

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**PENGARUH KEBOCORAN MINYAK HIDRAULIK
TERHADAP KERJA *STEERING GEAR* DENGAN
METODE FMEA DI KAPAL MT. SC GOLD OCEAN**



AZMI DAVIED SYAHPUTRA
NIT. 22.36.306.3.005

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 KEBOCORAN MINYAK HIDRAULIK
TERHADAP KERJA *STEERING GEAR* DENGAN
METODE FMEA DI KAPAL MT. SC GOLD OCEAN**



AZMI DAVIED SYAHPUTRA
NIT. 22.36.306.3.005

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 : AZMI DAVIED SYAHPUTRA

Nomor Induk Taruna : 22 36 306 3 005

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

**"PENGARUH KEBOCORAN MINYAK HIDRAULIK
TERHADAP KINERJA *STEERING GEAR* DENGAN
METODE FMEA DI KAPAL MT. SC GOLD OCEAN"**

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya sendiri menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

SURABAYA, 26 Juni...2026



AZMI DAVIED SYAHPUTRA
NIT. 22.36.306.3.005

ABSTRAK

AZMI DAVIED SYAH PUTRA, “Pengaruh Kebocoran Minyak Hidraulik Terhadap Kerja *Steering gear* Dengan Metode FMEA Di Kapal MT. SC Gold Ocean “. Dibimbing oleh bapak Dirhamsyah, S.E., M.Pd. dan Ibu Dr. Indah Ayu Johanda Putri, S.E., M.Ak.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh kebocoran minyak hidraulik terhadap kinerja sistem *steering gear*, dengan menggunakan Metode Analisis Mode dan Efek Kegagalan (FMEA). Kebocoran minyak hidrolik dapat menjadi faktor yang signifikan dalam menurunkan efisiensi dan efisiensi sistem *steering gear* pada kendaraan bermotor. Penelitian ini mengambil pendekatan kuantitatif dengan mengumpulkan data dari sejumlah unit *steering gear* yang mengalami kebocoran minyak hidrolik. Data kemudian dianalisis menggunakan Metode FMEA untuk mengidentifikasi potensi modus kegagalan, dampaknya, serta langkah-langkah perbaikan yang dapat diambil. Metode FMEA memungkinkan untuk pengkajian menyeluruh terhadap kemungkinan kegagalan dan konsekuensinya terhadap sistem *steering gear*. Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih dalam tentang dampak kebocoran minyak hidrolik pada kinerja *steering gear*, serta mengidentifikasi langkah-langkah preventif atau korektif yang tepat untuk meningkatkan sistem transmisi. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi pengembangan di atas kapal, dengan menyoroti pentingnya pemeliharaan dan perbaikan yang tepat terhadap sistem *steering gear* guna meminimalkan risiko kebocoran minyak hidrolik.

Kata Kunci : Kebocoran Minyak Hidraulik, Penggerak Kemudi, Metode Analisis Mode Dan Efek Kegagalan (FMEA)

ABSTRACT

AZMI DAVIED SYAH PUTRA, "The Effect of Hydraulic Oil Leaks on Steering gear Work Using the FMEA Method in MT. SC Gold Ocean Ship" Supervised by Mr. Dirhamsyah, S.E., M.Pd. and Mrs. Dr. Indah Ayu Johanda Putri, S.E., M.Ak.

This research aims to investigate the effect of hydraulic oil leaks on the performance of the steering gear system, using the Failure Mode and Effect Analysis Method (FMEA). Hydraulic oil leaks can be a significant factor in reducing the efficiency and effectiveness of steering gear systems in motor vehicles. This research takes a quantitative approach by collecting data from a number of steering gear units that experienced hydraulic oil leaks. The data is then analyzed using the FMEA method to identify potential failure modes, their impacts, and corrective steps that can be taken. The FMEA method allows for a thorough assessment of possible failures and their consequences for the steering gear system. It is hoped that the results of this analysis will provide deeper insight into the impact of hydraulic oil leaks on steering gear performance, as well as identify appropriate preventive or corrective steps to improve the transmission system. It is hoped that the results of this research can make a significant contribution to shipboard development, by highlighting the importance of proper maintenance and repair of the steering gear system to minimize the risk of hydraulic oil leaks.

Keywords : *Hydraulic Oil Leakage, Steering gear, Failure Mode and Effect Analysis Method (FMEA)*

KATA PENGANTAR

Dengan rasa syukur dan ucapan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas semua anugerah, berkah, dan rahmat-Nya yang telah diperoleh, penulis berhasil menyelesaikan karya ilmiah terapan ini. Karya ilmiah ini disusun untuk memenuhi persyaratan Program Pendidikan Sarjana Terapan Pelayaran di Politeknik Pelayaran Surabaya, dengan judul yang telah dipilih adalah:

**“PENGARUH KEBOCORAN MINYAK HIDRAULIK
TERHADAP KERJA *STEERING GEAR* DENGAN
METODE FMEA DI KAPAL MT. SC GOLD OCEAN”**

Penulis menyadari bahwa hasil karya ilmiah terapan yang telah dihasilkannya masih mempunyai kelemahan baik dalam penyajian materi maupun cara penulisannya. Hal ini terjadi karena pengalaman penulis masih terbatas. Karena itu, penulis mengharapkan agar pembaca memberikan masukan dan kritik yang konstruktif untuk mendukung peningkatan dan penyempurnaan karya ilmiah terapan ini.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam proposal penelitian terapan ini serta menyampaikan rasa bangga yang mendalam kepada:

1. Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya Bapak MOEJIONO, M.T., M.Mar. E yang telah memberikan pelatihan kepada calon-calon taruna Politeknik Pelayaran Surabaya;;
2. Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal Bapak ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Pd., M.Mar.E. yang telah memberikan bimbingan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya, terutama Program Studi TRPK;
3. Pembimbing I, Bapak DIRHAMSIAH, S.E., M.Pd. yang telah memberikan masukan dan arahan tentang isi dari materi proposal karya ilmiah terapan kepada penulis;
4. Pembimbing II, Ibu Dr. INDAH AYU JOHANDA PUTRI, S.E., M.Ak. yang telah memberikan masukan dan arahan tentang isi dari materi proposal karya ilmiah terapan kepada penulis;
5. Seluruh civitas dan dosen Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah mengarahkan penulis;
6. Kedua orang tua saya Bapak Sumaji dan Ibu Intan Darmayasari yang telah mendukung penuh berupa moral maupun material serta do'a dalam penyelesaian proposal karya ilmiah terapan ini dengan penuh kasih sayang;
7. Teman-teman saya yang telah memberikan dukungan serta do'a dan memberikan semangat untuk menyelesaikan proposal karya ilmiah terapan ini;
8. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan namanya satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan KIT ini.

Akhir kata penulis berharap semoga karya ilmiah terapan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan bagi penulis khususnya. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan petunjuk dan lindungan dalam melakukan penelitian selanjutnya.

