONTAMINATION IN THE GEARBOX OF MT. STRAITS GEMILANG*". Supervised by Yulianto and Musriady.

The gearbox is one of the critical components in a ship's propulsion system, functioning to transmit power from the main engine to the propeller shaft. In its operation, the gearbox's performance heavily depends on the condition of the lubricating oil. Contaminated lubricating oil can lead to reduced viscosity, overheating, corrosion, and even severe damage to internal components such as gears and bearings. This study aims to analyze the causes of lubricating oil contamination in the gearbox of MT. STRAITS GEMILANG and its impact on the ship's operation.

Based on onboard analysis and inspection, it was found that the oil contamination was caused by the ingress of seawater through two main leakage points: (1) a leak in the seal ring cover of the oil cooler due to wear and loss of elasticity; and (2) damage to the oil cooler tubes, which suffered from corrosion and fine cracks. These leaks allowed seawater to mix with the lubricating oil during circulation. This resulted in the oil turning into a murky brown color, a drop in oil pressure from 1.1 MPa to 0.5 MPa, and an increase in oil temperature from 60–65°C to 75–85°C. Contamination was also detected through the presence of foam and oil mixture in the cooling water outlet flow from the oil cooler.

Corrective measures taken by the engineering team successfully restored the oil pressure and temperature to normal conditions. The replacement of the seal ring cover, cleaning of the oil cooler tubes, and a complete oil change served as temporary solutions until the ship could dock. For long-term prevention, it is recommended to conduct regular inspections of the oil cooler, periodic replacement of seals, and routine oil analysis to detect contamination at an early stage. This will help minimize the risk of gearbox damage, maintain operational efficiency, and improve the safety and reliability of the ship's machinery system.

Keywords: Oil contamination, Ship gearbox, Lubrication system.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMA PERSETUJUAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	3
F. Hipotesis 3	
BAB II	4
A. <i>Gearbox</i> pada Kapal	4
B. Fungsi Utama pada <i>Gearbox</i>	5
C. Komponen-Komponen Utama pada <i>Gearbox</i>	6
D. Sistem Pelumasan pada <i>Gearbox</i>	9
E. Kontaminasi Oli pada Sistem Pelumasan <i>Gearbox</i>	11
F. Penyebab dan Dampak Kontaminasi Oli pada <i>Gearbox</i>	12
G. Kerangka Pikir Penelitian	16
BAB III	17

A. Lokasi Kejadian.....	17
B. Situasi dan Kondisi	19
C. Temuan	23
D. Pembahasan	27
BAB IV	39
A. Kesimpulan.....	39
B. Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	41
RIWAYAT HIDUP	49

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1 .GambarMesin Induk <i>Cummins KTA 50-Series</i>	4
2. GambarKomponen Utama <i>Gearbox</i>	6
3. GambarPerbandingan Kondisi Minyak Lumas <i>Normal</i> dan Terkontaminasi	21
4.Gambar Kebocoran Pada <i>Cover Oil Cooler</i>	24
5 .GambarKerusakan pada <i>Cover</i> dan <i>Seal Cover Oil Cooler</i>	25
6.GambarKebocoran pada <i>Tube-Tube Oil Cooler</i>	26
7.Gambar Pergantian <i>O-Ring</i> Baru (8.4mm x 150mm)	34
8.GambarTest kebocoran setelah perbaikan dengan busa sabun	35
9.Gambar Pembersihan <i>Tube-Tube Oil Cooler</i>	36

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1 Tabe Ship Particular MT. Straits Gemilang	17
2 Tabel <i>Gearbox</i> Spesification	18
3 Tabel Kondisi <i>Normal</i> dan <i>Abnormal</i> Operasional <i>Gearbox</i>	19
4 Tabel Kondisi Operasional <i>Gearbox</i> setelah perbaikan	37

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Lubricating oil atau oli pelumas merupakan salah satu komponen vital dalam sistem permesinan kapal, khususnya pada *gearbox*. Fungsinya bukan hanya melumasi komponen yang bergerak, tetapi juga sebagai media pendingin dan pencegah keausan dini akibat gesekan. Kualitas dan kejernihan oli pelumas harus selalu terjaga untuk menjamin performa mesin tetap optimal. Kerusakan atau kontaminasi pada oli dapat menimbulkan efek lanjutan yang serius pada sistem mesin.

