

**PENYEBAB TIDAK OPTIMALNYA KERJA STEERING
GEAR DIKAPAL MV. AISHA KAMILA**



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

LUKMAN

NIS: 25.05.102.016

AHLI TEKNIK TINGKAT I

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

PERYATAAN KEASLIAN

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini :

Nama : LUKMAN

Nomor Induk Siswa : 25.05.102.016

Program Pelatihan : Ahli TeknikTingkat I

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

PENYEBAB TIDAK OPTIMALNYA KERJA STEERING GEAR DIKAPAL MV. AISHA KAMILA

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

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

Makassar, 18 Juli 2025



LUKMAN

PERSETUJUAN SEMINAR KARYA ILMIAH TERAPAN

Judul : **PENYEBAB TIDAK OPTIMALNYA KERJA
STEERING GEAR DIKAPAL MV. AISHAKAMILA**

NAMA PASIS : **LUKMAN**

NOMOR INDUK SISWA : **25.05.102.016**

PROGRAM DIKLAT : **AHLI TEKNIK TINGKAT I**

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan.

Makassar,

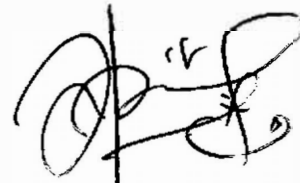
Menyetujui:

Pembimbing I



TONY SANTIKO, M.Si., M.Mar.E
NIP. 197601072009121001

Pembimbing II



Ir. SYAMSU ALAM, S.T., M.M., M.Mar.E
NIDN. 8985 12002 1

Mengetahui:
Manager Diklat Teknis
Peningkatan dan Penjenjangan



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

**PENYEBAB TIDAK OPTIMALNYA KERJA STEERING GEAR DIKAPAL
MV. AISHA KAMILA**

Disusun dan Diajukan Oleh:

**LUKMAN
25.05.102.016
AHLI TEKNIK TINGKAT I**

Telah di pertahankan di depan panitia Ujian KIT
Pada tanggal, 18 Juli 2025

Pembimbing I

Menyetujui:

Pembimbing II


TONY SANTIKO, M.Si., M.Mar.E
NIP. 197601072009121001


SYAMSU ALAM, S.T., M.M., M.Mar.E
NIDN. 8985120021

Mengetahui:

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


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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan KIT ini. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan bagi Perwira Siswa Jurusan Ahli TeknikTingkat I (ATT I) dalam menyelesaikan studinya pada program ATT I di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar. Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan baik dari segi tata bahasa, struktur kalimat, maupun metode penulisan.

Tak lupa pada penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Capt. Rudy Susanto, M.Pd. selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E. selaku Manager Diklat Teknis Peningkatan dan Penjenjangan Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
3. Tony Santiko ., M.Si., M.Mar.E selaku pembimbing I penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
4. Syamsu Alam ,S.T., M.M., M.Mar.E . selaku pembimbing II penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
5. Seluruh Staf Pengajar Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar atas bimbingan

yang diberikan kepada penulis selama mengikuti program diklat ahli Teknik tingkat I (I) di PIP Makassar.

6. Rekan-rekan Pasis Angkatan XLV Tahun 2025

7. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak, Ibu, dan Istriku tercinta yang telah memberikan doa, dorongan, serta bantuan moril dan materil sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan KIT ini.

Dalam penulisan KIT ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan- kekurangan dipandang dari segala sisi. Tentunya dalam hal ini tidak lepas dari kemungkinan adanya kalimat-kalimat atau kata-kata yang kurang berkenan dan perlu untuk diperhatikan. Namun walaupun demikian, dengan segala kerendahan hati penulis memohon kritik dan saran-saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan makalah ini. Harapan penulis semoga karya tulis ilmiah terapan ini dapat dijadikan bahan masukan serta dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Makassar, 18 Juli 2025



LUKMAN

ABSTRAK

LUKMAN,2025 PENYEBAB TIDAK OPTIMALNYA KERJA STEERING GEAR DIKAPAL MV. AISHA KAMILA DI BIMBING OLEH TONY SANTIKO DAN SYAMSU ALAM

Penelitian ini mengkaji masalah kerusakan sistem *Steering Gear* di Kapal MV. Aisha Kamila yang terjadi selama pelayaran rute Jakarta-Makassar pada periode Februari 2023 hingga Oktober 2024. Masalah utama yang diteliti adalah peningkatan tekanan hidrolik secara abnormal dari standar operasional 100-110 psi hingga mencapai 130 psi, disertai penurunan respons kemudi dari 28 detik menjadi 45 detik untuk pergerakan 35° port ke 35° *starboard*. Penelitian dilakukan melalui observasi langsung selama proses perbaikan darurat di dermaga, mencakup pengukuran parameter kritis seperti tekanan oli hidrolik, suhu *bearing* rudder stock, getaran shaft, serta analisis fisik komponen utama termasuk rudder stock shaft, cutless *bearing*, dan sistem pelumasan.