SURABAYA,.....2026

AZMI DAVIED SYAHPUTRA
NIT. 22.36.306.3.005

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL	iv
PENGESAHAN PROPOSAL KARYA ILMIAH TERAPAN	v
PENGESAHAN LAPORAN SEMINAR HASIL	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Penelitian	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Batasan Masalah	7
D. Tujuan Penelitian	7
E. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
A. <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya	9
B. Landasan Teori	11
C. Kerangka Pikir Penelitian	21

D. Hipotesis.....	22
BAB III METODE PENELITIAN	23
A. Jenis Penelitian.....	23
B. Lokasi Dan Waktu Penelitian	23
C. Populasi Dan Sampel	24
D. Variabel Penelitian	25
E. Sumber Data Dan Teknik Pengumpulan Data.....	26
F. Teknik Analisis Data	27
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	31
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian / Subjek Penelitian.....	31
B. Hasil Penelitian	33
C. Pembahasan.....	42
BAB V PENUTUP	46
A. Simpulan	46
B. Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya	9
Tabel 4. 1 Penilaian SOD	34
Tabel 4. 2 Penilaian <i>Severity, Occurrence, Detection</i> (SOD)	37
Tabel 4. 3 Tabel FMEA	39
Tabel 4. 4 Tabel Prioritas Resiko	40
Tabel 4. 5 Tindakan Pencegahan dan Perbaikan	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Electric Steering gear	18
Gambar 2. 2 Two Ram Hydraulic Steering	19
Gambar 2. 3 Electric-Hydraulic Steering gear	19
Gambar 2. 4 Kerangka Pikir Penelitian.....	21
Gambar 4. 1 MT. SC Gold Ocean	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan	49
---------------------------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Menurut Undang-Undang Pelayaran Nomor 17 Tahun 2008 (Bab 1 Pasal 1 Nomor 36), kapal didefinisikan sebagai kendaraan air dengan berbagai bentuk dan jenis yang dapat digerakkan oleh mesin, angin, maupun tunda, termasuk di dalamnya kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan bawah air, alat apung, serta bangunan terapung yang mampu bergerak. Kapal merupakan salah satu sarana angkutan laut yang dinilai lebih ekonomis dibandingkan dengan angkutan darat maupun udara, mengingat kemampuannya dalam mengangkut barang dan penumpang dalam jumlah yang besar sekaligus. Oleh karena itu, agar proses pengangkutan dapat berlangsung secara aman, cepat, dan efisien, diperlukan mesin kapal yang senantiasa beroperasi dengan baik dan lancar.

Transportasi merupakan sarana perpindahan dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Di Indonesia, terdapat beberapa jenis jaringan transportasi yang umum digunakan, yaitu transportasi darat, laut, dan udara. Salah satu moda transportasi yang memegang peranan penting bagi perekonomian Indonesia adalah transportasi laut, mengingat negara ini terdiri dari lebih dari 17.000 pulau yang tersebar di seluruh wilayahnya. Transportasi laut dinilai sangat efisien karena mampu menekan biaya operasional sekaligus menghemat waktu, terutama dalam hal pengiriman barang dalam jumlah besar yang memiliki risiko kerusakan tinggi selama proses pengangkutan.

Sarana Transportasi laut juga mampu mengurangi kejadian-kejadian tak

terduga yang mungkin terjadi saat pengiriman dilakukan dengan menggunakan sarana transportasi darat atau udara. Transportasi laut tidak hanya mampu mengangkut barang, tetapi juga berfungsi sebagai sarana penyebrangan antar pulau dan alat untuk menjaga keamanan wilayah negara.

Transportasi laut merupakan salah satu moda angkutan yang beroperasi dengan intensitas waktu yang sangat tinggi, sehingga pengelolaan dan pemeliharaan mesin kapal oleh para teknisi perlu dilakukan secara terstruktur dan terencana. Perawatan terhadap sistem permesinan kapal menjadi hal yang tidak dapat diabaikan, sebab apabila terjadi gangguan atau kerusakan di tengah pelayaran dan proses perbaikannya membutuhkan waktu yang tidak sedikit, maka pihak perusahaan pengguna jasa angkutan tersebut berpotensi mengalami kerugian yang cukup signifikan.

Transportasi melalui jalur laut dikenal sebagai salah satu moda angkutan yang memiliki tingkat operasional sangat tinggi dan berlangsung hampir tanpa henti. Kondisi tersebut menuntut para teknisi kapal untuk menjalankan program perawatan mesin secara terjadwal, terstruktur, dan berkesinambungan guna memastikan seluruh sistem berjalan dengan optimal. Kelancaran operasional mesin kapal menjadi prioritas utama yang tidak boleh diabaikan dalam setiap pelayaran. Hal ini dikarenakan apabila terjadi gangguan teknis atau kerusakan pada mesin di tengah perjalanan, maka proses perbaikan yang memakan waktu lama akan menghambat seluruh aktivitas pengiriman. Akibatnya, perusahaan yang mengandalkan layanan transportasi laut tersebut berpotensi menanggung kerugian finansial yang tidak sedikit, baik dari sisi waktu maupun biaya operasional yang harus dikeluarkan secara tambahan.

Ketika kapal sedang menjalankan pelayaran, seluruh sistem permesinan yang terdapat di atas kapal dituntut untuk bekerja secara maksimal dan optimal, tidak terkecuali sistem kemudi atau yang dikenal dengan istilah *steering gear*. Perangkat ini memegang peranan yang sangat krusial karena berfungsi sebagai pengatur sekaligus penentu arah laju kapal selama proses pelayaran berlangsung maupun pada saat melakukan manuver. Terdapat beberapa tipe *steering gear* yang umum digunakan dalam dunia perkapalan, di antaranya adalah *screw nut*, *screw pin*, *worm & sector*, *recirculating ball*, serta *rack & pinion*. Secara fundamental, prinsip kerja dari sistem kemudi ini adalah memperbesar momen putar agar pengendalian kemudi menjadi lebih ringan dan responsif, yakni dengan cara memanfaatkan roda depan sebagai komponen gigi reduksi yang meneruskan tenaga secara efisien.

Peningkatan kebocoran minyak hidrolik dapat terjadi karena beberapa faktor, termasuk keausan komponen, kegagalan segel, atau kerusakan struktural. Konsekuensinya, kebocoran tersebut dapat menyebabkan berkurangnya tekanan hidrolik yang diperlukan untuk menggerakkan komponen *steering gear*, yang pada gilirannya dapat mengakibatkan respon kemudi yang terganggu, kehilangan kendali kendaraan, atau bahkan kecelakaan.

Meskipun kebocoran minyak hidrolik telah diidentifikasi sebagai masalah potensial dalam sistem *steering gear*, penelitian yang secara khusus menganalisis dampak kebocoran tersebut terhadap kinerja *steering gear* masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan tersebut dengan menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) untuk mengidentifikasi potensi mode kegagalan, tingkat

keparahan, probabilitas kejadian, dan deteksi kebocoran minyak hidrolik dalam sistem *steering gear*.

Rotary vane steering gear memiliki prinsip kerja yang serupa dengan tipe dua ram hidrolik, di mana sistem ini mampu menghasilkan momen torsi maksimal hingga 3000 kN/m dan dilengkapi dengan komponen *manifold*, rotor, serta stator. Di antara *rotating vane* (rotor) dan *fixed vane* (stator) terbentuk sejumlah ruang yang dapat diisi maupun dikosongkan sesuai kebutuhan menggunakan minyak hidrolik. Apabila fluida dialirkan dalam arah maju, minyak tersebut akan memberikan tekanan pada sirip pemisah yang terdapat pada rotor sehingga mendorongnya untuk berputar dan menggerakkan daun kemudi pada sudut tertentu. Sebaliknya, jika arah aliran fluida dibalikkan, maka daun kemudi pun akan berputar ke arah yang berlawanan.

