

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**PENGARUH KERUSAKAN *MECHANICAL SEAL*
TERHADAP KINERJA HIDRAULIK *STEERING GEAR* DI
KAPAL AHTS LOGINDO STAMINA**



WAHYU IBNU SEPTIAN

NIT 22 36 306 2 040

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2026

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**PENGARUH KERUSAKAN *MECHANICAL SEAL*
TERHADAP KINERJA HIDRAULIK *STEERING GEAR* DI
KAPAL AHTS LOGINDO STAMINA**



WAHYU IBNU SEPTIAN
NIT 22 36 306 2 040

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : WAHYU IBNU SEPTIAN

Nomor Induk Taruna : 22 36 306 2 040

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

PENGARUH KERUSAKAN *MECHANICAL SEAL* TERHADAP KINERJA HIDRAULIK *STEERING GEAR* DI KAPAL AHTS LOGINDO STAMINA

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

Jika pernyataan diatas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, 9 April 2026



WAHYU IBNU SEPTIAN
NIT. 22 36 306 2 040

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : PENGARUH KERUSAKAN *MECHANICAL SEAL* TERHADAP
KINERJA HIDRAULIK *STEERING GEAR* DI KAPAL AHTS
LOGINDO STAMINA

Program Studi : D-IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Nama : Wahyu Ibnu Septian

NIT : 22 36 306 2 040

Jenis Tugas Akhir : ~~Prototype~~ / Karya Ilmiah Terapan / ~~Karya Tulis Ilmiah~~*

Keterangan: *(coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya, 27 April 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Mar.E
NIP. 196905312003121001



Prima Yudha Yudianto, S.E., M.M.
NIP. 197807172005021001

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Mar.E
NIP. 196905312003121001

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : **PENGARUH KERUSAKAN *MECHANICAL SEAL*
TERHADAP KINERJA HIDRAULIK *STEERING*
GEAR DI KAPAL AHTS LOGINDO STAMINA**

Program Studi : D-IV TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL

Nama : WAHYU IBNU SEPTIAN

NIT : 22 36 306 2 040

Jenis Tugas Akhir : ~~Prototype~~ / Karya Ilmiah Terapan / ~~Karya Tulis Ilmiah~~*

Keterangan: *(coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya,

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



(Dr. Antonius Edy Kristivono, M.Mar.E., M.Pd)
Penata Tk I (III/d)
NIP. 196905312003121001

Dosen Pembimbing II



(Prima Yudha Yudianto, S.E., M.M)
Penata (III/c)
NIP. 197807172005021001

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(Dr. Antonius Edy Kristivono, M.Mar.E., M.Pd)
Penata Tk I (III/d)
NIP. 196905312003121001

PENGESAHAN PROPOSAL KARYA ILMIAH TERAPAN

**PENGARUH KERUSAKAN *MECHANICAL SEAL* TERHADAP KINERJA
HIDRAULIK *STEERING GEAR* DI KAPAL AHTS LOGINDO STAMINA**

Disusun oleh:

WAHYU IBNU SEPTIAN
NIT. 22 36306 2 040

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji KIT
Politeknik Pelayaran Surabaya

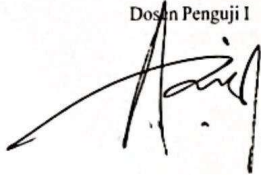
Surabaya, 21 Juni 2024

Mengesahkan,

Dosen Penguji II

Dosen Penguji III

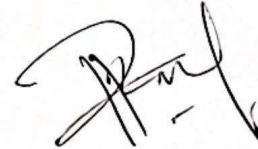
Dosen Penguji I



AZIS NUGROHO, S.E., M.Pd., M.Mar.E.
Pembina (IV/a)
NIP. 19750322199808 1 001



Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Mar.E., M.Pd
Penata Tk I (III/d)
NIP. 19690531200312 1 001



PRIMA YUDHA YUDIANTO, S.E., M.M
Penata (III/c)
NIP. 19780717200502 1 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



MONIKA RETNO GUNARTI, M.Pd., M.Mar.E.
Penata Tk I (III/d)
NIP. 19760528200912 2 002

**PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**PENGARUH PENGARUH KERUSAKAN *MECHANICAL SEAL* TERHADAP KINERJA
HIDRAULIK *STEERING GEAR* DI KAPAL AHTS LOGINDO STAMINA**

Disusun oleh:

**WAHYU IBNU SEPTIAN
NIT. 22 36 306 2 040**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 27 April 2026

Mengesahkan,

Dosen Penguji I



AGUS PRAWOTO, S. Si.T., M.M.
NIP. 197808172009121001

Dosen Penguji II



Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Mar.E.M.Pd.
NIP. 19690531200312001

Dosen Penguji III



WULAN MARLIA SANDI, M.Pd.
NIP. 198903262023212017

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Mar.E.M.Pd
NIP. 19690531200312001

ABSTRAK

WAHYU IBNU SEPTIAN, 2026, “Pengaruh Kerusakan *Mechanical Seal* Hidraulik Terhadap Kinerja *Steering Gear* di Kapal AHTS Logindo Stamina”. Dibimbing oleh Antonius Edy Kristiyono ,M.Pd.,M.Mar.E dan Prima Yudha Yudhianto,S.E.,M.M. *Steering gear* merupakan komponen vital dalam operasional kapal yang berfungsi untuk mengontrol arah gerak kapal secara akurat. Keandalan sistem ini sangat bergantung pada performa sistem hidraulik, Dimana *mechanical seal* memiliki peran kunci dalam menjaga tekanan sistem dan mencegah kebocoran oli. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor utama penyebab kerusakan *mechanical seal*, serta menganalisis dampak kerusakan tersebut terhadap efisiensi kinerja dari *steering gear* di kapal AHTS Logindo stamina. Metode penelitian yang digunakan adalah metode (*mix-method*) dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif diperoleh melalui observasi partisipatif dan wawancara mendalam dengan *second engineer*. Sementara data kuantitatif diperoleh melalui pengukuran parameter teknis seperti tekanan oli, suhu kerja, dan waktu gerak daun kemudi (*rudder movement time*) yang dibandingkan dengan standar *SOLAS*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor utama penyebab kerusakan *mechanical seal* adalah adanya kontaminasi oli oleh partikel kotoran dan pengaruh lingkungan berupa kelembaban tinggi serta paparan uap air laut di ruang *steering gear* mempercepat proses korosi pada *rod* dan komponen lainnya. Kerusakan ini mengakibatkan kebocoran oli pada celah *mechanical seal*, suara kasar pada sistem hidraulik, serta penurunan tekanan kerja secara signifikan, sebesar -25,86%. Dampak operasional yang ditimbulkan meliputi munculnya alarm *steering gear failure*, penurunan efisiensi hidraulik sebesar -25.87%, hingga risiko kegagalan sistem yang membahayakan olah gerak kapal. Penelitian ini merekomendasikan dilakukannya perawatan preventif melalui monitoring kualitas oli, pengendalian kondisi lingkungan ruang *steering gear* serta penggantian *mechanical seal* secara berkala sesuai standar operasional untuk menjaga performa sistem kemudi tetap optimal.

Kata kunci: *Mechanical Seal*, *Steering Gear*, Sistem Hidraulik, Kinerja

ABSTRACT

WAHYU IBNU SEPTIAN, 2026. *"The Influence of Hydraulic Mechanical Seal Damage on Steering Gear Performance at AHTS Logindo Stamina"*. Supervised by Antonius Edy Kristiyono, M.Pd., M.Mar.E and Prima Yudha Yudhianto, S.E., M.M. The steering gear is a vital component in ship operations, functioning to control the ship's direction accurately. The reliability of this system highly depends on the performance of the hydraulic system, where the mechanical seal plays a key role in maintaining system pressure and preventing oil leakage. This study aims to identify the main factors causing mechanical seal damage and analyze its impact on the performance efficiency of the steering gear at AHTS Logindo Stamina. The research method used is a mixed-method approach, combining qualitative and quantitative perspectives. Qualitative data were obtained through participatory observation and in-depth interviews with the second engineer. Meanwhile, quantitative data were gathered by measuring technical parameters such as oil pressure, operating temperature, and rudder movement time, which were then compared with SOLAS standards.