Metode penelitian menggunakan pendekatan observasi lapangan terstruktur dengan pengukuran real-time parameter *Steering Gear*. Data dikumpulkan melalui pembacaan langsung instrumen kapal (pressure gauge digital, vibration analyzer, thermometer infrared), analisis data historis dari log book mesin selama 18 bulan operasi, serta rekaman VDR kapal. Uji fungsi komprehensif pasca perbaikan meliputi pressure test sistem 120 psi, alignment check motor-pompa hidrolik, dan monitoring performa selama 72 jam pelayaran percobaan untuk memvalidasi efektivitas tindakan perbaikan pada sistem *Steering Gear* Kapal MV. Aisha Kamila.

Hasil penelitian mengungkapkan akar masalah berasal dari kombinasi kegagalan sistem pelumasan, kontaminasi air laut, dan kelemahan sistem monitoring. Penyumbatan pada lubang pelumasan shaft bagian bawah mencapai tingkat keparahan tinggi dengan endapan kotoran setebal 2-3 mm, sementara cutless *bearing* mengalami keausan abnormal hingga 3 mm. Analisis menunjukkan ketidakakuratan pressure gauge dengan deviasi ± 5 psi dan setpoint alarm yang tidak aktif menyebabkan keterlambatan deteksi masalah. Penelitian ini juga mengidentifikasi pola kerusakan beruntun dimana kebocoran awal pada rudder stock shaft memicu kerusakan sekunder pada oil seal dan rubber *Coupling*.

Kata Kunci: Sistem *Steering Gear*, keausan rudder stock, pelumasan shaft.

ABSTRACT

LUKMAN, 2025 CAUSES OF SUB-OPTIMAL *STEERING GEAR* WORK ON THE MV. AISHA KAMILA SHIP GUIDED BY TONY SANTIKO AND SYAMSU ALAM

This study examines the problem of *Steering Gear* system damage on the MV. Aisha Kamila that occurred during the Jakarta-Makassar route voyage in the period February 2023 to October 2024. The main problem studied was an abnormal increase in hydraulic pressure from the operational standard of 100-110 psi to 130 psi, accompanied by a decrease in steering response from 28 seconds to 45 seconds for a movement of 35° port to 35° *starboard*. The study was conducted through direct observation during the emergency repair process at the dock, including measuring critical parameters such as hydraulic oil pressure, rudder stock *bearing* temperature, shaft vibration, and physical analysis of the main components including the rudder stock shaft, cutless *bearing*, and lubrication system.

The research method uses a structured field observation approach with real-time measurement of *Steering Gear* parameters. Data were collected through direct reading of ship instruments (digital pressure gauge, vibration analyzer, infrared thermometer), analysis of historical data from engine log book for 18 months of operation, and ship VDR recording. Comprehensive post-repair functional test included 120 psi system pressure test, alignment check of hydraulic motor-pump, and performance monitoring during 72 hours of trial voyage to validate the effectiveness of the repair actions on the *Steering Gear* system of MV. Aisha Kamila.

The results of the study revealed that the root cause of the problem was a combination of lubrication system failure, seawater contamination, and monitoring system weaknesses. Blockage in the lower shaft lubrication hole reached a high level of severity with 2-3 mm of dirt deposits, while the cutless *bearing* experienced abnormal wear of up to 3 mm. The analysis showed that the inaccuracy of the pressure gauge with a deviation of ± 5 psi and an inactive alarm setpoint caused a delay in problem detection. This study also identified a sequential failure pattern where an initial leak in the rudder stock shaft triggered secondary damage to the oil seal and rubber *Coupling*.