Minyak hidrolik dapat mengalir melalui jaringan pipa manifold sebagai hasil kerja dari satu atau dua unit pompa hidrolik yang masing-masing ditenagai oleh motor listrik. Aliran minyak hidrolik tersebut bermula dari tangki ekspansi menuju manifold, kemudian kembali masuk ke dalam oil reservoir tank atau tangki penyimpanan minyak yang telah dilengkapi dengan sistem alarm untuk mendeteksi level permukaan minyak secara otomatis.

Dalam kondisi operasional yang normal, *steering gear* tipe rotary vane pada tekanan hidrolik sebesar 160 bar mampu menghasilkan tenaga putar maksimal hingga 650 kN/m. Dengan besaran tekanan tersebut, rudder atau daun kemudi dapat bergerak secara optimal dari sisi kiri kapal (*port side*) menuju sisi kanan kapal (*starboard side*) dalam rentang waktu kurang lebih 28 detik, dengan sudut pergerakan yang mencapai 2x46 derajat.

Setelah proses pengoperasian kapal selesai dilaksanakan, ditemukan adanya rembesan minyak di sekitar area permesinan *steering gear*. Kondisi tersebut berdampak langsung pada terganggunya proses kerja normal dari

sistem kemudi kapal, dan yang lebih mengkhawatirkan adalah intensitas kebocoran tersebut terus mengalami peningkatan seiring dengan berlangsungnya pengoperasian *steering gear* secara berkelanjutan. Dalam konteks inilah penulis secara langsung menghadapi permasalahan kebocoran minyak di area permesinan *steering gear* yang terjadi pada tanggal 29 Januari 2025.

Apabila permasalahan tersebut dibiarkan tanpa penanganan yang tepat dan segera, dikhawatirkan akan menimbulkan kerusakan yang lebih serius pada komponen *steering gear* secara keseluruhan. Hal ini pada akhirnya akan berimbas pada meningkatnya beban finansial perusahaan, mengingat diperlukan biaya yang tidak sedikit untuk melakukan perbaikan maupun penggantian unit *steering gear* yang mengalami kerusakan. Guna mengidentifikasi akar permasalahan secara mendalam dan menyeluruh, salah satu pendekatan analisis yang dapat diterapkan adalah metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), yaitu suatu metode sistematis yang digunakan untuk mengevaluasi potensi kegagalan beserta dampak yang ditimbulkannya terhadap kinerja sistem.

Metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) adalah salah satu pendekatan yang efektif untuk menganalisis dan mengidentifikasi potensi kegagalan dalam sistem *steering gear* akibat kebocoran minyak hidrolik. FMEA memungkinkan identifikasi mode kegagalan potensial, penyebabnya, serta dampaknya terhadap sistem secara keseluruhan. Dengan menerapkan FMEA, dapat ditentukan prioritas tindakan pencegahan dan perbaikan yang diperlukan untuk meminimalkan risiko kegagalan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kebocoran minyak hidrolik terhadap kinerja *steering gear* menggunakan metode FMEA. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang komprehensif mengenai faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kebocoran minyak hidrolik dan dampaknya terhadap sistem kemudi kapal. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengembangkan rekomendasi praktis dalam rangka meningkatkan keandalan dan keselamatan operasi *steering gear*.

Dengan demikian, penelitian ini memiliki relevansi yang tinggi dalam konteks operasional kapal, dimana perawatan dan pemeliharaan sistem kemudi yang efektif sangat penting untuk memastikan keselamatan dan efisiensi pelayaran. Dari uraian di atas maka penulis tertarik untuk menuangkannya dalam bentuk Karya Ilmiah Terapan ini dengan judul: **“PENGARUH KEBOCORAN MINYAK HIDRAULIK TERHADAP KERJA *STEERING GEAR* DENGAN METODE FMEA DI KAPAL MT. SC GOLD OCEAN ”**

B. Rumusan Masalah

Dalam penelitian ilmiah, perumusan masalah adalah aspek yang sangat krusial, karena rumusan masalah mempermudah jalannya penelitian dan membantu dalam menemukan jawaban yang lebih tepat dan akurat. Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, peneliti mengidentifikasi pokok-pokok permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh kebocoran minyak hidrolik terhadap kinerja sistem *steering gear* pada kapal?
2. Apa saja mode kegagalan yang mungkin terjadi akibat kebocoran

minyak hidrolik dalam sistem *steering gear*?

C. Batasan Masalah

Dalam karya ilmiah terapan ini, penulis membatasi ruang lingkup permasalahan yang akan dibahas dengan tujuan untuk mempermudah dan memperterarah proses penulisan penelitian, yang didasarkan pada pemilihan tema dan judul proposal penelitian. Penelitian karya ilmiah terapan ini akan difokuskan pada pengaruh kebocoran minyak hidrolik terhadap kinerja *steering gear* menggunakan metode FMEA. Dengan membatasi ruang lingkup masalah yang akan dibahas, penulis berharap dapat menyajikan hasil penelitian yang lebih fokus dan terarah, serta memberikan kontribusi yang lebih signifikan terhadap pengembangan pengetahuan di bidang ini.

D. Tujuan Penelitian

Setiap penelitian ilmiah harus memiliki tujuan yang jelas agar penelitian tersebut memiliki kegunaan yang lebih signifikan. Tujuan penelitian ini juga erat kaitannya dengan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diidentifikasi. Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi potensi kebocoran minyak hidrolik dalam sistem *steering gear* pada kapal.
2. Menentukan mode kegagalan yang mungkin terjadi akibat kebocoran minyak hidrolik dan menggambarkan tingkat keparahan setiap mode kegagalan tersebut.

E. Manfaat Penelitian

Dengan mempertimbangkan permasalahan yang telah diidentifikasi sebelumnya, penulis berharap dapat mencapai beberapa manfaat yang akan bermanfaat bagi berbagai pihak, antara lain :

1. Secara Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam peningkatan pengetahuan para pelaut mengenai cara mengatasi kebocoran pada *steering gear* dengan metode FMEA . Selain itu, penelitian ini juga dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai perbandingan antara teori dan praktek nyata di lapangan ketika para pelaut melakukan praktek layar Dengan demikian, penelitian ini dapat membantu tentang cara mengatasi kebocoran pada *steering gear* dengan metode FMEA.

2. Secara Praktis

Hasil penelitian ini dapat langsung digunakan dalam pengembangan produk di industri otomotif dan manufaktur lainnya. Dengan mengetahui dan mengidentifikasi potensi mode kegagalan yang berkaitan dengan kebocoran minyak, perusahaan dapat mengambil langkah-langkah pencegahan yang tepat untuk meningkatkan keandalan sistem dan mengurangi risiko kegagalan. Hal ini tidak hanya dapat menghemat biaya perbaikan dan waktu, tetapi juga secara signifikan meningkatkan keselamatan dan kualitas produk yang dihasilkan. Dengan demikian, penelitian ini memiliki implikasi yang penting dalam mendukung inovasi dan perbaikan berkelanjutan dalam teknologi sistem *steering gear*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang mengungkap topik terkait pengaruh kebocoran minyak hidrolik terhadap kerja *steering gear* dengan metode FMEA.