The results show that the main factors causing mechanical seal damage are oil contamination by dirt particles and environmental influences such as high humidity and exposure to seawater vapor in the steering gear room, which accelerate corrosion on the rod and other components. This damage results in oil leakage through the mechanical seal gap, abnormal noise in the hydraulic system, and a significant decrease in working pressure of -25,86%. The operational impacts include the occurrence of steering gear failure alarms, decreased hydraulic efficiency of 25.87%, and the risk of system failure that could endanger ship maneuverability. This study recommends preventive maintenance through oil quality monitoring, environmental condition control in the steering gear room, and periodic mechanical seal replacement in accordance with operational standards to maintaining optimal steering system performance.

Keywords: *Mechanical Seal, Steering Gear, Hydraulics, Performance*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa oleh karena limpahan rahmat dan hidayah-nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan penulisan Karya Ilmiah Terapan ini dengan judul **“Pengaruh kerusakan *mechanical seal* hidraulik terhadap kinerja *steering gear* di kapal ahts logindo stamina”** dapat diselesaikan dengan baik.

Penelitian ini dibuat karena ketertarikan peneliti pada permasalahan yang sering dianggap tidak penting dan tidak dianggap sebagai masalah serius, padahal faktor yang sering diabaikan inilah yang sering menjadi salah satu faktor utama penyebab lambatnya realisasi performa yang baik suatu perusahaan.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian (*mix-method*) dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif yang di fokuskan pada pengumpulan sumber data dan penelitian. Penelitian ini telah melakukan pengumpulan data kemudian melakukan penelitian sehingga mendapat fakta komperhensif sesuai dengan tujuan penelitian.

Terselesainya skripsi ini tentunya tidak lepas dari dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar, kepada yang terhormat:

1. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberikan pembinaan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya.
2. Bapak Antonius Edy Kristiyono, M.Pd selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal dan selaku Pembimbing I, yang telah membantu serta membimbing dalam penulisan proposal ini.
3. Bapak Prima Yudha Yudianto, S.E., M.M selaku pembimbing II, yang telah memberikan masukan serta arahan tentang isi dari materi karya ilmiah terapan dalam penulisan proposal ini.
4. Bapak / Ibu dosen Politeknik Pelayaran Surabaya yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis khususnya Jurusan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal yang telah memberikan bekal ilmu sehingga saya dapat menyelesaikan proposal ini.
5. Bapak Siswanto dan Ibu Suwarni selaku kedua orang tua yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat, sehingga saya dapat menyelesaikan karya ilmiah terapan ini.
6. Seluruh crew AHTS Logindo Stamina yang telah membantu dan mendukung penelitian karya ilmiah terapan ini sampai selesai.
7. Pihak-pihak yang telah memberikan saran dan masukan, rekan-rekan terdekat yang membantu dalam penyelesaian proposal ini.

Semoga tuhan yang maha kuasa membalas semua kebaikan dan bantuannya kepada semua pihak yang terlibat dalam menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Penulis mengharapkan masukan masukan dari para pembaca yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini dan apabila ada hal yang tidak sesuai dan kurang berkenan ataupun ada pihak lain yang dirugikan, penulis mohon maaf sebesar besarnya. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat menambah wawasan serta manfaat bagi pembaca.

Surabaya,2024

Peneliti

WAHYU IBNU SEPTIAN
NIT.22363062040

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR.....	iv
PENGESAHAN PROPOSAL KARYA ILMIAH TERAPAN.....	v
PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Penelitian	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya	5
B. Landasan Teori	6
C. Kerangka Berfikir.....	17
BAB III METODE PENELITIAN	18
A. Jenis Penelitian.....	18

B. Lokasi dan Waktu Penelitian	18
C. Subjek Penelitian	19
D. Teknik Pengumpulan Data.....	24
E. Teknik Analisis Data	28
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	31
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	31
B. Hasil Penelitian	31
C. Pembahasan.....	40
BAB V PENUTUP	45
A. Kesimpulan	45
B. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya.....	6
Tabel 4. 1 Data Pengukuran Variabel Utama Sebelum Perbaikan.....	39
Tabel 4. 2 Data Pengukuran Variabel Utama Setelah Perbaikan.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bagian-Bagian <i>Mechanical Seal</i>	11
Gambar 2. 2 <i>Steering Gear Electrical</i>	14
Gambar 2. 3 <i>Steering Gear</i> Hidraulik	14
Gambar 2. 4 <i>Steering Gear Electro</i> Hidraulik.....	15
Gambar 2. 5 Pompa Hidraulik & Motor Penggerak.....	15
Gambar 2. 6 Sistem Hidraulik & <i>Tiller</i>	16
Gambar 2. 7 <i>Rudder Stock & Bearing</i>	16
Gambar 2. 8 <i>Oil Seal & Reservoir</i>	17
Gambar 2. 9 <i>Directional & Relief</i>	17
Gambar 4. 1 Kondisi Kerusakan <i>Mechanical Seal</i>	37
Gambar 4. 2 Pemasangan <i>Mechanical Seal</i> Pada Hidraulik <i>Steering Gear</i>	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Bagian-Bagian <i>Steering Gear</i>	49
Lampiran 2 Perbaikan <i>Steering Gear</i>	50
Lampiran 3 Wawancara dengan <i>crew</i> kapal.....	51
Lampiran 4 <i>Ship Particular</i>	54

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Perubahan teknologi menjadikan perilaku kehidupan manusia yang berhubungan dengan kehidupan selalu diperbaharui dan menyesuaikan dengan kondisi maupun keadaan. Dari sekian banyaknya ilmu teknologi di bidang perpindahan energi yang sudah ada, teknologi hidraulik merupakan salah satu energi yang mempunyai perkembangan cukup pesat, salah satunya dalam dunia pelayaran yang digunakan untuk mempermudah dalam pergerakan kapal. Pada masa lalu manusia menggerakkan benda berat dengan pemakaian sudu sudu air maupun secara manual menggunakan tenaga mereka, tetapi tiga atau empat dekade ini penggunaan energi *fluida* untuk menggerakkan dan mengontrol gerakan yang rumit dan kompleks terbukti paling pesat dan maju dalam perkembangannya.