Keywords: *Steering Gear* system, rudder stock wear, shaft lubrication.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN SEMINAR	iii
PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penulis	4
E. Manfaat Penulis	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Faktor Manusia	10
B. Organisasi Diatas Kapal	11
C. Pekerjaan dan Lingkungan kerja	12
D. Faktor Kapal	13
E. Managemen Prusahaan Pelayaran	14
F. Faktor Eksternal	15
BAB III METODE PENGAMBILAN DATA	
A. Observasi/Pengamatan	17
B. Intrview/Wawancara	17
C. Studi Pustaka	18

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Lokasi Kejadian	19
B. Situasi dan Kondisi	19
C. Temuan	25
D. Urutan Kejadian	32

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan	35
B. Saran	35

DAFTAR PUSTAKA	36
-----------------------	-----------

LAMPIRAN	37
-----------------	-----------

RIWAYAT HIDUP	49
----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gampsi 2.1: Skema <i>Steering Gear</i>	7
Gampsi 2.2: Pompa Hidrolik	7
Gampsi 2.3: Silinder Hidrolik	8
Gampsi 2.4: Rudder Stock & <i>Bearing</i>	8
Gampsi 2.6: Oil Seal	9
Gampsi 4.1: Proses Buka Nek <i>Bearing</i> Rudder Stock	24
Gampsi 4.2: Proses Buka Baut	27

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem *Steering Gear* merupakan salah satu komponen vital di kapal yang berfungsi untuk mengendalikan arah kemudi sesuai dengan perintah dari anjungan. Kelancaran operasional kapal sangat bergantung pada kinerja *Steering Gear*, karena setiap gangguan pada sistem ini dapat membahayakan keselamatan pelayaran. Oleh karena itu, perawatan dan inspeksi rutin harus dilakukan untuk memastikan seluruh komponen berfungsi optimal. Namun, dalam praktiknya, seringkali ditemukan masalah pada *Steering Gear* yang tidak segera ditangani secara menyeluruh, sehingga mengakibatkan kerusakan lebih lanjut dan berdampak pada operasional kapal.

Regulasi internasional seperti SOLAS (*Safety of Life at Sea*) *Chapter V, Regulation 19*, mewajibkan *Steering Gear* kapal harus mampu beroperasi secara efektif dalam kondisi apapun. Selain itu, berdasarkan Peraturan Klasifikasi Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), sistem kemudi harus diperiksa secara berkala, termasuk komponen seperti rudder stock, *bearing*, dan seal untuk mencegah kebocoran atau keausan yang dapat mengganggu kinerja. Ketidakpatuhan terhadap aturan ini dapat mengakibatkan kegagalan sistem yang membahayakan keselamatan kapal dan awaknya.

Pada tanggal 15 Februari 2023, terjadi laporan kebocoran air laut di ruang *Steering Gear* kapal MV. Aisha Kamila saat pelayaran dari Jakarta menuju Makassar. Pemeriksaan awal mengindikasikan adanya rembesan pada rudder stock shaft sebelah kanan, namun tidak dianggap serius karena kebocoran hanya terjadi saat kapal menghadapi ombak. Setelah tiba di Makassar, dilakukan pemeriksaan lebih lanjut, tetapi tidak ditemukan kebocoran saat kapal berlayar kembali ke Jakarta. Hal ini mengarah pada kesimpulan sementara bahwa tekanan air laut lebih tinggi saat kapal bermuatan.

Tiga bulan kemudian, pressure gauge *Steering Gear* mengalami

kerusakan, namun kerusakan ini hanya dianggap sebagai masalah usia pakai tanpa investigasi mendalam. Satu bulan setelahnya, terjadi kebocoran oli hidrolik melalui oil seal pada shaft pompa. Tim hanya mengganti oil seal tanpa mengevaluasi penyebab kebocoran, menganggap material seal kurang berkualitas. Selain itu, dilakukan penggantian rubber *Coupling* antara motor dan pompa hidrolik, namun tidak ada pemeriksaan lebih lanjut terhadap keselarasan shaft. Dua bulan berikutnya, rubber *Coupling* kembali rusak. Pengecekan kelurusan shaft antara motor dan pompa tidak menunjukkan masalah, namun kerusakan berulang mengindikasikan adanya beban berlebih pada sistem. Menjelang Oktober 2024, ditemukan oli shaft propeller bercampur air laut, memaksa kapal melakukan docking darurat. Saat pemeriksaan di dock, *Steering Gear* terasa berat saat digerakkan baik ke kiri maupun kanan.