Tabel 2. 1 *Review Penelitian Sebelumnya*
Sumber : Diolah Peneliti

NO	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbit	Hasil Penelitian
1.	Identifikasi Kebocoran Minyak Hidrolik Pada Pesawat <i>Steering gear</i> Di KM.SUKI 2	Ahmad Adi Mulyo (2019)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab kebocoran minyak hidrolik pada pesawat steering gear di KM. SUKI 2 meliputi beberapa faktor, di antaranya tekanan tinggi dari pompa, sistem valve yang tidak beroperasi dengan semestinya, kebocoran pada sambungan atau konektor pipa, penggunaan minyak hidrolik yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang dianjurkan, serta kerusakan pada seal dan o-ring. Dampak yang ditimbulkan dari kebocoran tersebut mencakup waktu pergeseran rudder angle yang tidak sesuai, munculnya alarm dan kegagalan sistem, serta ancaman serius terhadap keselamatan kerja awak kapal. Adapun upaya penanggulangan yang dapat dilakukan meliputi pembersihan filter, pemeriksaan sistem solenoid pada katup distribusi, pelaksanaan overhaul pada steering gear, penggantian minyak hidrolik sesuai dengan ketentuan dalam manual book, pengencangan baut-baut dan sambungan yang mulai kendur, penggantian packing pipa yang mengalami kerusakan, penaburan pasir di atas pijakan rantai ruang steering gear, serta pelaksanaan pemeriksaan rutin di ruang steering gear pada saat jam jaga berlangsung

NO	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbit	Hasil Penelitian
2.	Analisis kebocoran poros rudder shaft pada mesin <i>steering gear</i> di MV.MANALAGI ASTA	Falakh Dri Achmad (2022)	Penelitian ini mengkaji permasalahan kebocoran pada <i>rudder shaft</i> di mesin <i>steering gear</i> kapal MV. Manalagi Asta. Beberapa langkah penanganan yang dapat diterapkan guna mengatasi kebocoran tersebut mencakup pengoptimalan jadwal <i>plan maintenance system</i> yang disusun oleh <i>chief engineer</i> , pendistribusian tugas kru secara merata dan efisien, serta pelaksanaan familiarisasi di atas kapal bagi seluruh kru, baik yang baru bergabung maupun yang telah lama bertugas. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki sejumlah keterbatasan, terutama dari sisi kedalaman dan kelengkapan temuan pembahasan, sehingga hasil yang diperoleh belum sepenuhnya bersifat komprehensif, yang sebagian besar dipengaruhi oleh keterbatasan sarana dan prasarana yang tersedia selama proses penelitian berlangsung.
3.	Analisis Kebocoran Minyak Hidraulik <i>Steering gear</i> Lpg/C Gas Walio Terhadap Keselamatan Kapal Sesuai Hazop	Prasetyo et al.(2019)	a) Berbagai dampak serta risiko yang berpotensi muncul akibat kebocoran minyak hidraulik dalam proses pengoperasian <i>steering gear</i> telah berhasil diidentifikasi secara menyeluruh. b) Penyebab adanya kebocoran minyak hidraulik pada <i>steering gear</i> telah diteliti dan dianalisis. c) Pemaparan mengenai langkah-langkah penanganan yang dapat diterapkan dalam mengatasi permasalahan kebocoran minyak hidraulik pada sistem <i>steering gear</i> telah disampaikan secara komprehensif kepada pembaca. d) Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan fokus pada keselamatan permesinan, keselamatan pekerja, serta keutuhan sistem permesinan guna mendukung kelancaran operasional kapal. e) Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga teknik, yakni observasi, dokumentasi, dan wawancara, guna memperoleh pemahaman yang menyeluruh terhadap konteks data dalam keseluruhan situasi sosial yang diamati.

Hasil pada penelitian pertama analisa penelitian dampak dari kebocoran tersebut meliputi waktu yang tidak sesuai untuk pergeseran *rudder angle* terjadi *alarm* dan kegagalan sistem. Pada penelitian kedua jurnal membahas tentang kebocoran poros *Rudder Shaft* pada mesin *steering gear*. Pada penelitian ketiga hasil penelitian ini menunjukkan fokus pada keselamatan permesinan dan pekerja serta keutuhan permesinan untuk kelancaran kerja.

B. Landasan Teori

1. Pengertian Minyak Hidraulik

Minyak hidrolik merupakan komponen yang sangat vital dan perlu mendapat perhatian khusus dalam sistem penggerak hidrolik, termasuk pada *steering gear*. Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), minyak didefinisikan sebagai zat cair yang bersifat berlemak, umumnya memiliki kekentalan tertentu, tidak dapat bercampur dengan air, namun dapat larut dalam eter maupun alkohol, serta memiliki sifat mudah terbakar. Berdasarkan sumbernya, minyak dikelompokkan menjadi minyak nabati, hewani, dan mineral, sedangkan berdasarkan karakteristiknya terhadap pemanasan, minyak dapat dikategorikan sebagai minyak asiri atau minyak tetap. Sementara itu, sistem hidrolik merupakan suatu mekanisme pemindahan atau konversi daya yang memanfaatkan fluida cair atau minyak hidrolik sebagai media penghantar, dengan tujuan menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan daya awal yang dikeluarkan. Dalam sistem ini, fluida penghantar terlebih dahulu dinaikkan tekanannya oleh pompa pembangkit tekanan, kemudian disalurkan menuju silinder kerja melalui

jaringan pipa dan katup yang saling tersambung satu sama lain. Tekanan fluida yang bekerja di dalam ruang silinder selanjutnya menghasilkan gerak translasi pada batang piston, yang kemudian dimanfaatkan untuk menghasilkan gerakan maju dan mundur sesuai kebutuhan operasional (Kasmar et al., 2016).

Minyak hidrolik memiliki peran yang sangat penting dalam operasi yang efisien dari sistem hidrolik, memberikan pelumasan, transfer panas, dan transmisi daya. Sistem hidrolik merupakan salah satu bentuk mekanisme konversi dan pemindahan daya yang memanfaatkan fluida cair sebagai media penghantar, dengan tujuan menghasilkan daya yang lebih besar dari daya awal yang dikeluarkan. Dalam penerapannya, oli yang digunakan pada sistem ini disyaratkan memiliki tingkat tekanan yang sesuai dan tepat, hal tersebut bertujuan untuk menggerakkan komponen-komponen vital yang terdapat di dalam sistem hidrolik secara optimal. Apabila tekanan yang dihasilkan tidak mencukupi atau berada di bawah batas yang dipersyaratkan, maka sistem tersebut berpotensi mengalami gangguan fungsi yang pada akhirnya dapat mengakibatkan kerusakan dan menghambat kinerja hidrolik pada *steering gear* secara keseluruhan.