Gearbox sendiri memiliki fungsi penting dalam sistem propulsi kapal, yakni mentransmisikan tenaga dari *main engine* ke poros baling-baling. Kinerja *gearbox* sangat bergantung pada pelumasan yang baik agar *gear* tidak mengalami keausan dan *overheat*. Kontaminasi pada pelumas bisa menyebabkan terganggunya fungsi ini, yang berdampak langsung pada keselamatan kapal saat beroperasi, terutama ketika sedang melakukan manuver masuk atau keluar pelabuhan.

Kontaminasi oli pelumas dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain masuknya air laut, keausan *seal*, atau korosi pada *cover LO. Cooler gearbox*. Air laut yang masuk ke sistem pelumas biasanya berasal dari kebocoran sistem pendingin, yang jika tidak segera ditangani bisa menyebabkan kerusakan serius pada *gearbox*. Selain itu, penurunan viskositas akibat pencampuran dengan air atau bahan lain bisa membuat oli kehilangan kemampuannya untuk melindungi komponen mesin.

Dalam operasional kapal, pengawasan terhadap kondisi oli pelumas menjadi tanggung jawab penting dari departemen mesin. Pendeteksian dini terhadap gejala kerusakan seperti perubahan tekanan oli atau perubahan warna dan bau pelumas menjadi langkah krusial dalam mencegah kerusakan fatal pada permesinan. Oleh karena itu, analisis penyebab kontaminasi pelumas harus dilakukan secara menyeluruh untuk mencegah kejadian serupa di masa mendatang.

Kejadian ini bermula saat kapal MT. STRAITS GEMILANG sedang dalam kondisi *one hour notice* (OHN) dan bersiap untuk melakukan manuver karena akan segera tiba di pelabuhan tujuan. Seorang *oiler* yang sedang patroli melaporkan kepada *engineer* jaga bahwa tekanan pelumas pada *gearbox main engine* menunjukkan angka di bawah *normal*. *Engineer* jaga segera menuju lokasi untuk melakukan pengecekan langsung.

Karena merasa ada kejanggalan, *engineer* tersebut kemudian memeriksa level oli menggunakan *deepstick*. Saat itulah diketahui bahwa oli telah mengalami perubahan warna, indikasi awal bahwa telah terjadi kontaminasi oleh zat asing. Tidak hanya warna, viskositas oli pun tampak menurun, menunjukkan adanya pencampuran dengan cairan lain.

Menindak lanjuti temuan tersebut, *engineer* jaga melaporkan kepada *chief engineer*. *Chief engineer* segera datang dan memerintahkan *oiler* untuk memeriksa air pendingin (*sea water outlet*) dari *gearbox*. Setelah diperiksa, ternyata benar air pendingin telah tercampur dengan oli pelumas. Ini menjadi bukti kuat bahwa telah terjadi kebocoran pada sistem pendingin *gearbox*.

Chief engineer segera melaporkan kejadian tersebut ke anjungan dan meminta waktu tambahan untuk penanganan darurat. Hal ini dilakukan guna menghindari pencemaran laut akibat tumpahan minyak serta mencegah kerusakan lebih lanjut pada *gearbox* akibat pelumas yang sudah tidak layak pakai. Penanganan cepat diperlukan agar keselamatan kapal, lingkungan laut, dan kelancaran operasional tetap terjaga.

Oleh karena itulah penulis tertarik untuk menuangkan permasalahan ini dalam bentuk Karya Ilmiah Terapan dengan Judul **“ANALISIS TERJADINYA KONTAMINASI LUBRICATING OIL PADA GEARBOX MT. STRAITS GEMILANG”**.

B. Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, rumusan masalah dirumuskan untuk mengarahkan fokus analisis agar sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Adapun rumusan masalahnya adalah:

Apa penyebab utama terjadinya kontaminasi *lubricating oil* pada *gearbox* MT. STRAITS GEMILANG?

C. Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya terbatas pada sistem pelumasan *gearbox main engine*.
2. Penelitian hanya membahas penyebab dan penanganan kontaminasi oli pelumas, tidak mencakup perbaikan total *gearbox*.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan khusus penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui faktor-faktor teknis yang menyebabkan kontaminasi oli pelumas pada *gearbox*.
2. Memberikan rekomendasi teknis dalam penanganan dan pencegahan kontaminasi pelumas di kapal.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat yang signifikan bagi berbagai pihak, baik secara praktis maupun akademis, sebagai berikut:

1. Secara Teoritis
 - a. Menambah literatur dan referensi dalam bidang teknik permesinan kapal, khususnya terkait sistem pelumasan *gearbox*.
 - b. Menjadi bahan evaluasi dan studi kasus untuk pendidikan pelayaran dan permesinan.
2. Secara Praktis
 - a. Memberikan gambaran nyata kepada *engineer* kapal tentang pentingnya deteksi dini terhadap masalah sistem pelumas.
 - b. Memberikan solusi atau rekomendasi perawatan *gearbox* untuk mencegah kontaminasi oli di masa mendatang.

F. Hipotesis

Berdasarkan narasi yang telah dijelaskan penulis sebelumnya maka adapun hipotesis atau dugaan sementara yang dikemukakan penulis yaitu:

Diduga kerusakan pada *tube-tube oil cooler* menjadi penyebab utama kontaminasi *lubricating oil* pada *gearbox*.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Gearbox pada Kapal

Gearbox kapal merupakan salah satu komponen krusial dalam sistem transmisi kapal yang berfungsi untuk mentransmisikan tenaga dari mesin utama ke baling-baling (*propeller*) kapal. Fungsi utama dari *gearbox* adalah untuk mengatur perbandingan kecepatan putar dan torsi dari mesin utama agar sesuai dengan kebutuhan propulsi kapal di berbagai kondisi operasi. Melalui pengaturan ini, *gearbox* memungkinkan mesin utama bekerja pada kecepatan optimalnya, sementara *propeller* dapat berputar pada kecepatan yang lebih rendah namun menghasilkan daya dorong maksimal (Sondakh et al., 2021).

Gambar 1 Mesin Induk *Cummins KTA 50-Series*



Sumber: (Kurniawan & Hermawan, 2020)

Komponen utama dalam *gearbox* kapal meliputi *Input shaft*, *main shaft*, *gear train*, *clutch*, *gear shift housing*, serta sistem pelumasan dan pendinginan. *Input shaft* menerima putaran dari mesin utama, yang kemudian ditransmisikan melalui serangkaian roda gigi (*gears*) menuju *main shaft* dan akhirnya ke *propeller*. Sistem *clutch* memungkinkan pergantian antara arah putaran maju dan mundur, serta pemutusan tenaga ketika dibutuhkan (Kurniawan & Hermawan, 2020).

Sistem pelumasan dan pendinginan dalam *gearbox* memainkan peran penting dalam menjaga performa dan umur komponen. Pelumasan yang baik mengurangi gesekan dan keausan antar komponen roda gigi, sementara sistem pendinginan—yang biasanya melibatkan sirkulasi oli dan pendingin air laut—membantu menjaga suhu kerja tetap stabil. Apabila sistem pendinginan

mengalami gangguan, seperti penurunan tekanan pendingin air laut, maka suhu *gearbox* dapat meningkat dan menyebabkan kerusakan serius pada komponen *internal* (Supriyadi et al., 2022).

Perawatan sistem *gearbox* harus dilakukan secara berkala, mencakup pemeriksaan volume dan kualitas oli pelumas, tekanan dan temperatur kerja, serta kondisi fisik komponen *gearbox*. Kegagalan dalam melakukan perawatan yang tepat dapat menyebabkan gangguan pada sistem transmisi, penurunan efisiensi kapal, hingga risiko kerusakan permanen pada *gearbox* (Iskandar & Lestari, 2023). Oleh karena itu, pemahaman menyeluruh tentang sistem *gearbox* serta fungsinya sangat penting dalam upaya pencegahan kerusakan dan optimasi kinerja mesin kapal.

B. Fungsi Utama pada *Gearbox*

Gearbox merupakan salah satu komponen krusial dalam sistem propulsi kapal yang berfungsi untuk mentransmisikan tenaga dari mesin utama (*main engine*) ke poros baling-baling (*propeller shaft*). Selain itu, *gearbox* juga berperan dalam mengatur perbandingan kecepatan putaran dan torsi antara mesin utama dan poros baling-baling agar sesuai dengan kebutuhan daya dorong kapal di berbagai kondisi operasi.