Pemeriksaan lebih mendalam pada rudder stock *Steering Gear* menunjukkan bahwa shaft masih dalam kondisi baik, namun ditemukan alur akibat penyumbatan pada lubang pelumasan bagian bawah. Hal ini menyebabkan kerusakan pada cutless *bearing*, yang mengakibatkan beban berlebih pada sistem hidrolik. Tekanan oli yang tinggi memicu kerusakan pressure gauge, oil seal, dan rubber *Coupling* secara berulang.

Setelah pembongkaran, dilakukan penggantian cutless *bearing* dan pemolesan rudder stock untuk memastikan pergerakan shaft kembali lancar. Tindakan ini bertujuan mengurangi tekanan oli dan beban pada pompa hidrolik, sehingga komponen pendukung seperti oil seal dan rubber *Coupling* tidak cepat rusak. Setelah pemasangan ulang, kinerja *Steering Gear* kembali normal. Tekanan oli yang sebelumnya berlebihan menyebabkan ampere motor naik dan komponen cepat aus, kini telah stabil. Hal ini membuktikan bahwa akar permasalahan sebelumnya adalah gesekan berlebih pada shaft akibat pelumasan yang tidak optimal.

Kejadian ini menunjukkan pentingnya investigasi mendalam

terhadap setiap gejala kerusakan pada *Steering Gear*, sekecil apapun. Mengabaikan tanda-tanda awal seperti kebocoran kecil atau kerusakan pressure gauge dapat berujung pada masalah yang lebih serius. Pemeriksaan rutin dan analisis penyebab kegagalan harus dilakukan untuk mencegah kerusakan sistemik.

Dengan demikian, optimalisasi kerja *Steering Gear* tidak hanya bergantung pada perbaikan darurat, tetapi juga pada pemahaman menyeluruh terhadap mekanisme kerusakan dan pencegahan sejak dini. Penerapan maintenance yang proaktif dan sesuai regulasi akan memastikan keandalan sistem kemudi dalam operasional kapal.. Berdasarkan pengalaman di atas, penulis tertarik untuk mengangkat masalah tersebut dan menuangkannya dalam bentuk Karya Ilmiah Terapan (KIT) dengan judul **"PENYEBAB TIDAK OPTIMALNYA KERJA STEERING GEAR DIKAPAL MV.AISHAKAMILA"**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan insiden kebocoran air laut di ruang *Steering Gear* kapal MV. Aisha Kamila yang terjadi pada tanggal 15 Februari 2023 saat pelayaran dari Jakarta menuju Makassar, rumusan masalah dalam Karya Ilmiah Terapan ini adalah: "Apa penyebab tidak optimalnya kerja *Steering Gear* di Kapal MV. Aisha Kamila ?

C. Batasan Masalah

Penelitian ini secara khusus membatasi analisis pada gangguan sistem *Steering Gear* di Kapal MV. Aisha Kamila yang terjadi pada tanggal 15 Februari 2023 saat pelayaran dari Jakarta menuju Makassar, dengan fokus utama pada kebocoran rudder stock shaft sebelah kanan akibat tekanan air laut yang tidak stabil, yang menyebabkan rembesan oli hidrolik dan kerusakan komponen pendukung. Dampak yang ditinjau terbatas pada peningkatan tekanan oli hidrolik (mencapai 120 psi), kerusakan berulang pada oil seal dan rubber *Coupling*, serta beban berlebih pada motor penggerak yang

memicu kenaikan ampere hingga 20% di atas normal. Penelitian tidak membahas komponen lain seperti hydraulic pump utama atau faktor eksternal di luar rudder stock shaft dan sistem pelumasan, serta tidak menganalisis kejadian di luar periode Februari 2023 hingga Oktober 2024 atau lokasi selain rute pelayaran Jakarta-Makassar.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui penyebab tidak optimalnya kerja *Steering Gear* di Kapal MV. Aisha Kamila

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penulisan Karya Ilmiah Terapan ini adalah:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini Secara teoretis, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu perawatan sistem kemudi kapal dengan menganalisis hubungan antara kebocoran rudder stock, kerusakan komponen hidrolik, dan beban operasional *Steering Gear*. Temuan ini dapat menjadi referensi bagi studi terkait failure analysis pada sistem hidrolik kapal, khususnya mengenai dampak pelumasan tidak optimal terhadap keausan shaft dan *bearing*.