Sistem hidraulik merupakan teknologi yang penting dalam berbagai industri dan aplikasi, yang memungkinkan untuk menggerakkan komponen-komponen mekanis dengan kekuatan, akurasi, dan efisiensi yang tinggi. Sistem ini merupakan suatu inovasi dalam pemindahan daya dengan memanfaatkan *fluida* cair/minyak hidraulik sebagai media penghantarnya untuk mendapatkan daya yang lebih besar dari daya awal yang dikeluarkan, dimana tekanan penghantar ini dinaikan tekanannya oleh pompa pembangkit tekanan yang kemudian diteruskan ke silinder kerja melalui suatu saluran pipa dan katup. Salah satu pemanfaatan energi hidraulik yang di aplikasikan dalam bidang

teknik mesin adalah dalam sistem gerak kapal. Dalam penggunaannya sistem hidraulik memerlukan pengecekan dan perawatan guna memastikan kondisi *steering gear* dalam keadaan baik, diantaranya adalah dengan melakukan pemeriksaan secara rutin. Salah satu komponen penting dalam sistem hidraulik adalah *mechanical seal*, yang berfungsi mencegah kebocoran oli dan menjaga tekanan tetap stabil. Kerusakan pada *mechanical seal* dapat menyebabkan penurunan tekanan, kebocoran internal, dan meningkatkan gesekan dalam sistem, sehingga efisiensi hidraulik menurun, sehingga berakibat pada terancamnya keamanan dan keselamatan awak kapal. Keselamatan dan keamanan menjadi faktor penting yang harus diperhatikan, sebagai dasar, dan tolak ukur bagi pengambilan keputusan dalam menentukan kelayakan pelayanan kepada masyarakat dan bidang transportasi laut (Gunarti & Sugiarto, 2019)

Dengan alasan tersebut maka penulis terdorong untuk membuat penelitian dan menyusun skripsi ini dengan judul sebagai berikut **“PENGARUH KERUSAKAN MECHANICAL SEAL TERHADAP KINERJA HIDRAULIK STEERING GEAR DI KAPAL AHTS LOGINDO STAMINA”**

B. Rumusan Masalah

Berkurangnya kinerja pada sistem kemudi di kapal sangatlah luas bahkan tidak terbatas. Salah satunya adalah pada kerusakan *mechanical seal* hidraulik yang sangat penting untuk menjaga kinerja *steering gear* agar tetap terjaga. Berdasarkan pernyataan di atas maka dapat disimpulkan pokok permasalahan agar skripsi ini tidak menyimpang serta memudahkan dalam mencari solusi

dalam permasalahannya. Adapun rumusan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Faktor utama apa yang menyebabkan rusaknya *mechanical seal* hidraulik pada *steering gear* kapal?
2. Apa dampak dari rusaknya *mechanical seal* hidraulik terhadap kinerja *steering gear* kapal?

C. Batasan Masalah

Penulis membatasi permasalahan yang ada agar lebih mendetail dalam pembahasannya. Berikut adalah batasan masalah yang dibuat penulis:

1. Batasan rumusan masalah ke-1
 - a. Penelitian dilakukan di kapal AHTS Logindo Stamina di daerah Matak, Anambas, Kepulauan Riau.
 - b. Penelitian hanya dilakukan pada *mechanical seal* hidraulik tipe *jastram twins s2-54-1-45*
 - c. Minyak pelumas yang dipakai hanya CASTROL HYP SIN AWH-M32
2. Batasan Rumusan masalah ke-2
 - a. Pengaruh yang dibahas pada system hidraulik *steering gear* tipe *jastram twins s2-54-1-45* menggunakan data pengambilan langsung, jadwal pengecekan dari PT Logindo Samudramakmur dan realita pengecekan dilakukan oleh *second engineer* sebagai penanggung jawab mesin *steering gear*.
 - b. Penelitian dilakukan mulai tanggal 07 Juli 2024 sampai 17 Juli 2025.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui faktor utama penyebab rusaknya *mechanical seal* hidraulik *steering gear* di kapal.
2. Untuk mengetahui dampak rusaknya *mechanical seal* hidraulik terhadap kinerja *steering gear* di kapal.

E. Manfaat Penelitian

Salah satu keuntungan yang dapat diperoleh dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat teoritis:
 - a. Memberikan manfaat untuk mengetahui pengaruh kerusakan *mechanical seal* hidraulik guna memperlancar kinerja *steering gear* di kapal.
 - b. Sebagai pengembangan keilmuan terkait menurunnya kinerja pada *steering gear* diatas kapal melalui salah satu komponen utamanya yaitu *mechanical seal*.

2. Manfaat Praktis :

Diharapkan penelitian ini mampu menjadi pedoman bagi masinis kapal maupun *cadet* kapal yang bekerja di kamar mesin kapal dalam menjaga bagian bagian penting (*mechanical seal*) guna mempertahankan kinerja hidraulik sehingga tidak ada penurunan kinerja pada *steering gear*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Dalam konteks penelitian ini, peneliti sebelumnya telah memberikan ilmu dan wawasan yang berharga mengenai pengaruh rusaknya *mechanical seal* hidraulik pada *steering gear* diatas kapal. Maka dari itu penting untuk mencermati temuan dan metodologi dari penelitian-penelitian sebelumnya yang telah ada dalam konteks ini. Berikut ini *literature review* dari penelitian terdahulu:

Tabel 2. 1 Review penelitian sebelumnya

No	Judul Penelitian	Penulis	Hasil Penelitian
1.	Analisis Kebocoran Minyak Hidraulik Steering Gear Lpg/C Gas Walio Terhadap Keselamatan Kapal Sesuai Hazop(Prasetyo & Achmad W.Lb, 2019)	Penelitian ini menunjukkan bahwa kerusakan <i>mechanical seal</i> pada hidraulik <i>steering gear</i> dipengaruhi oleh faktor pelumasan, kesalahan pemasangan, beban operasi yang tidak sesuai, dan kondisi lingkungan. Dampaknya berupa penurunan tekanan oli, peningkatan suhu, melambatnya respon kemudi, serta meningkatnya risiko gangguan operasional. Pemeliharaan preventif dan monitoring parameter operasional direkomendasikan untuk menjaga keandalan sistem.	Pada penelitian sebelumnya berfokus pada analisis kebocoran minyak hidraulik <i>steering gear</i> menggunakan metode Hazop dengan penekanan pada identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan pengendalian risiko terhadap keselamatan operasional kapal. Pendekatan tersebut lebih menitikberatkan aspek manajemen risiko dan dampaknya terhadap keselamatan kerja serta kelancaran olah gerak. Sedangkan pada penelitian ini lebih berorientasi pada analisis teknis mengenai faktor penyebab kerusakan <i>mechanical seal</i> dan dampaknya terhadap penurunan kinerja hidraulik, seperti berkurangnya tekanan oli, meningkatnya suhu, serta menurunnya efisiensi dan respon kemudi, dengan tujuan untuk meningkatkan keandalan dan efektivitas pemeliharaan sistem.

No	Judul Penelitian	Penulis	Hasil Penelitian
2.	Analisa Kerusakan Hydraulic <i>Steering</i> Studi Kasus <i>Wheel Loader Xg955h</i> Di Pt.Oscar Omega(Yulianto, 2020)	Dari data analisa terjadi kerusakan pada komponen <i>seal</i> , karena pada saat pemeriksaan secara visual terdapat oli yang keluar dari hidraulik <i>steering cylinder</i> .	Pada penelitian sebelumnya membahas tentang terjadinya kerusakan dalam <i>wheel loader</i> pada alat berat Sedangkan pada penelitian ini membahas tentang permasalahan kemudi hidraulik di kapal khususnya pada sistem hidraulik tipe <i>jastram twins s2-54-1-45</i> .
3.	Identifikasi Penyebab Tidak Optimalnya Kerja <i>Steering Gear</i> Di Mv. Oriental (Santoso, 2019)	Penyebab Tidak Optimalnya Kerja Dari <i>Steering Gear</i> Yaitu Turunnya Tekanan Hidraulik Karena Terdapat Kerusakan Pada Komponen- Komponen Sistem Hidrolik Yang Meliputi Pipa, Minyak Lumas, <i>Filter</i> , Pompa. Dampak Yang Ditimbulkan Dari Tidak Optimalnya Kerja Dari <i>Steering Gear</i> Adalah Olah Gerak Menjadi Terhambat, Pegerakan Daun Kemudi Menjadi Melambat.	Pada Penelitian Sebelumnya Peneliti Menggunakan Metode Penelitian Kualitatif Sedangkan Pada Penelitian Ini Menggunakan Metode Penelitian Campuran (<i>Mix- Metod</i>).