Mesin utama kapal bekerja pada putaran tinggi, sedangkan baling-baling membutuhkan torsi besar pada putaran rendah agar dapat menghasilkan efisiensi dorongan maksimal. *Gearbox* mengatasi ketidaksesuaian tersebut dengan menurunkan putaran mesin sekaligus meningkatkan torsi yang ditransmisikan ke poros baling-baling.

Dalam sistem transmisi kapal, *gearbox* tidak hanya berfungsi sebagai penghubung mekanis, tetapi juga sebagai pengatur arah putaran poros, yaitu maju (*ahead*) atau mundur (*astern*), melalui sistem kopling hidrolik. Kopling ini memungkinkan pergantian arah tanpa harus menghentikan operasi mesin secara total.

Selain itu, *gearbox* dilengkapi dengan sistem pelumasan dan pendinginan yang bekerja secara sirkulatif untuk menjaga suhu kerja tetap stabil serta mencegah keausan berlebih akibat gesekan antar komponen seperti roda gigi (*gear*), *bearing*, dan poros (*shaft*).

Pada kapal MT. STRAITS GEMILANG, *gearbox* model HC1200 buatan *Hangzhou Advance Gear Box Co., Ltd.* digunakan sebagai unit transmisi utama dengan rasio reduksi 3.5:1. Artinya, setiap 3.5 putaran dari main engine dikonversi menjadi 1 putaran pada poros baling-baling. Dengan demikian, mesin utama dapat bekerja pada putaran optimalnya, sementara baling-baling menghasilkan dorongan yang efisien dan stabil.

Oleh karena itu, performa *gearbox* sangat bergantung pada kondisi pelumasannya. Kontaminasi oli pelumas, seperti yang terjadi pada kasus ini, dapat menyebabkan penurunan efisiensi pelumasan, *overheating*, korosi pada komponen *internal*, hingga potensi kerusakan parah yang dapat mengganggu keselamatan dan kelancaran operasional kapal.

C. Komponen-Komponen Utama pada *Gearbox*

Gearbox kapal merupakan sistem kompleks yang terdiri dari sejumlah komponen mekanis dan hidrolis yang saling terintegrasi untuk menjalankan fungsi transmisi tenaga dari mesin utama ke *propeller* kapal. Setiap komponen memiliki fungsi yang spesifik dan bekerja secara sinergis untuk menghasilkan kecepatan, arah, dan torsi yang sesuai dengan kebutuhan operasional kapal. Dalam konteks perawatan dan pemeliharaan, pemahaman terhadap fungsi dan cara kerja masing-masing komponen sangat penting untuk mencegah gangguan mekanis, termasuk penurunan tekanan sistem pendingin seperti pendingin air laut.

Gambar 2 Komponen Utama *Gearbox*



Sumber: (Kurniawan & Hermawan, 2020)

Berikut ini adalah penjabaran komponen-komponen utama pada *gearbox* kapal, yaitu:

1. *Input Coupling*

Komponen ini berfungsi sebagai penghubung utama antara poros keluaran dari mesin utama (*main engine*) dengan *gearbox*. *Input coupling* mentransfer tenaga putar (*rotational energy*) dari mesin ke dalam sistem *gear* melalui poros *Input*. Kualitas dan keseimbangan dari kopling ini sangat penting agar tidak terjadi getaran atau kehilangan efisiensi transmisi (Kurniawan & Hermawan, 2020).

2. *Output Coupling*

Output coupling merupakan ujung dari sistem *gearbox* yang menyalurkan tenaga ke poros *propeller*. Komponen ini menerima tenaga yang telah mengalami perubahan rasio torsi dan kecepatan dari *gear train*. Konstruksi *output coupling* harus mampu menahan beban dinamis yang tinggi, terutama pada kapal dengan frekuensi perubahan arah putar tinggi (Sondakh et al., 2021).

3. *Clutch System* (Sistem Kopling)

Sistem kopling pada *gearbox* kapal memungkinkan peralihan antara gigi maju (*ahead*) dan mundur (*astern*) serta memungkinkan pemutusan sementara transmisi tenaga. Kopling ini biasanya bekerja secara hidrolik, di mana tekanan oli digunakan untuk mengaktifkan dan menonaktifkan hubungan mekanis antar *gear*. Sistem kopling yang tidak bekerja dengan baik dapat menyebabkan keterlambatan respon kapal dan kerusakan pada *gear* (Supriyadi et al., 2022).