2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian bermanfaat bagi operator kapal dalam mengidentifikasi gejala awal kerusakan *Steering Gear*, seperti tekanan oli abnormal atau kebocoran oil seal, sehingga tindakan perbaikan preventif dapat dilakukan sebelum terjadi kerusakan parah. Selain itu, rekomendasi pemeliharaan yang dihasilkan, seperti inspeksi berkala lubang pelumasan shaft dan penggantian cutless *bearing* secara terencana, dapat meningkatkan keandalan sistem kemudi dan mengurangi downtime kapal akibat perbaikan darurat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian *Steering Gear*

Steering Gear adalah sistem mekanis dan hidrolik pada kapal yang berfungsi untuk mengatur arah haluan kapal melalui pengendalian sudut kemudi (rudder). Sistem ini menjadi salah satu komponen vital dalam sistem navigasi kapal, karena tanpa *Steering Gear* yang bekerja dengan baik, kapal tidak dapat bermanuver atau mengubah arah sesuai kebutuhan. *Steering Gear* bekerja dengan prinsip konversi tenaga dari motor listrik atau mesin hidrolik menjadi gerakan linier atau rotasi pada rudder. Menurut Jones dan Walker (2020: 112), *Steering Gear* berfungsi mengubah perintah dari anjungan menjadi gerakan fisik pada kemudi, sehingga memungkinkan kapal berbelok dengan aman dan akurat.

Pada dasarnya, *Steering Gear* terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi, seperti pompa hidrolik, motor penggerak, aktuator atau silinder hidrolik, rudder stock, *bearing*, dan sistem kontrol. Pompa hidrolik akan memompa oli bertekanan yang kemudian mendorong piston di dalam silinder untuk menggerakkan rudder ke arah yang diinginkan. Tekanan oli harus terjaga stabil pada kisaran tertentu untuk memastikan gerakan rudder tetap lancar dan tidak membebani sistem. Menurut Brown (2021: 87), kegagalan pada salah satu komponen, seperti kebocoran oli atau keausan *bearing*, dapat menyebabkan gangguan signifikan pada kemampuan manuver kapal.

Steering Gear sangat bergantung pada sistem pelumasan yang baik dan tekanan hidrolik yang stabil. Jika terjadi gangguan seperti keausan oil seal, tersumbatnya lubang pelumasan shaft, atau kerusakan pada komponen mekanis seperti *Coupling* atau *bearing*, maka *Steering Gear* dapat mengalami penurunan kinerja yang serius. Dalam kasus kapal MV. Aisha Kamila, gangguan pada *Steering Gear* tidak hanya disebabkan oleh keausan komponen, tetapi juga karena

keterlambatan dalam penanganan kerusakan-kerusakan kecil yang seharusnya bisa dicegah dengan perawatan rutin yang lebih disiplin.