Sumber : Diolah penulis

B. Landasan Teori

1. Pengertian *Mechanical Seal*

Menurut Kasmar et al. (2016), *mechanical seal* adalah komponen yang berfungsi mencegah kebocoran oli hidraulik pada poros silinder, sehingga tekanan dalam sistem tetap stabil dan energi hidraulik dapat diteruskan secara optimal ke *actuator* kemudi. *Mechanical seal* merupakan suatu komponen yang sangatlah penting untuk diperhatikan pada sistem hidraulik seperti pada *steering gear* di kapal.

Menurut Toghraei (2019), *mechanical seal* adalah salah satu jenis segel yang digunakan dalam industri untuk mencegah kebocoran dari suatu sistem yang mengandung *fluida* (cairan), seperti pompa ataupun hidraulik. Fungsinya adalah untuk menjaga *fluida* supaya tidak keluar dari sistem dan pencegah dari masuknya bahan-bahan eksternal yang tidak diinginkan ke dalam sistem tersebut. *Mechanical seal* digunakan dalam berbagai aplikasi industri yang berhadapan dengan tekanan dan suhu tinggi serta berbagai jenis *fluida* seperti air, minyak, ataupun bahan kimia (Ziliwu et al., 2021).

Mechanical seal bekerja dengan menekan permukaan poros dan silinder agar *fluida* tetap berada didalam ruang kerja, sehingga gerakan silinder dapat menghasilkan gerak maju dan mundur batang *piston* secara efektif. *Mechanical seal* memiliki peran yang cukup penting dalam menjaga efisiensi operasi dari sistem hidraulik, termasuk menjaga kebocoran oli, mempertahankan tekanan, dan melindungi komponen dari gesekan berlebih.

Mechanical seal pada umumnya diklasifikasikan menjadi 5 bagian yaitu:

a. Berdasarkan jumlah permukaan *mechanical*

1) *Single mechanical seal* (*seal* tunggal)

Mechanical seal tunggal adalah sistem penyegelan yang menggunakan satu pasang permukaan gesek (*seal face*) yang terdiri dari *rotating ring* (bagian berputar mengikuti poros) dan *stationary ring* (bagian dalam). Kedua permukaan ini ditekan oleh pegas dan tekanan *fluida* sehingga akan terbentuk lapisan *film* tipis sebagai

media pelumasan sekaligus penghalang kebocoran.

Menurut (Bloch, 2019) *Single mechanical seal* merupakan desain paling umum karena konstruksinya sederhana dan biaya perawatan relative rendah, tetapi memiliki keterbatasan pada sistem bertekanan tinggi dan aplikasi krisis.

2) *Double mechanical seal* (*seal ganda*)

Double mechanical seal adalah jenis *mechanical seal* yang menggunakan dua pasang permukaan *seal* dalam satu sistem penyegelan. Dari antara kedua *seal* tersebut biasanya terdapat ruang yang diisi dengan *fluida buffer* (tekanan lebih rendah dari tekanan *fluida* proses) atau *barrier* (tekanan lebih tinggi dari tekanan *fluida* proses) untuk membantu pendinginan dan pelumasan.

Menurut Bloch & Budris (2021), dijelaskan bahwa *double mechanical seal* dirancang untuk meningkatkan reability dan operasional *safety*, khususnya pada sistem bertekanan tinggi atau *fluida* berbahaya. *Mechanical seal* kedua berfungsi sebagai proteksi tambahan apabila *mechanical seal* utama mengalami kegagalan, sehingga mengurangi resiko kebocoran eksternal dan kerusakan sistem.

Mechanical seal pertama berfungsi sebagai penyekat utama dari tekanan *fluida* sistem, sedangkan *seal* kedua bertindak sebagai cadangan apabila *seal* pertama mengalami kegagalan. Dengan sistem ganda ini, resiko kebocoran berat dapat diminimalisir.

b. Berdasarkan metode keseimbangan tekanan (*balance design*)

1) *Balanced mechanical seal*

Menurut John (2015), menjelaskan bahwa *balanced seal* dibuat dengan memperkecil luas efektif pada bagian yang *terkena* tekanan *fluida*, sehingga gaya tekan pada *seal face* berkurang. Desain ini memungkinkan *mechanical seal* bekerja lebih stabil pada tekanan tinggi dan memperpanjang umur pakai.

2) *Unbalance mechanical seal*

Menurut Mitchell (2012), menjelaskan bahwa *unbalance seal* lebih ekonomis dan konstruksinya lebih sederhana, tetapi tidak direkomendasikan untuk tekanan tinggi karena peningkatan beban kontak mempercepat keausan *seal face*.

c. Berdasarkan konstruksi/desain pemasangan

1) *Inside mounted mechanical seal*

Menurut Bloch (2019), *inside mounted seal* adalah *seal* yang dipasang dengan komponen *rotary* dan *face* berada di dalam *stuffing box* sehingga tekanan *fluida* proses membantu menjaga kontak permukaan *seal*.

2) *Outside mounted mechanical seal*

Menurut John (2015), *external mounter seal* dirancang untuk aplikasi tekanan rendah hingga menengah dan sering digunakan pada sistem dengan risiko kontaminasi internal yang harus diminimkan.

3) *Catridge mechanical seal*

Menurut Bloch (2019), *catridge mechanical seal* adalah unit *seal* yang telah dirakit dan disetel di pabrik (termasuk *sleeve, gland plate, seal face*, dan *setting dimension*), sehingga saat pemasangan di lapangan tidak memerlukan pengaturan ulang panjang kerja (*axial setting*).

d. Sistem pendukung fluida

1) *Flush system* (sistem pembilasan)

Menurut Bloch (2019), *Flush system* adalah sistem yang menggunakan fluida proses itu sendiri untuk melumasi dan mendinginkan *seal face* melalui sirkulasi internal atau eksternal.

2) *Buffer fluid system* (fluida penyangga)

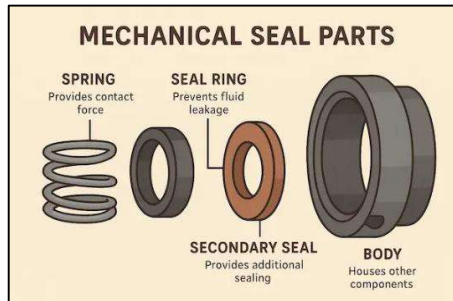
Menurut Bloch & Budris (2021), *buffer fluid system* digunakan pada *double seal tipe tandem*, dimana *fluida* penyangga berada pada tekanan lebih rendah daripada *fluida* proses.

3) *Barrier fluid system* (fluida penghalang)

Menurut Bloch (2019), menyatakan bahwa sistem ini memberikan perlindungan maksimal terhadap kebocoran dan direkomendasikan untuk *fluida* berbahaya atau beracun.

2. Bagian-bagian *Mechanical Seal*

Menurut menjelaskan bahwa secara umum bagian-bagian *mechanical seal* dibagi menjadi 4 yaitu:



Gambar 2.1 Bagian-bagian *mechanical seal*

Sumber : <https://www.qmseals.com>

a. *Primary deal faces (rotary dan stationary face)*

Merupakan dua permukaan presisi tinggi yang saling bersentuhan dan memiliki fungsi utama sebagai pencegah kebocoran.

b. *Secondary sealing elements (elementer/o-ring)*

Berfungsi untuk penyekat tambahan sebagai pencegah kebocoran pada bagian statis dan dinamis antara *shaft* dan *housing*.

c. *Spring loading mechanism*

Merupakan sistem pegas yang memberikan tekanan aksial konstan agar kedua *seal face* tetap rapat meskipun terjadi fluktuasi tekanan, getaran, maupun perubahan suhu.

d. *Metal hardware (gland plate, retainer, drive collar)*

Berfungsi sebagai logam yang menjaga posisi, kestabilan, dan transmisi putaran dari poros ke *seal*.