4. *Gear Train* (Rangkaian Roda Gigi)

Gear train adalah inti dari sistem *gearbox*. Ia terdiri dari pasangan roda gigi dengan berbagai rasio yang menentukan besar torsi dan kecepatan *output*. Rasio *gear* sangat penting dalam menyesuaikan daya mesin dengan karakteristik *propeller*. Perubahan pada rasio *gear* memungkinkan kapal beroperasi efisien pada berbagai kecepatan tanpa membebani mesin utama (Iskandar & Lestari, 2023).

Oil Pump (Pompa Oli)

Sistem pelumasan pada *gearbox* sangat bergantung pada *oil pump*. Pompa oli bertugas menyirkulasikan oli pelumas ke seluruh bagian *gearbox* untuk mengurangi gesekan, mencegah keausan, dan membantu pendinginan. Gangguan pada pompa oli dapat langsung memengaruhi tekanan oli dan menimbulkan kenaikan suhu komponen *gearbox* (Sitorus et al., 2021).

5. *Oil Filter* (Saringan Oli)

Saringan oli (*oil filter*) berfungsi untuk menyaring kotoran atau partikel logam dari oli sebelum disirkulasikan kembali ke dalam sistem. Keberadaan partikel asing dalam oli dapat merusak permukaan *gear* dan *bearing*. *Filter* yang tersumbat juga dapat menyebabkan penurunan tekanan sistem pelumasan (Prakoso et al., 2020).

6. *Oil Cooler* (Pendingin Oli)

Oli yang bersirkulasi dalam *gearbox* menyerap panas dari gesekan antar *gear*. Untuk menjaga viskositas dan efektivitas pelumas, suhu oli harus dikontrol melalui sistem pendinginan. *Oil cooler* biasanya menggunakan air laut sebagai media pendingin melalui penukar panas (*heat exchanger*). Penurunan tekanan pendingin air laut dapat menyebabkan sistem pendinginan tidak bekerja optimal, sehingga oli menjadi terlalu panas (Nugroho & Wahyudi, 2021).

7. *Control Valve* (Katup Pengontrol)

Komponen ini bertugas mengatur tekanan dan distribusi oli ke berbagai bagian sistem seperti clutch dan pelumasan. Katup kontrol yang tidak berfungsi baik dapat menyebabkan ketidakseimbangan tekanan, yang berpengaruh pada efisiensi kerja sistem *gearbox* (Supriyadi et al., 2022).

8. *Pressure Gauge* (Pengukur Tekanan)

Digunakan untuk memantau tekanan kerja dari sistem pelumasan atau hidrolik. Alat ini sangat penting dalam mendeteksi dini adanya kebocoran atau penurunan tekanan, sehingga tindakan pencegahan dapat segera dilakukan (Iskandar & Lestari, 2023).

9. *Gearbox Housing* (Rangka *Gearbox*)

Housing adalah struktur pelindung utama dari seluruh komponen *internal gearbox*. Selain berfungsi sebagai pelindung, housing juga

mendukung sistem pendinginan pasif dan menjaga kestabilan struktur selama operasi kapal (Sondakh et al., 2021).

10. *Governor* (Pengatur Kecepatan)

Governor bekerja untuk mengatur kecepatan dan torsi *gearbox* berdasarkan beban operasional kapal. Sistem ini bekerja secara otomatis berdasarkan sinyal dari mesin atau sistem kendali kapal. Kinerja *governor* yang baik akan menjaga efisiensi bahan bakar dan mencegah kelebihan beban pada *gearbox* (Nugroho & Wahyudi, 2021).

D. Sistem Pelumasan pada *Gearbox*

Sistem pelumasan merupakan elemen vital dalam operasional *gearbox* kapal. *Gearbox* berfungsi dalam lingkungan yang penuh tekanan mekanis dan termal, dengan kecepatan putaran tinggi dan beban torsi besar, sehingga menghasilkan gesekan signifikan antara komponen-komponen seperti roda gigi (*gear*), bantalan (*bearing*), dan poros (*shaft*). Gesekan ini, jika tidak dikelola dengan baik, dapat menyebabkan keausan dini, peningkatan suhu, hingga kerusakan komponen secara permanen. Oleh karena itu, pelumas memiliki peran utama dalam mengurangi gesekan, menjaga suhu kerja, serta melindungi komponen dari korosi dan kontaminasi (Sitorus et al., 2021).