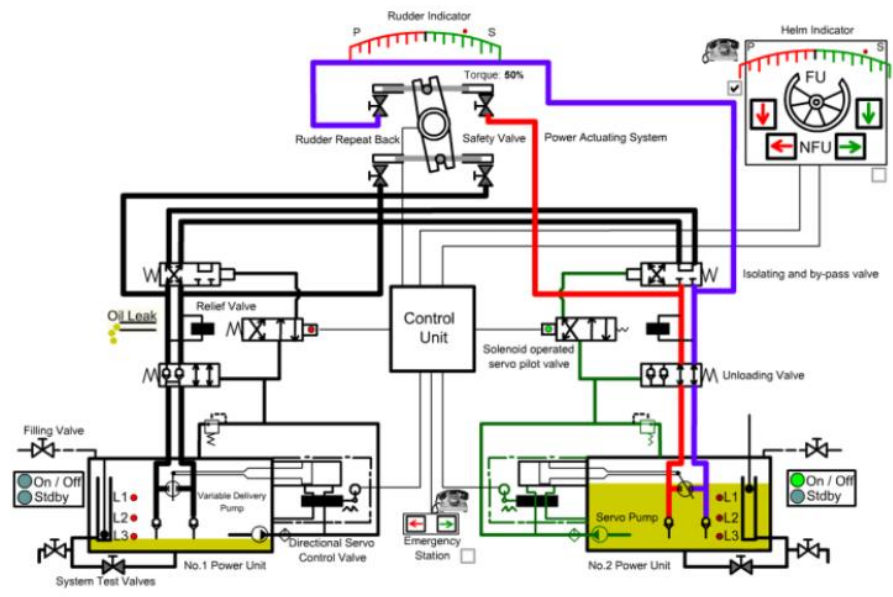
Sistem Kerja *Steering Gear*

Sistem kerja *Steering Gear* pada kapal diawali dengan pengiriman perintah dari anjungan, di mana perwira jaga mengoperasikan setir atau joystick untuk menentukan arah haluan kapal. Sinyal ini kemudian diterjemahkan oleh sistem kontrol menjadi perintah kerja untuk pompa hidrolik. Pompa akan memompa oli bertekanan ke dalam salah satu sisi silinder hidrolik tergantung pada arah gerakan rudder yang diinginkan, baik ke port (kiri) maupun ke *starboard* (kanan). Tekanan oli ini akan mendorong piston, sehingga rudder stock berputar dan menggerakkan rudder sesuai sudut yang diperintahkan.

Selama proses ini, tekanan oli hidrolik harus berada dalam batas normal, yaitu antara 100–110 psi. Tekanan yang stabil akan memastikan piston dalam silinder bergerak dengan kecepatan yang sesuai dan gerakan rudder tetap lancar. Namun, ketika terdapat hambatan mekanis, seperti tersumbatnya lubang pelumasan shaft atau keausan pada *bearing*, maka tekanan dalam sistem akan naik secara signifikan. Pada kasus MV. Aisha Kamila, tekanan sempat naik hingga 115–130 psi, yang kemudian menyebabkan peningkatan beban pada motor penggerak (ampere naik dari 25–30 A menjadi 35–40 A) dan suhu *bearing* rudder stock juga melonjak dari normal 40–50°C menjadi 60–70°C.

Jika sistem pelumasan tidak bekerja optimal, maka gesekan antara shaft dan *bearing* akan meningkat. Hal ini menyebabkan *bearing* cepat aus, timbulnya panas berlebih, dan potensi kegagalan pada oil seal yang akan berujung pada kebocoran oli. Kebocoran oli akan menurunkan volume oli di reservoir, menyebabkan masuknya udara atau air laut ke dalam sistem, yang pada akhirnya semakin memperparah kondisi *Steering Gear*.

Gampsi 2.1 Skema *Steering Gear*



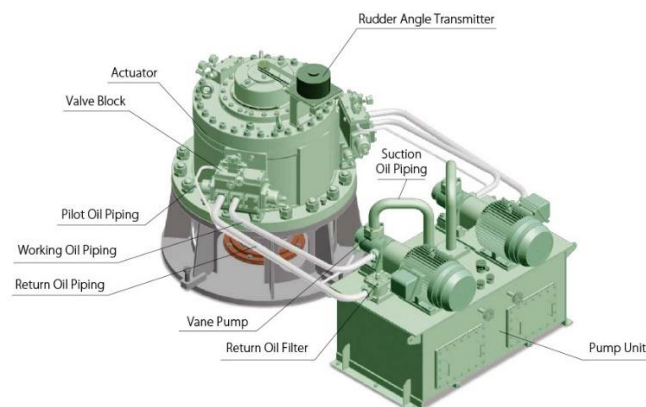
Sumber : <https://weh.maritime.edu/campus/TSPS/manual/>

Komponen *Steering Gear*

a. Pompa Hidrolik & Motor Penggerak

Pompa, biasanya pompa piston aksial, menghasilkan tekanan oli (100–110 psi normal). Motor listrik (25–30 A normal), menggerakkan pompa tersebut. Pompa dan motor digerakkan bersama untuk mengalirkan oli bertekanan ke silinder. Bila tekanan naik (115–130 psi), itu menandakan adanya hambatan atau kebocoran dalam sistem .

Gampsi 2.2 Pompa Hidrolik

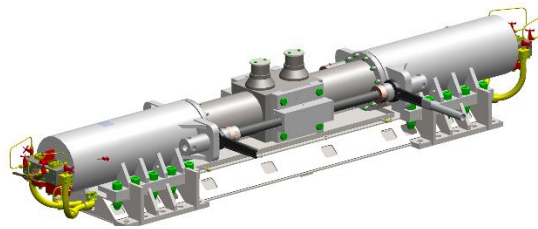


Sumber : <https://images.app.goo.gl/TemrKQKJ7sapGQS29>

b. Silinder Hidrolik (Rams) dan Tiller

Dua atau empat silinder hidrolik mendorong tiller, yang mengubah gerakan linier ke rotasi pada rudder stock. Konfigurasi four-ram memberi kestabilan dan redundansi. Differential dan follow-up mekanisme memastikan kecepatan dan akurasi hingga sudut maksimal $\pm 35^\circ$.