3. Kerusakan *mechanical seal*

Menurut Sularso & Suga (2018), kerusakan pada elemen penyekat (*seal*) umumnya disebabkan oleh keausan akibat gesekan, tekanan berlebih, serta *temperature* kerja yang melampaui batas kemampuan material. Gesekan yang terus-menerus pada kondisi pelumasan yang kurang baik akan mempercepat degradasi *elastomer seal*. Kerusakan pada *mechanical*

seal sangat berpengaruh terhadap kinerja *steering gear* dalam olah gerak kapal.

Menurut Handoko (2021), dalam kajian mengenai perawatan sistem hidraulik kapal, penyebab utama kerusakan *mechanical seal* adalah:

- a. Kontaminasi oli hidraulik oleh pertikel logam atau kotoran.
- b. *Overpressure* akibat kerja pompa yang melebihi batas kapasitas mesin.
- c. Umur pakai (*running hours*) yang telah melewati batas rekomendasi.
- d. Kesalahan pemasangan yang menyebabkan *misalignment*.

4. Pengertian *Steering gear*

Menurut Wicaksono (2014), *steering gear* merupakan salah satu peralatan penting di atas kapal yang berfungsi untuk menggerakkan daun kemudi ke kanan (*starboard side*) dan ke kiri (*port side*) pada sistem kemudi kapal. *Steering gear* sendiri dapat bekerja ketika kapal sedang bergerak.

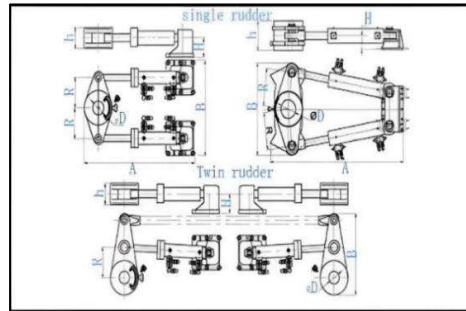
Sistem kemudi mencakup semua bagian alat alat yang diperlukan dalam mengemudikan kapal, mulai dari kemudi, poros, dan instalasi penggerak sampai kemudinya sendiri. Instalasi penggerak kemudi terletak pada ruang mesin kemudi geladak utama dan peralatan dalam mengatur gerak kemudi yang berada dalam ruang kemudi atau ruang navigasi. Menurut Smith (1984), *steering gear* dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu:

a. *Steering gear elektrikal*

Pada umumnya sistem kemudi jenis ini memiliki dua rangkaian utama yaitu:

- 1) Rangkaian pembangkit tenaga untuk menggerakkan daun kemudi.

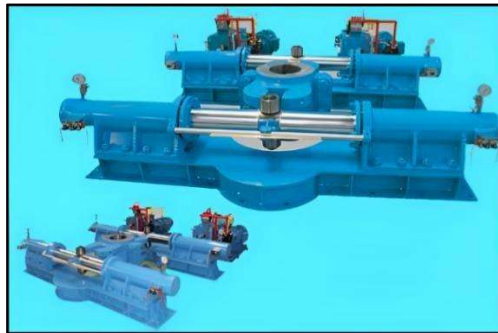
- 2) Rangkaian pengendali yang mengatur operasi rangkaian pembangkit tenaga.



Gambar 2.2 *Steering gear electrical*
Sumber : (Ependi, 2016)

b. *Steering gear hidraulik*

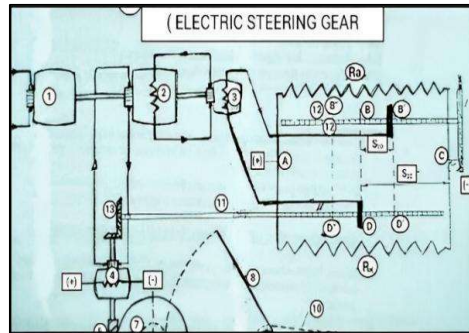
Gerakan dari peralatan *transmitter* menyebabkan minyak hidraulik pada pipa penghubung ditekan dan diteruskan ke *cylinder receiver* di ruang mesin kemudi, menggerakkan daun kemudi sesuai instruksi dari anjungan.



Gambar 2.3 *Steering gear hidraulik*
Sumber : (Goenawan, 2003)

c. *Steering gear electro hidraulik*

Biasanya menggunakan dua motor dengan satu set pompa. Namun tidak jarang kapal dengan menggunakan dua pompa hidraulik, sehingga dari kerja sistem kemudi menjadi dua kali lipat lebih cepat reaksinya.



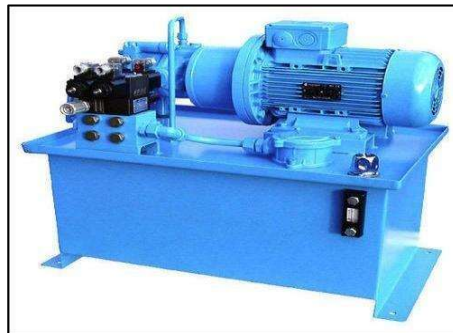
Gambar 2.4 *Steering gear electro* hidraulik
Sumber : (Ependi, 2016)

5. Bagian-bagian *Steering gear*

Steering gear memiliki komponen utama dan komponen bantu dalam pengoperasiannya, komponen-komponen tersebut meliputi:

a. Pompa hidraulik & motor penggerak

Pompa hidraulik biasanya berjenis pompa *piston* aksial yang berfungsi untuk menaikkan tekanan oli dengan tekanan normal antara (100 -110 psi). Pompa dan motor digerakan secara bersama untuk mengalirkan oli yang bertekanan ke dalam silinder.



Gambar 2.5 Pompa Hidraulik & Motor Penggerak
Sumber : <https://cpimg.tistatic.com>

b. Silinder Hidraulik & *Tiller*

Silinder hidraulik berfungsi sebagai unit *actuator* yang mengubah energi *fluida* menjadi energi mekanis untuk mendorong *tiller*. Mekanisme ini sangat penting dalam mentransfer gaya dorong secara

presisi guna menggerakkan posisi daun kemudi hingga mencapai akurasi sudut maximal 35 derajat. Ketepatan ini merupakan standart utama guna memastikan kapal memiliki daya manuver yang optimal dan responsif, terutama saat melakukan olah gerak kapal di daerah pelayaran yang sempit ataupun proses sandar yang sesuai dengan prosedur keselamatan navigasi.



Gambar 2.6 Sistem Hidraulik & Tiller
Sumber : <https://www.sbmar.com>

c. *Rudder Stock & Bearing*

Rudder stock merupakan poros dari engkol kemudi yang didukung dengan *bearing* agar menghasilkan pergerakan yang halus.



Gambar 2.7 *Rudder Stock & Bearing*
Sumber : <https://radarlambar.bacakoran.co>

d. *Sea oil & Reservoir*

Mechanical seal menjaga oli tetap dalam sistem dan mencegah masuknya air. Jika *seal* mengalami keausan, maka akan terjadi kebocoran oli, tekanan menurun, serta volume oli menurun. Sedangkan

reservoir berfungsi sebagai tempat penyimpanan oli sebelum disirkulasikan kembali ke dalam sistem. Selain itu, *reservoir* dilengkapi dengan *filter* untuk menyaring kotoran serta *alarm level* oli rendah yang berfungsi sebagai sistem peringatan dini untuk mendeteksi kebocoran atau kekurangan oli pada tahap awal.