Pelumas yang digunakan dalam *gearbox* harus memenuhi spesifikasi viskositas, titik nyala, dan stabilitas oksidasi sesuai standar pabrikan (*maker*). Selain itu, *aditif* seperti *anti-wear*, *anti-foam*, dan *inhibitor* karat juga menjadi bagian penting dalam komposisi oli. Sistem pelumasan pada *gearbox* umumnya bersifat sirkulatif, di mana oli disimpan dalam reservoir, kemudian dipompa melalui sistem distribusi ke seluruh komponen *gearbox*, lalu kembali ke tangki untuk disaring dan didinginkan (Nugroho & Wahyudi, 2021).

1. Fungsi Sistem Pelumasan

Sistem pelumasan pada *gearbox* memiliki beberapa fungsi utama:

- a. Mengurangi Gesekan dan Keausan: Pelumas membentuk lapisan tipis antara permukaan logam yang bergerak, sehingga menghindari kontak langsung dan memperkecil gaya gesek. Ini sangat penting dalam mencegah deformasi material akibat keausan berlebih (Kurniawan & Hermawan, 2020).

- b. Menurunkan Suhu Operasional: Pelumas menyerap panas yang ditimbulkan akibat gesekan antar komponen dan menghantarkannya ke *oil cooler* untuk dibuang. Tanpa sistem pendinginan, suhu dalam *gearbox* dapat meningkat secara drastis dan menurunkan efektivitas pelumas.
- c. Mencegah Karat dan Korosi: Oli yang berkualitas tinggi biasanya mengandung zat aditif inhibitor korosi yang mencegah terjadinya karat, terutama ketika sistem terpapar kelembaban atau air laut.
- d. Membersihkan Sistem: Saat bersirkulasi, pelumas juga membawa partikel logam, serpihan karbon, dan kotoran lainnya ke *filter*. Dengan demikian, oli berfungsi sebagai agen pembersih *internal gearbox*.
- e. Mengatur Tekanan Hidraulik: Pada sistem *gearbox* yang menggunakan sistem kontrol hidrolik (misalnya pada kopling), oli juga berperan sebagai media kerja dalam mengatur tekanan aktuator komponen (Supriyadi et al., 2022).

2. Komponen Sistem Pelumasan *Gearbox*

Beberapa komponen penting yang membentuk sistem pelumasan antara lain:

- a. *Oil Pump* (Pompa Oli): Bertugas menyirkulasikan oli dari tangki menuju seluruh bagian *gearbox*. Tipe pompa yang digunakan dapat berupa *gear pump* atau *screw pump* tergantung kebutuhan tekanan dan volume aliran.
- b. *Filter Oli*: Menyaring kontaminan dari oli seperti partikel logam atau debu karbon. Kinerja *filter* yang baik akan memperpanjang umur oli dan komponen yang dilumasi.
- c. *Oil Cooler* (Pendingin Oli): Merupakan alat penukar panas (*heat exchanger*) yang menjaga suhu oli tetap optimal. Air laut umumnya digunakan sebagai media pendingin dalam *oil cooler*.
- d. *Lubrication Lines* (Saluran Pelumas): Jalur yang menghubungkan pompa ke komponen *gearbox* seperti *gear*, *bearing*, dan *shaft*.
- e. *Reservoir Oli*: Wadah tempat penyimpanan oli pelumas. Kapasitasnya disesuaikan dengan kebutuhan sistem dan biasanya dilengkapi dengan indikator level oli.

3. Jenis Sistem Pelumasan

Dalam aplikasi *gearbox* kapal, terdapat tiga jenis sistem pelumasan utama:

- a. Pelumasan Tekan (Forced Lubrication): Oli dipompa dengan tekanan tertentu ke seluruh sistem. Sistem ini cocok untuk *gearbox* besar yang bekerja dalam kondisi ekstrem.
- b. Pelumasan Percikan (Splash Lubrication): Komponen *gear* mencipratkan oli ke seluruh bagian *internal* secara alami. Sistem ini sederhana, namun kurang cocok untuk kecepatan tinggi atau beban berat.
- c. Pelumasan Campuran (Combination Lubrication): Menggabungkan kedua metode di atas untuk menjamin pelumasan menyeluruh. Sistem ini umum ditemukan pada *gearbox* dengan performa tinggi.