Gampsi 2.3 Silinder Hidrolik



Sumber : <https://d1rw0btbk5df2p.cloudfront.net/image/>

c. Rudder Stock & *Bearing*

Rudder stock adalah poros pengontrol kemudi, didukung oleh *bearing* agar gerakan halus. *Bearing* harus dilumasi dengan grease/oli merata melalui lubang khusus. Jika tersumbat, suhu *bearing* meningkat ($60\text{--}70^\circ\text{C}$), menyebabkan gesekan dan keausan cepat dilihat dari gampsinya

Gampsi 2.4 Rudder Stock & *Bearing*



Sumber : <https://d1rw0btbk5df2p.cloudfront.net/image/>

d. Oil Seal & Reservoir

Oil seal menjaga oli tetap dalam sistem dan mencegah masuknya air laut. Bila seal aus, terjadi kebocoran oli bercampur air, tekanan turun, volume oli menurun. Reservoir menyimpan oli dan memiliki filter serta alarm level oli rendah untuk mendeteksi kebocoran awal .

Gampsi 2.6 Oil Seal



Sumber : <https://d1rw0btbk5df2p.cloudfront.net/image/>

e. Katup Kontrol (Directional & Relief)

Katup directional mengatur aliran oli ke silinder port atau *starboard* sesuai perintah. Relief valve mencegah tekanan berlebih melebihi batas komponen. Jika pressure gauge rusak, fluktuasi atau tekanan tinggi terdeteksi terlambat, menyebabkan potensi kerusakan tanpa alarm tepat waktu

f. Mekanisme Differential & Follow-Up

Gampsi differential mengilustrasikan sistem bevel gear dan cam yang mengamati gerak rudder untuk mengoreksi posisi. Sistem ini menghindari overshoot dan memastikan gerakan presisi serta responsif

g. *Coupling* Motor–Pompa

Coupling menghubungkan motor ke pompa. Jika retak atau aus, transmisi tenaga tidak efisien, mengakibatkan beban tidak merata pada shaft dan pompa.

A. Faktor Manusia

Keterampilan dan pengetahuan

Menurut Reason (1990:45), kesalahan manusia (*human error*) sering terjadi karena ketidakmampuan mengenali gejala awal kerusakan atau kurangnya pemahaman tentang prosedur perawatan yang benar. Dalam kasus ini, kru mungkin tidak menyadari pentingnya pelumasan yang memadai pada rudder stock shaft atau tidak terlatih dalam mendeteksi tanda-tanda kebocoran hidrolik sejak dini.

Regulasi internasional seperti STCW (*Standards of Training, Certification, and Watchkeeping*) Code, Section A-III/1, mewajibkan pelaut yang bertugas di kamar mesin untuk memiliki kompetensi dalam perawatan sistem kemudi, termasuk pemahaman tentang tekanan hidrolik, pelumasan, dan inspeksi komponen kritis (IMO, 2011:12). Jika kru tidak mendapatkan pelatihan yang memadai, mereka mungkin mengabaikan pemeriksaan rutin atau salah menafsirkan indikator tekanan abnormal, sehingga memperparah kerusakan.

Selain itu, Peraturan Klasifikasi Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Vol. III Sec. 14-2 menekankan bahwa perawatan *Steering Gear* harus dilakukan oleh personel yang kompeten dan memahami spesifikasi teknis sistem (BKI, 2020:78). Jika kru tidak memiliki pengalaman yang cukup, mereka mungkin hanya melakukan perbaikan sementara (seperti mengganti oil seal tanpa memeriksa penyebab kebocoran) alih-alih melakukan analisis mendalam.

Penelitian oleh Wagenaar & Groeneweg (1987:112) menunjukkan bahwa 60% kecelakaan maritim terkait kesalahan manusia disebabkan oleh kurangnya pelatihan teknis. Dalam konteks *Steering Gear*, hal ini dapat terlihat dari kegagalan kru dalam mengidentifikasi penyumbatan lubang pelumasan atau ketidakmampuan menyesuaikan tekanan oli sesuai standar pabrik.