Gambar 2.8 *Oil Seal & Reservoir*
Sumber : <https://sumantry.id>

e. Katup Kontrol (*Directional & Relief*)

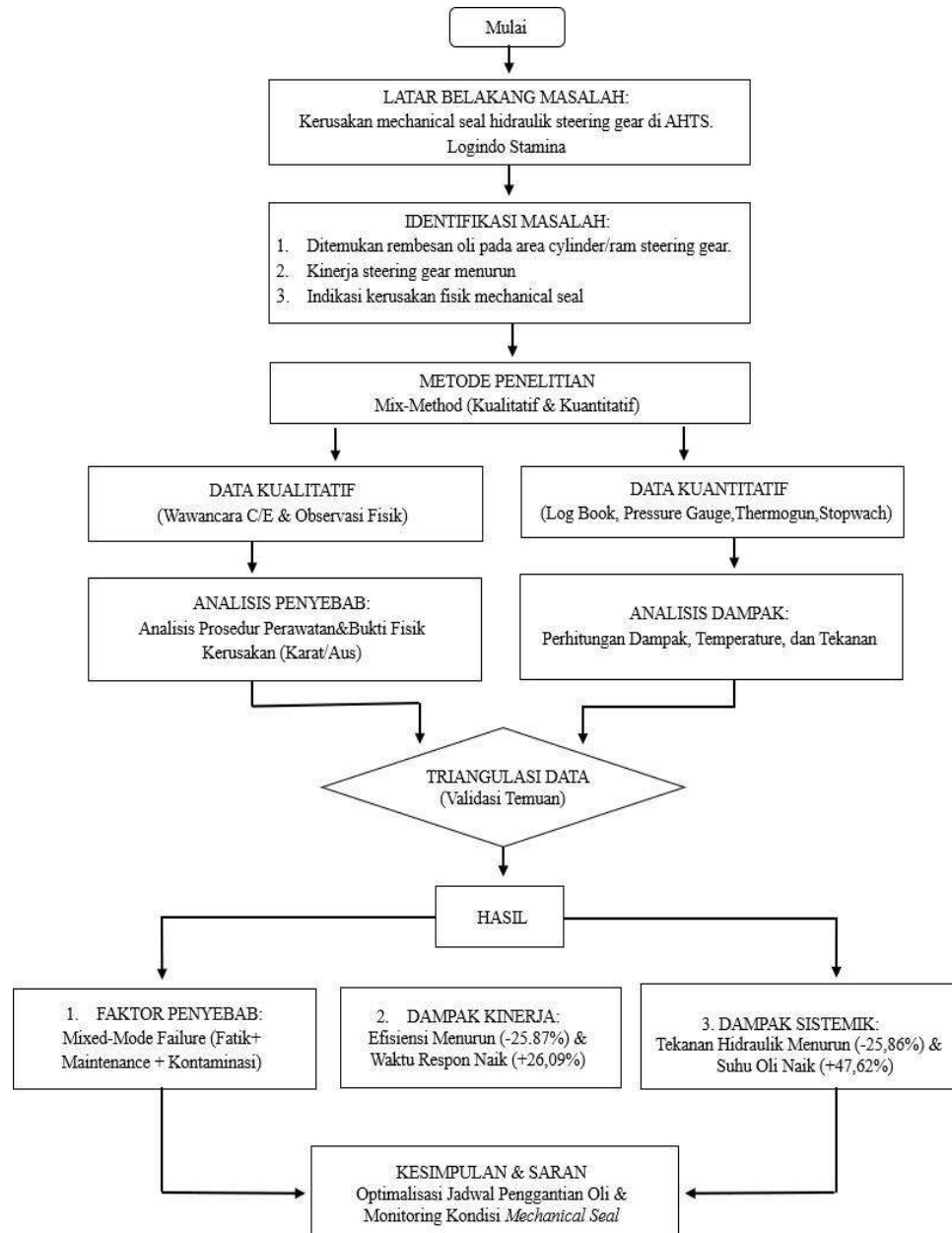
Katup *directional* berfungsi untuk mengatur aliran oli ke silinder *port* atau *starboard* sesuai perintah sedangkan *Relief valve* berfungsi untuk mencegah terjadinya tekanan berlebih untuk mengurangi kerusakan pada komponen.



Gambar 2.9 *Directional & Relief*
Sumber : <https://wma.co.id>

C. Kerangka Berfikir

Menurut Syahputri et al. (2023), kerangka berpikir atau juga disebut sebagai kerangka konseptual merupakan model konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang telah diidentifikasi sebagai masalah yang penting, berikut adalah kerangka berfikirnya:



Gambar 2.9 Kerangka Pikir Penelitian

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Metode penelitian merupakan serangkaian kegiatan dalam mencari kebenaran suatu studi penelitian, yang diawali dengan suatu pemikiran yang membentuk rumusan masalah sehingga menimbulkan hipotesis awal, dengan dibantu dan persepsi penelitian terdahulu, sehingga penelitian bisa diolah dan dianalisis (Sahir, 2021).

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kualitatif digunakan dalam kerangka utama untuk menjawab rumusan masalah yang bersifat eksploratif dan analitis, yaitu mengidentifikasi faktor-faktor penyebab dan mendeskripsikan dampak-dampak operasional (Sugiyono, 2018).

Sedangkan pendekatan kuantitatif digunakan sebagai metode pendukung untuk menghitung dan menganalisis secara koperatif dari penurunan kinerja *steering gear* pada parameter terukur. Penggunaan data rasio dan statistik deskriptif sederhana ini sangat relevan untuk memperkuat kesimpulan deskriptif yang dihasilkan dari analisis kuantitatif (Miles et al., 2014).

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Menurut Siyoto & Sodik (2019), lokasi penelitian merupakan tempat berlangsungnya kegiatan penelitian yang menjadi sumber data dan informasi

untuk menjawab permasalahan penelitian. Penelitian dilakukan secara langsung di atas kapal AHTS Logindo Stamina di laut Cina Selatan. Pemilihan lokasi ini bersifat mutlak karena objek penelitian merupakan komponen permesinan yang terintegrasi dan beroperasi dalam lingkungan kerja yang sesungguhnya. Pelaksanaan penelitian pada lokasi ini untuk memastikan bahwa data yang diperoleh memiliki validitas kontekstual yang tinggi, karena mencerminkan kondisi operasional yang nyata dihadapi oleh sistem.

2. Waktu Penelitian

Menurut waktu penelitian merupakan jangka waktu yang dibutuhkan dalam proses penelitian mulai dari tahap perencanaan hingga pelaporan hasil penelitian. Penelitian akan dilaksanakan ketika peneliti melaksanakan praktek laut di atas kapal selama kurang lebih 1 tahun. Proses pengumpulan data dilaksanakan pada saat praktek laut dalam rentang waktu dari 07 Juli 2024 sampai tanggal 21 Juli 2025

C. Subjek Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mix-method* dengan memanfaatkan data primer dan data sekunder.

1. Subjek Penelitian

Objek utama penelitian ini adalah satu unit *Steering gear* di kapal AHTS Logindo Stamina. Pemilihan subjek ini sangat krusial karena hidraulik tersebut menunjukkan gejala kerusakan yang signifikan dan berpotensi mengganggu kinerja dari sistem kemudi kapal secara

keseluruhan. Informasi kunci dalam penelitian ini adalah perwira bagian mesin, khususnya *second engineer* yang memberikan keterangan kualitatif mendalam mengenai riwayat operasional dan prosedur dalam perbaikan yang telah dilakukan.

2. Data Primer

Data primer adalah data yang dikumpulkan langsung oleh peneliti dari sumber utama. Data ini digunakan eksklusif oleh peneliti yang mengumpulkannya dan tidak dipublikasikan, sehingga tidak dapat digunakan oleh peneliti lain yang memiliki tujuan penelitian berbeda. Meskipun data ini mungkin diperoleh dari suatu perusahaan, hanya peneliti yang bersangkutan yang dapat memanfaatkannya (Syahza, 2021).