4. Perawatan Sistem Pelumasan

Perawatan sistem pelumasan sangat penting untuk menjaga efisiensi dan keandalan *gearbox*. Langkah-langkah pemeliharaan meliputi:

- a. Pemeriksaan berkala terhadap level dan kualitas oli.
- b. Penggantian oli secara rutin berdasarkan jam kerja mesin atau interval waktu.
- c. Pembersihan atau penggantian *filter* secara berkala.
- d. Pemeriksaan sistem terhadap kebocoran atau gangguan tekanan.
- e. Pengujian laboratorium terhadap sampel oli untuk mendeteksi adanya partikel logam atau kontaminasi air.

Kontaminasi dalam sistem pelumasan dapat berasal dari air laut, serpihan logam hasil gesekan, atau degradasi termal oli itu sendiri. Kontaminasi ini dapat mempercepat keausan komponen dan menyebabkan kerusakan serius pada *gearbox*. Oleh karena itu, penting bagi operator kapal untuk memahami cara kerja sistem pelumasan dan menerapkan program perawatan preventif secara disiplin (Prakoso et al., 2020).

E. Kontaminasi Oli pada Sistem Pelumasan *Gearbox*

Kontaminasi oli pelumas merupakan salah satu penyebab utama kegagalan mekanis dalam sistem permesinan kapal, termasuk pada komponen vital seperti *gearbox*. Menurut Rahardian et al. (2021), sekitar 70% kerusakan komponen

mekanis disebabkan oleh pelumasan yang buruk, dan sebagian besar berkaitan langsung dengan kontaminasi oli.

Kontaminasi terjadi akibat masuknya air laut, partikel logam hasil gesekan, debu, atau akibat pencampuran oli yang tidak sesuai spesifikasi. Pelumas yang ideal, sebagaimana dijelaskan dalam *Marine Engineering* oleh Hassan & Azizi (2019), harus mampu memenuhi tiga fungsi utama berikut:

1. Mengurangi gesekan dan keausan antara permukaan logam.
2. Menyerap dan membuang panas untuk mencegah *overheating*.
3. Melindungi logam dari korosi, terutama dalam lingkungan maritim yang bersifat agresif.

Apabila terjadi kontaminasi, fungsi-fungsi tersebut akan terganggu, meningkatkan risiko kerusakan komponen dan menurunkan efisiensi operasional mesin secara keseluruhan.

F. Penyebab dan Dampak Kontaminasi Oli pada *Gearbox*

Kontaminasi oli dalam sistem pelumasan *gearbox* merupakan salah satu faktor penyebab utama kerusakan peralatan mekanik di lingkungan maritim. *Gearbox* kapal bekerja dalam kondisi ekstrem, sehingga kualitas oli harus tetap optimal agar fungsi pelumasan, pendinginan, dan perlindungan komponen tetap berjalan. Oli yang terkontaminasi kehilangan sifat fisiknya dan dapat menimbulkan efek merusak yang progresif terhadap performa *gearbox* (Setiawan & Suyanto, 2020).

Menurut Rahardian et al. (2021), sekitar 70% kerusakan pada komponen mekanis disebabkan oleh pelumasan yang buruk, di mana sebagian besar di antaranya berkaitan langsung dengan kontaminasi oli. Oleh karena itu, pemahaman tentang penyebab dan dampaknya sangat penting dalam sistem manajemen perawatan kapal.

1. Penyebab Kontaminasi Oli

Beberapa faktor utama yang menyebabkan kontaminasi oli pada *gearbox* kapal meliputi:

- a. **Masuknya Air (*Water Ingress*):** Air merupakan kontaminan paling umum yang masuk ke dalam sistem pelumasan melalui *seal* bocor, kelembaban udara, atau kerusakan pada *oil cooler*. Air yang bercampur dengan oli akan

membentuk emulsi, yang tidak hanya menurunkan efisiensi pelumasan, tetapi juga mempercepat korosi dan oksidasi pada komponen logam (Hassan & Azizi, 2019).