David W. Smith (1984:273) mendefinisikan minyak hidrolik sebagai cairan pelumas yang dimanfaatkan di dalam sistem hidrolik guna menyalurkan tenaga dari satu komponen ke komponen lainnya, di mana fungsi utamanya adalah sebagai media penghantar tekanan dalam sistem tersebut, dengan tambahan fungsi sebagai pelumas. Sifat-sifat minyak hidrolik sangat penting untuk menjalankan fungsi utamanya. Kualitas

minyak ini ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

- a. Viskositas, yang mengacu pada kekentalan minyak hidrolik pada suhu 40°C, biasanya diukur dalam satuan Centistokes (Cst), dengan viskositas target sekitar 46 Cst.
- b. Titik tuang, yaitu suhu terendah di mana minyak hidrolik masih bisa mengalir dengan baik, biasanya diukur pada -36°C.
- c. Kemampuan pelumasan, yang menunjukkan seberapa baik minyak hidrolik dapat melumasi permukaan yang bergesekan di dalam sistem, seperti pada pompa dan *steering gear*.
- d. Ketahanan terhadap oksidasi, yang menunjukkan seberapa baik minyak dapat bertahan pada suhu tinggi dan mencegah terbentuknya oksidasi yang dapat merusak sistem.
- e. Perlindungan terhadap karat dan korosi, yang penting untuk mencegah kerusakan pada komponen logam dalam sistem hidrolik
- f. Demulsifikasi, yaitu kemampuan minyak hidrolik untuk memisahkan diri dari air, karena adanya air dalam sistem dapat mengganggu kinerja minyak dan menyebabkan korosi.

Menurut Jhon (1982:121), fluida merupakan elemen yang tidak dapat dipisahkan dari sistem hidrolik karena berperan sebagai media pengantar tenaga hidrolik dari reservoir melalui katup pengontrol menuju silinder motor hidrolik (actuator) untuk menghasilkan tenaga putar. Pada dasarnya, setiap jenis cairan dapat digunakan sebagai media transfer, namun dalam sistem hidrolik, kekentalan atau viskositas yang tepat menjadi faktor yang sangat penting guna memastikan kinerja sistem dapat berjalan dengan

optimal..

2. Jenis Minyak Hidraulik

Secara umum, cairan hidraulik dapat dikelompokkan menjadi dua kategori :

a. Oli Hidraulik

Oli hidraulik adalah cairan yang berbasis minyak mineral dan digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi. Standar DIN 51524 dan 51525 mengklasifikasikan oli hidraulik berdasarkan karakteristik dan komposisinya menjadi tiga kelas utama :

- 1) Hidraulik Oli HL merupakan jenis oli yang memiliki sifat khusus dalam meningkatkan kemampuan pencegahan korosi sekaligus menjaga kestabilan minyak hidraulik. Oli jenis ini umumnya digunakan pada sistem hidraulik yang beroperasi pada suhu tinggi serta dalam kondisi yang rentan terhadap kontaminasi air.
- 2) Hidraulik Oli HLP merupakan jenis oli yang diformulasikan secara khusus untuk meningkatkan ketahanan terhadap keausan pada komponen sistem hidraulik. Oli jenis ini sangat cocok digunakan pada sistem hidraulik yang kerap mengalami gesekan tinggi dalam proses pengoperasiannya.
- 3) Hidraulik Oli HV: Oli ini dirancang untuk meningkatkan indeks viskositas, yang membuatnya cocok untuk aplikasi di mana terjadi fluktuasi suhu yang tinggi.

b. Cairan Hidraulik Tahan Api

Cairan hidraulik tahan api merupakan jenis fluida yang memiliki

karakteristik tidak mudah terbakar, sehingga banyak diaplikasikan pada sistem hidrolik yang beroperasi dalam kondisi dengan risiko kebakaran yang relatif tinggi. Pada umumnya, cairan jenis ini diproduksi dari hasil pencampuran oli dengan air, atau dapat pula menggunakan oli sintetis sebagai bahan dasarnya. Aspek keamanan terhadap potensi bahaya kebakaran menjadi pertimbangan dan fokus utama dalam penggunaan cairan hidrolik tahan api ini.

3. Kebocoran Minyak Hidrolik

Kebocoran merupakan dampak tidak langsung yang kerap muncul sebagai konsekuensi dari berbagai aktivitas operasional, yang berpotensi memicu peningkatan emisi di lokasi-lokasi lain di luar titik sumbernya. Dalam konteks sistem hidrolik, kebocoran seringkali tidak dapat terdeteksi secara kasat mata hingga akhirnya kinerja sistem mulai mengalami penurunan dan gangguan yang nyata. Adapun beberapa faktor yang umumnya menjadi penyebab terjadinya kebocoran minyak hidrolik antara lain meliputi:

- a. Kerusakan atau pecahnya seal piston akibat jam kerja atau usia seal yang telah mencapai batas penggunaannya.
- b. Kebocoran pada pipa minyak hidrolik karena korosi pada material pipa yang mengandung unsur logam.
- c. Kebocoran pada *pressure control* karena tekanan berlebih yang menyebabkan penumpukan tekanan di selang operasi *valve*.
- d. Kesalahan dalam pengoperasian pompa hidrolik untuk penggantian jam kerja, terutama jika cadangan pompa tidak digunakan.

- e. Korosi pada as piston yang menggerakkan kemudi, menyebabkan goresan pada seal piston dan kebocoran.

Dampak dari kebocoran minyak hidrolik dapat mencakup :

- a. Penurunan atau habisnya minyak hidrolik, yang memerlukan perbaikan pada bagian yang bocor.
- b. Gangguan pada kinerja sistem kemudi, yang dapat mengganggu operasi kapal.
- c. Ketidaksesuaian haluan kapal dengan pengoperasian, karena gangguan pada sistem kemudi.
- d. Kerusakan serius yang dapat menghentikan operasi kapal jika tidak segera diperbaiki.
- e. Ancaman terhadap keselamatan awak kapal.
- f. Kerugian materi bagi perusahaan karena biaya perbaikan.

H. Sunarto (2002:65) menjelaskan bahwa terdapat sejumlah langkah yang dapat ditempuh dalam mengidentifikasi dan menentukan lokasi kebocoran minyak hidrolik yang terjadi pada sisi kiri mesin kemudi, yakni sebagai berikut:

- a. Langkah yang perlu dilakukan adalah menutup katup tabung hidrolik pada sisi kanan guna menjaga kestabilan tekanan fluida hidrolik yang berasal dari anjungan, sekaligus untuk mendeteksi ada atau tidaknya tekanan balik yang terjadi pada sistem tersebut.
- b. Tutup katup rudder carrier dan buka katup steering engine seating.
- c. Putar roda kemudi ke kanan hingga manometer sisi kanan menunjukkan tekanan 45 kg/cm².

- d. Ikat roda kemudi dan perhatikan tekanan pada manometer.
- e. Apabila terdeteksi adanya perubahan pada tingkat tekanan sistem, maka perlu dilakukan pemeriksaan secara menyeluruh mulai dari komponen *plunyer* pada bagian pemberi, jaringan pipa penyalur, hingga *plunyer* yang berada di sisi kiri bagian penerima. Selanjutnya, tindakan perbaikan segera dilaksanakan pada komponen yang teridentifikasi mengalami kerusakan atau ketidaknormalan fungsi.