Data primer dibagi menjadi dua kategori utama, yakni data kualitatif dan data kuantitatif pendukung.

a. Data Kualitatif

Data kualitatif ini merupakan sumber utama untuk menganalisis faktor-faktor penyebab dan dampak-dampak operasional. Pengumpulan data kualitatif melalui dua periode utama yaitu:

1) Observasi partisipatif

Observasi partisipatif dilakukan secara langsung pada saat peneliti terlibat langsung di ruang mesin selama praktik laut untuk mencatat kegiatan pemeliharaan dan kondisi fisik komponen secara realistis. Pengamatan ini meliputi kondisi lingkungan operasional, gejala kerusakan dan prosedur perbaikan. Data observasi memberikan bukti visual dan kontekstual yang esensial untuk

memvalidasi temuan dari wawancara (Sugiyono, 2018).

2) Wawancara mendalam

Menurut Gunawan (2019), wawancara mendalam adalah proses interaksi komunikasi antara peneliti dan informan untuk memperoleh data secara komprehensif mengenai fenomena yang diteliti, dengan menggunakan penekanan pada eksplorasi makna serta pengalaman informan. Wawancara mendalam ini dilakukan kepada informan utama, yaitu *second engineer* kapal, untuk mendapatkan informasi naratif yang terperinci dan terstruktur. Wawancara ini bertujuan untuk memahami perspektif awak kapal tentang prosedur pemeliharaan yang telah diterapkan, identifikasi kegagalan dan dampak operasional yang dirasakan di ruang mesin. Pelaksanaan wawancara menggunakan pedoman yang terstruktur untuk menjamin fokus pada faktor dan dampak kerusakan.

b. Data kuantitatif pendukung (Pengukuran)

Data kualitatif ini adalah sumber utama untuk menganalisis faktor penyebab dan dampak operasional, pengumpulan data kuantitatif dilakukan melalui dua metode utama yaitu:

1) Tekanan oli hidrolik (*Pressure*)

Tekanan minyak hidrolik merupakan gaya per satuan luas yang dihasilkan oleh pompa hidrolik pada *fluida* kerja. Tekanan ini dinyatakan dalam satuan Bar yang diukur untuk membandingkan tekanan minyak hidrolik sebelum dan sesudah kerusakan hidrolik. Nilai ini menurun secara signifikan saat hidrolik mengalami

masalah.

2) Temperature minyak hidrolik

Temperature minyak hidrolik merupakan suhu kerja *fluida* hidrolik saat sistem beroperasi. Suhu ini menunjukkan seberapa efektif sistem hidrolik mengalirkan energi dan membuang panas dari gesekan energi dan membuang panas dari gesekan silinder dan saluran oli dalam satuan *celcius* (C)

3) Waktu gerak daun kemudi (*Rudder movement time*)

Waktu gerak daun kemudi didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan *sistem steering gear* untuk menggerakkan daun kemudi dari sudut ke sudut tertentu sesuai perintah pengemudi. Variabel ini berfungsi sebagai indikator efektifitas kinerja sistem hidrolik *steering gear*, dimana semakin lama waktu pergerakan kemudi menunjukkan menurunnya kemampuan sistem dalam menghasilkan tenaga penggerak yang optimal. Satuan yang digunakan adalah detik (s), dengan waktu kerja normal. Berdasarkan (*International Maritime Organization, 2020*) dimana kemampuan *steering gear* memutar daun kemudi dari 35° ke 30° maksimal 28 detik.

4) Efisiensi hidrolik

Didefinisikan secara teoritis sebagai perbandingan antara daya keluaran mekanik yang diterima *actuator (rudder/kemudi)* dengan daya input hidrolik dari pompa. *Mechanical seal* yang aus bisa mengurangi tekanan efektif dan berpengaruh pada menurunnya efisiensi hidrolik.

5) Kondisi fisik Komponen (*Component physical condition*)

Didefinisikan sebagai perubahan dimensi atau degradasi pada suatu material pada komponen hidraulik yang diukur secara kuantitatif. Parameter utama yang diukur adalah celah antara elemen pipa hidraulik. Peningkatan celah di luar batas toleransi pabrikan adalah bukti fisik definitif dari keausan dan menjadi penyebab utama penurunan kinerja mekanis. Satuan yang digunakan adalah milimeter (mm).

2. Data Sekunder

Menurut John W & David (2018), data sekunder merupakan data yang telah dikumpulkan oleh pihak lain dan digunakan kembali oleh peneliti dengan tujuan analisis tambahan atau pendukung penelitian. Data sekunder didapat dari informasi yang sudah ada dan terdokumentasi yang berguna untuk melengkapi serta memvalidasi data primer kualitatif maupun kuantitatif.

a. *Engine log book*

Dokumen ini merupakan catatan legal dan faktual dari semua aktivitas dan parameter operasional mesin. Data ini menyajikan catatan jam kerja operasional mesin dan parameter operasional historis, sehingga memiliki tingkat keandalan yang sangat tinggi. *Log book* menjadi sumber utama pencatatan waktu operasional hingga mencapai kondisi kerusakan.

b. *Manual book steering gear*

Manual book steering gear atau spesifikasi teknis dari pabrikan

digunakan untuk basis acuan dalam kondisi normal atau standar operasional. Dokumen ini sangat vital, khususnya untuk menetapkan nilai acuan awal (kondisi normal) dari variabel seperti tekanan, kondisi dan efisiensi teoritis.

c. Dokumentasi visual

Menurut Saldana (2021), menyatakan bahwa materi visual seperti foto, gambar, dan rekaman video termasuk kedalam data kualitatif yang dapat dianalisis untuk memahami konteks, situasi, dan makna dalam penelitian. Dokumentasi visual meliputi foto dokumentasi yang diambil selama observasi sampai proses perbaikan, termasuk gambar bagian yang rusak dan pemasangan komponen baru. Foto ini menjadi bukti fisik kerusakan, seperti tanda kerusakan pada bagian *mechanical seal*, dan mendukung analisis kualitatif.

D. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara sistematis dengan prosedur teknis yang spesifik untuk setiap variabel guna menjamin akurasi dan keandalan data. Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan teknik triangulasi data untuk menjamin validasi temuan (Sugiyono, 2018). Teknik yang digunakan terbagi menjadi metode kualitatif dan metode kuantitatif.

1. Metode Kualitatif

a. Observasi partisipatif

Observasi partisipatif dilakukan secara langsung pada saat peneliti terlibat langsung di ruang mesin selama praktik laut untuk mencatat

kegiatan pemeliharaan dan kondisi fisik komponen secara realistis. Pengamatan ini meliputi kondisi lingkungan operasional, gejala kerusakan dan prosedur perbaikan. Data observasi memberikan bukti visual dan kontekstual yang esensial untuk memvalidasi temuan dari wawancara (Sugiyono, 2018).

b. Wawancara mendalam

Wawancara mendalam ini dilakukan kepada informan utama, yaitu *second engineer* kapal, untuk mendapatkan informasi naratif yang terperinci dan terstruktur. Wawancara ini bertujuan untuk memahami perspektif awak kapal tentang prosedur pemeliharaan yang telah diterapkan, identifikasi kegagalan dan dampak operasional yang dirasakan di ruang mesin. Pelaksanaan wawancara menggunakan pedoman yang terstruktur untuk menjamin fokus pada faktor dan dampak kerusakan.

c. Dokumentasi

Dokumentasi merupakan teknik pengumpulan data sekunder yang penting untuk memperoleh informasi historis dan faktual dari dokumen resmi kapal (Sugiyono, 2018).