- b. Partikel Logam: Akibat gesekan dan keausan antar *gear* dan *bearing*, partikel logam halus dapat bercampur dengan oli. Jika tidak disaring, partikel ini bersirkulasi dalam sistem dan mempercepat abrasi di titik-titik kontak (Prakoso & Widodo, 2022).
- c. Debu dan Kotoran Eksternal: Prosedur penggantian oli yang tidak bersih atau terbukanya sistem pelumasan terhadap lingkungan luar memungkinkan masuknya debu dan partikel asing. Hal ini *sering* terjadi pada kapal yang beroperasi di perairan dengan tingkat polusi tinggi (Sitorus et al., 2023).
- d. Salah Jenis atau Campuran Oli: Menggunakan jenis oli yang tidak sesuai dengan spesifikasi pabrikan atau mencampurkan oli lama dengan yang baru tanpa pengurasan menyeluruh akan menyebabkan degradasi aditif dan penurunan kualitas pelumasan (Hartono & Zulkarnain, 2020).
- e. Kontaminasi Kimia: Oli dapat terkontaminasi oleh cairan lain seperti bahan bakar, cairan pendingin, atau bahan kimia akibat kebocoran *internal* antar sistem mesin yang berdekatan.

2. Dampak Kontaminasi Oli terhadap *Gearbox*

Kontaminasi oli berdampak langsung terhadap performa dan keandalan *gearbox*. Dampak-dampak utama yang tercatat di berbagai studi antara lain:

- a. Efektivitas Pelumasan Menurun: Oli yang kotor atau terkontaminasi tidak mampu membentuk lapisan pelindung yang memadai, sehingga gesekan antar permukaan logam meningkat dan mempercepat keausan (Alif & Purnomo, 2021).
- b. *Overheating* (Panas Berlebih): Viskositas oli yang menurun akibat kontaminasi menyebabkan sirkulasi panas yang tidak optimal. Ini meningkatkan suhu sistem dan dapat merusak komponen seperti *seal* dan *gasket*.
- c. Korosi dan Karat: Air dan bahan kimia dalam oli mempercepat proses oksidasi, menyebabkan karat pada *gear* dan *bearing*. Hal ini mengurangi

kekuatan struktural komponen dan umur pakai keseluruhan *gearbox* (Suryawan et al., 2022).

- d. Kerusakan Pompa Oli: Pompa oli bisa aus atau tersumbat oleh partikel logam dan kotoran, mengakibatkan penurunan tekanan oli dan distribusi pelumasan yang tidak merata.
- e. Gangguan Sistem Hidrolik: *Gearbox* modern yang dilengkapi kontrol hidrolik sangat rentan terhadap kerusakan akibat partikel padat yang menyumbat saluran hidrolik atau merusak katup aktuasi.
- f. Kegagalan Operasional: Jika kontaminasi tidak segera ditangani, sistem *gearbox* bisa mengalami kegagalan total, menghentikan operasional kapal dan menyebabkan biaya perbaikan serta waktu henti (downtime) yang signifikan (Susanto, 2021).

3. Pencegahan Kontaminasi Oli

Untuk menjaga integritas oli pelumas, diperlukan tindakan preventif yang terstruktur, seperti:

- a. Pemeriksaan Level dan Kualitas Oli Secara Berkala: Mengikuti jadwal pemeliharaan preventif yang ditetapkan oleh produsen.
- b. Penggunaan Oli Sesuai Spesifikasi Pabrikan: Hanya oli dengan klasifikasi viskositas dan aditif yang direkomendasikan OEM yang boleh digunakan.
- c. Kebersihan saat Pengisian atau Penggantian Oli: Prosedur pengisian harus dilakukan dalam kondisi bersih dan tertutup untuk mencegah masuknya partikel asing.
- d. Pemeriksaan *Seal* dan Gasket Secara Berkala: *Seal* yang aus harus segera diganti untuk mencegah masuknya air atau cairan lain.
- e. Analisis Oli Secara Rutin: Teknik seperti spectroscopy, ferrography, dan viscometry dapat digunakan untuk mendeteksi partikel logam, air, dan bahan kimia dalam oli (Yuliana & Mahendra, 2020).
- f. Menjaga Sistem Sirkulasi Tertutup: Pastikan tidak ada kebocoran atau saluran terbuka yang dapat menyebabkan kontaminasi dari luar.

Dengan sistem pemeliharaan yang disiplin dan pemantauan oli yang berkala, potensi kerusakan akibat kontaminasi dapat diminimalkan,

memperpanjang masa pakai *gearbox*, dan menghindari kerugian besar akibat downtime kapal.

G. Kerangka Pikir Penelitian