4. Pesawat *Steering gear*

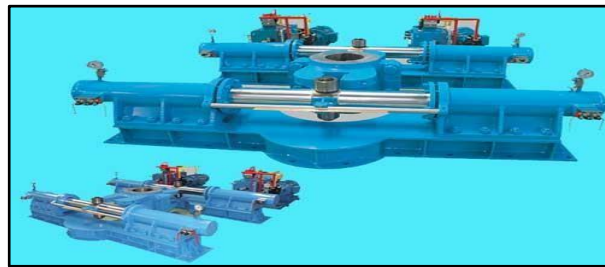
Wicaksono (2014:09) mengemukakan bahwa *steering gear* merupakan salah satu perangkat yang memegang peranan penting dalam operasional kapal. Perangkat ini berfungsi untuk membantu kapal melakukan perubahan arah, baik ke sisi kiri (*port side*) maupun ke sisi kanan (*starboard side*). Sistem *steering gear* hanya dapat bekerja secara optimal pada saat kapal sedang dalam kondisi bergerak. Apabila ditinjau berdasarkan sumber tenaga penggerak utamanya, *steering gear* dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis, yaitu:

a. *Steam Steering gear*

Jenis pertama adalah mesin kemudi bertenaga uap atau yang lebih dikenal dengan istilah *chain and rod steering gear*, yang pada umumnya diaplikasikan pada kapal-kapal berukuran kecil. Saat ini, penggunaan mesin kemudi bertenaga uap sudah semakin jarang dijumpai dan cenderung mulai ditinggalkan. Hal ini disebabkan oleh proses pengendalian arah kapal yang dihasilkan tergolong sangat lambat apabila dibandingkan dengan sistem kemudi yang lebih modern.

b. *Electric Steering gear*

Jenis kedua adalah mesin kemudi listrik yang dipasang pada kapal-kapal yang dilengkapi dengan mesin bantu serta dioperasikan secara elektrik. Pada jenis mesin kemudi ini terdapat dua rangkaian utama yang saling berkaitan satu sama lain, yaitu rangkaian pembangkit tenaga (power system) yang berfungsi untuk menggerakkan daun kemudi, serta rangkaian pengendali (control system) yang bertugas mengatur dan mengendalikan jalannya operasi pada rangkaian pembangkit tenaga tersebut.



Gambar 2. 1 *Electric Steering gear*

Sumber : amancare.co.id/2023/09/12/yuk-simak-cara-kerja-steering-gear-kapal/

c. *Hydraulic Steering gear*

Jenis ketiga merupakan kemudi yang menggunakan tenaga hidrolik (oli) sebagai sumber penggeraknya, di mana fluida hidrolik tersebut dapat dipompakan dari anjungan menuju ruang mesin kemudi yang berada di bagian bawah kapal. Adapun jenis-jenis dari *hydraulic steering gear* antara lain meliputi:

- 1) *Two ram hydraulic steering gear* merupakan jenis sistem kemudi hidrolik yang dilengkapi dengan dua unit ram, di mana masing-masing ram tersebut digerakkan oleh motor listrik yang beroperasi secara terus-menerus. Penggerakan ini disalurkan melalui kopling

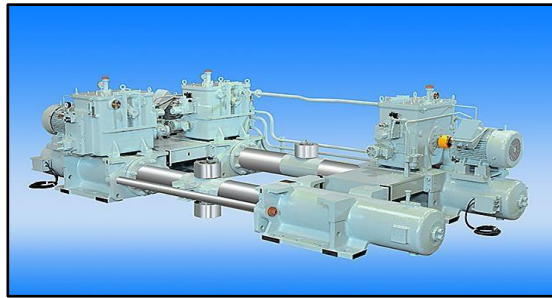
fleksibel yang terhubung dengan pompa silinder aksial bersistem pengiriman variabel, serta dilengkapi pula dengan pompa bantu sebagai komponen pendukung.



Gambar 2. 2 Two Ram Hydraulic Steering

Sumber : <http://generalcargoship.com/ram-type-hidraulik>

2) *Electric-Hydraulic Steering gear*



Gambar 2. 3 *Electric-Hydraulic Steering gear*

Sumber : <https://sl1nk.com/o1suiqw>

Pada *steering gear* tipe *rotary vane*, terdapat tiga varian yang umum digunakan, yaitu *rotary vane Tenfford* (seri SR), *rotary vane Frydenbo* (seri RV dan IRV), serta *rotary vane Brown Brothers* yang diperuntukkan bagi aplikasi militer atau naval. Meskipun terdiri dari beberapa varian, ketiga jenis tersebut memiliki prinsip kerja dan mekanisme yang relatif sama, yakni menggunakan tenaga penggerak elektrik-hidrolik sebagai sumber tenaga utamanya. Sistem elektrik-hidrolik itu sendiri merupakan hasil perpaduan antara dua jenis sistem, yaitu sistem elektrik dan sistem hidrolik,

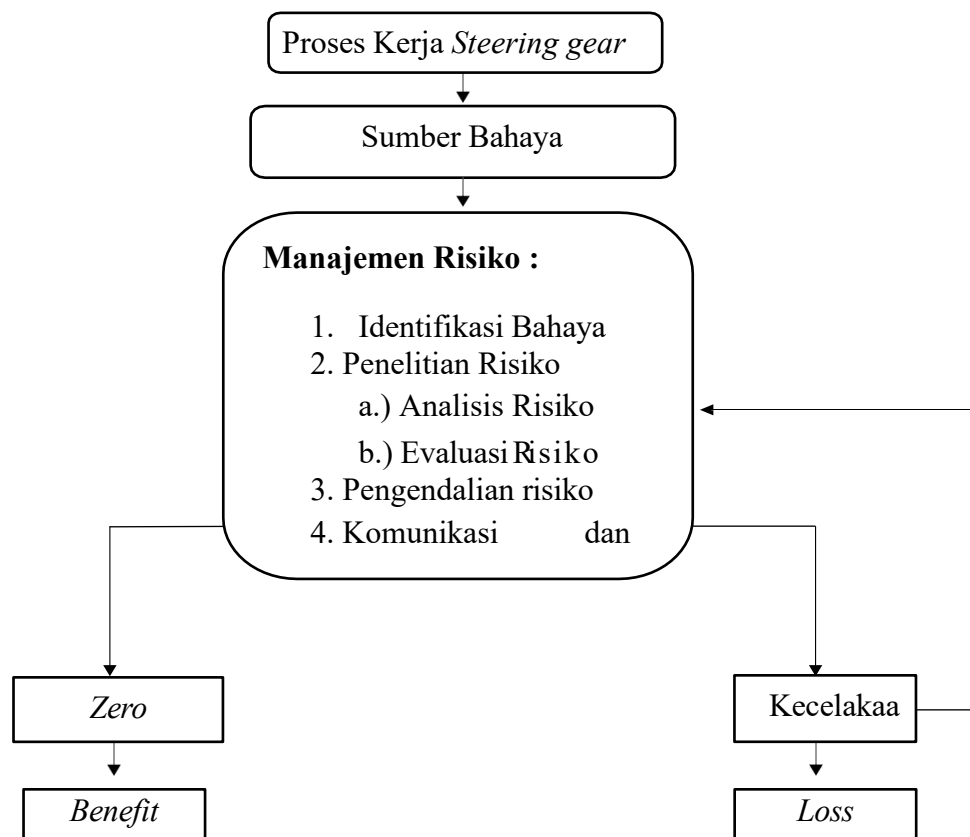
yang bekerja secara terintegrasi guna menghasilkan tenaga penggerak yang optimal dalam mendukung operasional kemudi kapal.