2. Metode Kuantitatif

a. Pengukuran tekanan oli hidrolik (*Pressure*)

Data tekanan oli hidrolik dikumpulkan dengan melakukan pembacaan langsung pada instrumen *pressure gauge* yang terpasang pada jalur pipa hidrolik. Pembacaan ini dilakukan pada saat hidrolik beroperasi untuk memitigasi fluktuasi sesaat. Satuan yang digunakan

dalam pengukuran ini adalah Bar, yang merupakan satuan standar untuk tekanan operasional hidraulik *steering gear*.

b. Pengukuran *temperature* oli hidraulik

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan *thermogun* non-kontak. Pengukuran ini dilakukan dengan mengarahkan perangkat ke titik referensi yang sama pada hidraulik di setiap sesi pengukuran. Penggunaan *thermogun* memungkinkan pengukuran yang aman dan cepat pada permukaan yang bersuhu tinggi. Satuan yang dicatat adalah *derajat celcius (°C)*.

c. Pencatatan waktu gerak daun kemudi (*Rudder movement time*)

Waktu gerak daun kemudi didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan sistem *steering gear* untuk menggerakkan daun kemudi dari sudut ke sudut tertentu sesuai perintah pengemudi. Variabel ini berfungsi sebagai indikator efektifitas kinerja sistem hidraulik *steering gear*, dimana semakin lama waktu pergerakan kemudi menunjukkan menurunnya kemampuan sistem dalam menghasilkan tenaga penggerak yang optimal.

d. Pencatatan *running hours*

Data ini diperoleh melalui teknik studi dokumentasi, yaitu dengan menyalin catatan kerja jam operasional hidraulik *steering gear* dari *enginee log book* resmi kapal. Dokumen ini merupakan catatan faktual dan legal dari semua aktivitas dan parameter operasional, sehingga memiliki tingkat keandalan yang sangat tinggi.

e. Perhitungan efisiensi hidraulik

Efisiensi hidraulik merupakan variabel turunan yang dihitung, bukan diukur secara langsung. Data efisiensi yang disajikan diasumsikan diperoleh dari sistem monitoring kerja kapal serta diestimasi menggunakan rumus:

$$\eta(\%) = \frac{P_{hidrolik}}{P_{input}} \times 100\% = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{P_{input}} \times 100\%$$

η : Efisiensi Pompa / *Pump Efficiency* (%)

P hidrolik : Daya Hidrolik / *Hydraulic Power* (kW)

P input : Daya Masukan / *Input Power* (kW)

ρ : Massa Jenis Fluida / *Fluid Density* (kg/m³)

g : Percepatan Gravitasi / *Gravitational Acceleration* (m/s²)

Q : Debit Aliran / *Flow Rate atau Capacity* (m³/s)

H : *Head* Total (m)

f. Pengukuran Kondisi Fisik Komponen

Didefinisikan sebagai perubahan dimensi atau degradasi pada suatu material pada komponen hidraulik yang diukur secara kuantitatif. Parameter utama yang diukur adalah celah antara elemen pipa hidraulik. Peningkatan celah di luar batas toleransi pabrikan adalah bukti fisik dari keausan dan menjadi penyebab utama penurunan kinerja mekanis. Satuan yang digunakan adalah milimeter (mm).

E. Teknik Analisis Data

Menurut Moleong (2018), Analisis data adalah proses mengorganisasikan dan mengurutkan data ke dalam pola, kategori, dan satuan uraian dasar sehingga dapat ditemukan tema dan dirumuskan hipotesis kerja. Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua tahapan utama yaitu kualitatif dan kuantitatif sederhana. Analisis ini dirancang secara sistematis untuk menginterpretasikan informasi yang telah dikumpulkan untuk menjawab kedua rumusan masalah.

1. Analisis Data Kualitatif (Faktor dan Dampak)

Analisis kualitatif bertujuan untuk menginterpretasikan data naratif yang diperoleh dari wawancara dan observasi untuk menjawab rumusan masalah pertama. Prosedur ini mengadopsi model interaktif yang terdiri dari tiga alur kegiatan yang terjadi secara simultan.

a. Reduksi data (*Data reduction*)

Menurut Sugiyono (2018), reduksi data merupakan proses pemilihan, pemusatan perhatian, penyederhanaan, dan pengabstrakan data mentah yang diperoleh dari transkrip wawancara, catatan observasi, dan dokumentasi. Data yang tidak relevan dengan tema kerusakan (kontaminasi air laut atau keterlambatan penggantian pelumas) akan dieliminasi atau dikategorikan. Proses ini bertujuan untuk mengelompokkan temuan lapangan menjadi tema-tema sebagai penyebab utama yang terstruktur.

b. Penyajian data (*Data display*)

Menurut Gunawan (2019), penyajian data dalam penelitian

kualitatif dilakukan dalam bentuk deskripsi naratif, table, dan visualisasi data yang digunakan untuk membantu peneliti dalam proses penarikan kesimpulan. Data yang telah direduksi kemudian disajikan dalam bentuk narasi deskriptif yang sistematis. Penyajian ini diperkuat dengan bukti-bukti naratif (kutipan wawancara dari *second engineer*) dan visual (berupa foto komponen yang rusak) dari hasil observasi.

c. Penarikan kesimpulan (*Consulsion drawing/verification*)

Menurut Sugiyono (2019), penarikan kesimpulan adalah proses menyimpulkan hasil penelitian dari data yang telah dianalisis, sehingga dapat menjawab rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian secara sistematis

2. Analisis Data Kuantitatif Sederhana (Efisiensi kerja)

Analisis kuantitatif bertujuan untuk mengukur secara numerik pengaruh kerusakan *mechanical seal* terhadap kinerja hidraulik dan memvalidasi temuan kualitatif.

a. Perhitungan Efisiensi Hidraulik

Menurut Volk (2013), efisiensi hidraulik (η) adalah variabel komparatif yang dihitung untuk mengukur kerugian daya. Analisis ini menggunakan rumus dasar efisiensi hidraulik, yang membandingkan antara daya hidraulik (output) dengan daya masukan (input).

$$\eta\% = \frac{P_{hidrolik}}{P_{input}} \times 100\%$$

b. Analisis komparatif (Gap Analysis / Presentase Perubahan)

Menurut Volk (2013), analisis komparatif adalah penelitian yang bersifat membandingkan keberadaan satu variabel atau lebih pada dua

sampel yang berbeda atau pada waktu yang berbeda. Analisis ini bertujuan untuk mengkuantifikasi seberapa besar penyimpangan kinerja *steering gear* pada periode kerusakan terhadap kondisi normal. Penggunaan analisis presentase perubahan dalam data teknis adalah prosedur standar untuk mengukur deviasi kinerja permesinan.

$$\text{Perubahan (\%)} = \frac{(\text{Nilai Rusak} - \text{Saat Normal})}{\text{Saat Normal}} \times 100\%$$

c. Komparasi Validasi Tiga Periode

Menurut (Semiawan, 2019) Validasi sebelum penelitian menekankan pada kesiapan desain dan instrument. Selama dalam penelitian, peneliti harus menjaga objektivitas, serta melakukan pengecekan silang data. Setelah penelitian, dilakukan evaluasi menyeluruh terhadap hasil serta interpretasi agar sesuai dengan fakta empiris. Tahapan ini merupakan pengujian akhir karena data dari analisis komperatif diolah lebih lanjut dengan membandingkan tiga periode data (kondisi normal, periode kerusakan dan pasca perbaikan). Komparasi ini memvalidasi hipotesis bahwa jika parameter kinerja kembali ke nilai normal setelah komponen diganti maka kerusakan *seal* hidraulik secara kuantitatif terbukti merupakan *root cause* penurunan kinerja.