Hidayat (2014:08) menjelaskan bahwa sistem elektrik merupakan suatu sistem yang seluruh aspek pengontrolannya diatur melalui *electric control*, di mana proses transmisi dan sumber tenaganya juga sepenuhnya menggunakan tenaga listrik. Berbeda halnya dengan sistem hidraulik, di mana proses pengontrolan dilakukan secara hidraulik melalui suatu perangkat yang dikenal dengan istilah *telemotor*.

Sistem kerja pada steering gear tipe rotary vane dimulai dari sinyal perintah yang diberikan melalui electrical control pada roda kemudi yang berada di wheelhouse. Sinyal tersebut kemudian diterima oleh perangkat receiver yang merupakan bagian dari receiver unit yang terletak di dekat sistem transmisi. Selanjutnya, sinyal yang telah diterima diteruskan menuju sistem hidraulik, termasuk running pump yang berfungsi untuk mengarahkan aliran fluida. Apabila fluida dialirkan dalam arah maju, minyak akan memberikan tekanan pada sirip pemisah yang terdapat pada rotor sehingga mendorongnya untuk berputar dan menggerakkan daun baling-baling pada sudut tertentu. Gerakan tersebut pada akhirnya menghasilkan gaya yang diteruskan kepada rudder agar dapat berputar sesuai dengan arah yang dikehendaki (Efranto, 2013 : 254).

C. Kerangka Pikir Penelitian

Sistem *steering gear* merupakan komponen kritis yang sangat berpengaruh terhadap keselamatan pengguna. Kebocoran minyak hidrolik dapat menyebabkan berbagai mode kegagalan, mulai dari penurunan responsivitas hingga kegagalan total sistem. Melalui analisis FMEA, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi mode kegagalan, menilai dampaknya, serta mengusulkan langkah mitigasi guna meningkatkan keandalan sistem *steering gear* secara keseluruhan.



Gambar 2. 4 Kerangka Pikir Penelitian
Sumber : Diolah Peneliti

D. Hipotesis

Hipotesis untuk penelitian mengenai pengaruh kebocoran minyak hidrolik terhadap kerja *steering gear* dapat dirumuskan sebagai berikut :

H_0 : Tidak ada kebocoran minyak hidrolik terhadap kerja *steering gear*.

H_1 : Terdapat kebocoran minyak hidrolik terhadap kerja *steering gear*.

Dalam penelitian ini, hipotesis nol (H_0) menyatakan bahwa kebocoran minyak hidrolik tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kinerja *steering gear*, sementara hipotesis alternatif (H_1) menyatakan sebaliknya, yaitu bahwa adanya kebocoran minyak hidrolik berdampak secara signifikan terhadap kinerja *steering gear*. Pada tahap analisis data, peneliti akan berupaya mencari bukti-bukti empiris yang dapat mendukung maupun menolak kedua hipotesis tersebut guna memperoleh kesimpulan yang valid.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penulis menggunakan metode deskriptif kuantitatif sangat berguna untuk mengumpulkan dan menganalisis informasi yang dapat diukur secara objektif, memungkinkan peneliti untuk memahami fenomena dengan lebih baik dan membuat keputusan berdasarkan data yang akurat.

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Menurut Sulistyawati & Trinuryono (2020), pendekatan deskriptif kuantitatif bertujuan untuk menggambarkan, menginvestigasi, dan menjelaskan fenomena berdasarkan data yang ada, serta membuat kesimpulan berdasarkan pengamatan yang dilakukan menggunakan data numerik. Penelitian ini tidak menguji hipotesis tertentu, tetapi fokus pada deskripsi isi dari variabel-variabel yang ada dalam penelitian. Dengan demikian, penelitian deskriptif kuantitatif berusaha untuk menggambarkan, menganalisis, dan menjelaskan fenomena dengan menggunakan data numerik tanpa tujuan khusus untuk menguji hipotesis tertentu.

B. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada saat taruna melakukan prala selama 12 bulan di atas kapal MT. SC GOLD OCEAN yang dioperasikan oleh PT. Soechi Lines, untuk mengumpulkan data sesuai dengan topik yang diteliti mengenai

Pengaruh kebocoran minyak hidrolik terhadap *steering gear* dengan metode FMEA.

C. Populasi Dan Sampel

1. Populasi

Populasi merupakan unsur penelitian , termasuk objek dan subjek yang mempunyai ciri – ciri tertentu. Maka, populasi dalam penelitian ini mungkin mencakup semua sistem atau unit *steering gear* yang menggunakan minyak hidrolik.

2. Sampel

Sampel secara sederhana dapat didefinisikan sebagai bagian dari populasi yang menjadi sumber data sebenarnya dalam suatu penelitian. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sampel merupakan sebagian dari populasi yang dipilih untuk mewakili keseluruhan populasi yang diteliti. Sampelnya kemungkinan akan terdiri dari sejumlah unit *steering gear* yang dipilih secara acak atau sengaja untuk diuji atau dianalisis menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) guna menyebarkan pengaruh kebocoran minyak hidrolik terhadap kinerja mereka. Jumlah dan karakteristik sampel tersebut akan bergantung pada tujuan penelitian, sumber daya yang tersedia, dan batasan-batasan lain yang mungkin ada.

D. Variabel Penelitian

Variabel penelitian dapat diartikan sebagai segala sesuatu dalam bentuk apa pun yang ditetapkan oleh peneliti untuk dikaji lebih lanjut, sehingga diperoleh informasi yang relevan mengenai hal tersebut dan pada akhirnya dapat ditarik sebuah kesimpulan (Moto, 2019). Dalam penelitian ini, variabel yang digunakan terdiri dari variabel bebas (*independent variable*) dan variabel terikat (*dependent variable*). Dengan menerapkan pendekatan kuantitatif, penelitian ini diharapkan dapat menyajikan fakta yang berbasis data mengenai hubungan sebab akibat antara kebocoran minyak hidrolik terhadap kinerja *steering gear*, dengan menggunakan metode FMEA sebagai alat analisisnya.

1. Variabel Bebas (Independen)

Variabel independen merupakan variabel yang dimanipulasi atau dikendalikan oleh peneliti guna mengamati pengaruhnya terhadap variabel lain. Dalam penelitian ini, kebocoran minyak hidrolik ditetapkan sebagai variabel independen yang akan diteliti lebih lanjut untuk melihat sejauh mana kebocoran tersebut memberikan pengaruh terhadap kinerja *steering gear*.

2. Variabel Terikat (Dependen)

Variabel dependen merupakan variabel yang diukur untuk melihat pengaruh dari perubahan variabel independen. Dalam penelitian ini, variabel dependen yang dimaksud adalah kinerja *steering gear* sebagai respons langsung terhadap kebocoran minyak hidrolik yang terjadi.

E. Sumber Data Dan Teknik Pengumpulan Data

1. Sumber Data

Dalam penulisan karya ilmiah ini, terdapat dua jenis sumber data yang dimanfaatkan. Pertama, penulis melakukan observasi langsung terhadap objek penelitian guna memperoleh data yang akurat dan berubah-ubah. Langkah ini meliputi observasi langsung serta pengumpulan informasi dari objek yang diteliti. Kedua, buku-buku yang relevan dengan topik penelitian juga dijadikan sumber informasi dan referensi. Melalui literatur ini, penulis memperoleh pengetahuan yang mendukung hasil penelitian yang diperolehnya. Dengan demikian, sumber data penelitian ini terdiri dari pengamatan langsung dan literatur yang berkaitan dengan topik penelitian. Sumber data penelitian terbagi menjadi 2 (dua) yaitu :

a. Data Primer

Data primer dapat didefinisikan sebagai data yang dikumpulkan secara langsung oleh peneliti, di mana data tersebut belum pernah dikumpulkan sebelumnya melalui metode maupun periode waktu tertentu. Data jenis ini dikumpulkan secara khusus untuk memenuhi kebutuhan penelitian yang sedang dilaksanakan. Data primer umumnya diperoleh secara langsung dari sumber pertama, baik dari individu maupun pihak-pihak tertentu melalui survei lapangan, tanpa melalui perantara media apapun. Adapun keunggulan dari penggunaan data primer, selain memiliki tingkat keakuratan yang tinggi, juga mampu menghasilkan data yang lebih spesifik dan sesuai dengan tujuan penelitian, sehingga proses pengumpulan data dapat dilakukan secara

lebih efektif dan relevan dengan kebutuhan penelitian.

b. Data Sekunder

Data sekunder dapat diartikan sebagai data yang dikumpulkan oleh pihak lain, bukan berasal dari peneliti yang bersangkutan secara langsung. Data jenis ini umumnya berasal dari hasil penelitian-penelitian lain yang telah dilakukan sebelumnya. Dalam konteks penelitian kuantitatif, data sekunder merujuk pada data yang bersumber dari data primer yang sudah ada sebelumnya, kemudian diolah dan disajikan kembali dalam bentuk yang lebih sesuai dengan kebutuhan penelitian yang sedang berlangsung.

F. Teknik Analisis Data

Data kuantitatif merupakan jenis data yang berbentuk numerik dan dapat diukur serta dihitung secara akurat. Salah satu contoh penerapan data numerik dalam metode penelitian kuantitatif adalah hasil survei yang diperoleh dari responden. Dalam proses analisisnya, data kuantitatif umumnya diolah dengan menggunakan model matematika, model statistik, serta berbagai pendekatan analisis lainnya. Adapun beberapa teknik analisis data kuantitatif yang dapat digunakan antara lain meliputi:

1. Analisis Deskriptif

Analisis data deskriptif adalah metode yang digunakan untuk menguraikan dan menggambarkan data secara ringkas. Fokusnya adalah memberikan pemahaman awal tentang sifat-sifat dasar data, seperti rata-rata, media, modus, dan penyebaran data. Selain itu, teknik ini berguna

untuk mengeksplorasi hubungan antar variabel, melakukan prediksi menggunakan model regresi, dan membandingkan rata-rata data sampel.

2. Analisis FMEA

Analisis FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) merupakan suatu metode yang dilakukan secara sistematis dengan tujuan untuk mengidentifikasi berbagai potensi mode kegagalan yang mungkin terjadi dalam suatu proses, produk, ataupun sistem, beserta dampak yang ditimbulkan oleh kegagalan tersebut terhadap kinerja maupun aspek keamanan secara keseluruhan. Pada dasarnya, tujuan utama dari penerapan FMEA adalah untuk mengidentifikasi, menilai, sekaligus meminimalkan berbagai risiko potensial yang berkaitan dengan kegagalan atau cacat yang berpotensi muncul dalam sistem yang dianalisis.

Metode ini umumnya digunakan dalam berbagai industri seperti manufaktur, otomotif, kedirgantaraan, perangkat medis, dan lain-lain untuk meningkatkan keandalan, kualitas, dan keselamatan produk atau proses. FMEA biasanya dilakukan oleh sebuah tim lintas disiplin yang terdiri dari ahli teknis dan pengambil keputusan yang memiliki pengetahuan mendalam tentang sistem atau proses yang sedang dianalisis. Langkah-langkah analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Identifikasi Potensi Mode kegagalan

Langkah pertama dalam FMEA adalah mengidentifikasi semua potensi mode kegagalan yang mungkin terjadi akibat kebocoran minyak hidrolik pada sistem *steering gear*. Ini melibatkan penelusuran secara

sistematis terhadap berbagai kemungkinan masalah atau kegagalan yang dapat mempengaruhi kinerja sistem.

b. Penilaian Terhadap Dampak Kegagalan

Setelah mengidentifikasi mode kegagalan, langkah berikutnya adalah menilai dampak dari setiap mode kegagalan tersebut terhadap kerja dan fungsi sistem *steering gear*. Dampak dapat dinilai berdasarkan kriteria seperti tingkat keparahan (Severity), baik dari segi operasional maupun keselamatan.

c. Penilaian Terhadap Kemungkinan Terjadinya Kegagalan

Langkah selanjutnya adalah menilai seberapa sering atau seberapa mungkin mode kegagalan tersebut akan terjadi dalam kondisi operasional. Penilaian ini mempertimbangkan faktor-faktor seperti kondisi operasional normal, kondisi lingkungan, dan frekuensi penggunaan sistem.

d. Penilaian Terhadap Deteksi Kegagalan

Langkah berikutnya adalah menilai seberapa efektif sistem atau metode deteksi yang ada dalam mendeteksi atau mengidentifikasi mode kegagalan sebelum mencapai pengguna atau sebelum berdampak signifikan terhadap kinerja sistem. Evaluasi ini mencakup kehandalan metode deteksi yang digunakan.

e. Peringkatkan Risiko Kegagalan

Dengan mempertimbangkan hasil dari langkah-langkah sebelumnya, setiap mode kegagalan dinilai secara komprehensif berdasarkan risiko yang terkait. Peringkat risiko biasanya dihitung

menggunakan formula tertentu yang menggabungkan tingkat keparahan, kemungkinan terjadinya, dan efektivitas deteksi.

f. Pengembangan Tindakan Pencegahan dan Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis FMEA, langkah terakhir adalah mengembangkan rencana tindakan pencegahan dan perbaikan. Ini termasuk menentukan langkah-langkah konkret untuk mengurangi atau menghilangkan potensi mode kegagalan yang memiliki risiko tinggi, serta meningkatkan keandalan dan keselamatan sistem secara keseluruhan.

g. Implementasi dan Monitoring

Setelah tindakan pencegahan dan perbaikan diimplementasikan, penting untuk terus memantau efektivitasnya serta melakukan revisi pada analisis FMEA jika ada perubahan kondisi atau faktor yang mempengaruhi sistem *steering gear*.

Dengan mengikuti langkah-langkah ini secara sistematis, penelitian dapat memberikan pemahaman yang mendalam tentang bagaimana kebocoran minyak hidrolik mempengaruhi kinerja sistem *steering gear*.