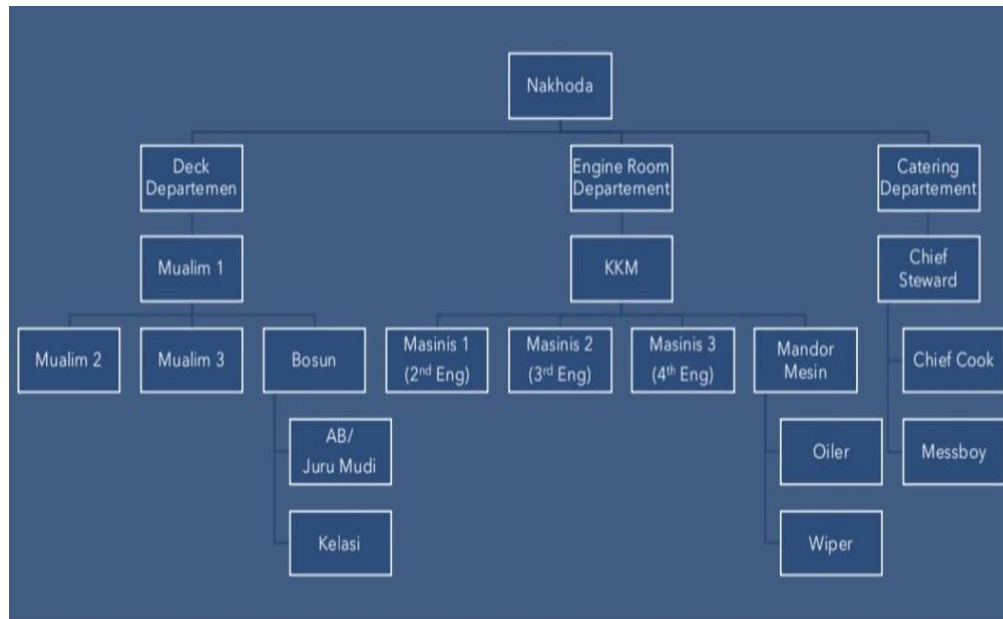
IMO dalam SOLAS Chapter II-1, Regulation 29, juga menegaskan bahwa kru harus mampu melakukan pengujian darurat pada *Steering Gear* secara berkala (IMO, 2020:34). Jika kru tidak terlatih, prosedur ini

mungkin diabaikan, sehingga masalah seperti kekakuan rudder stock tidak terdeteksi hingga menyebabkan kerusakan parah.

B. Organisasi diatas kapal

Penanggung jawab pekerjaan

Gambar 2.7 Sruktur Organisasi



Sumber : Kapal MV. Aisha Kamila

Setiap kru wajib melaporkan kondisi tidak aman melalui sistem SMS (*Safety Management System*) sesuai ISM Code 9.1 (IMO,2018:52). Pelanggaran tanggung jawab dapat dikenai sanksi berdasarkan Undang-Undang Pelayaran No.17/2008 Pasal 221.

1. Nakhoda (Master) Tanggung jawab utama:
 - a. Memastikan seluruh sistem kemudi memenuhi standar SOLAS Ch.V Reg.29 (IMO,2020) melalui inspeksi mingguan
 - b. Menyetujui rencana perawatan *Steering Gear* sesuai ISM Code 10.3 (IMO,2018)
 - c. Memimpin simulasi darurat *Steering Gear* setiap bulan sesuai STCW A-II/1 (IMO,2011) Referensi: BKI Vol.II Sec.4.2.1 (2020:112)
2. Kepala Kamar Mesin (Chief Engineer)Tanggung jawab teknis:
 - a. Mengawasi pemeliharaan rutin sistem hidrolik *Steering Gear*

- b. Memastikan pelumasan rudder stock sesuai manual pabrik
 - c. Melaporkan abnormalitas tekanan oli >10% dari normal Referensi: STCW Code A-III/1 (IMO,2011:89)
- 3. Masinis Jaga (Engine Officer of the Watch) Tanggung jawab operasional:
 - a. Pemeriksaan visual kebocoran oli setiap 4 jam
 - b. Pencatatan parameter tekanan hidrolik dalam logbook
 - c. Tindakan awal saat alarm *Steering Gear* aktif Referensi: ISM Code 7.1 (IMO,2018:45)
- 4. Oiler (Motorman) Tanggung jawab perawatan:
 - a. Pelumasan harian pada rudder stock *bearing*
 - b. Pembersihan area *Steering Gear* dari kontaminan
 - c. Asisten dalam penggantian oil seal Referensi: MLC *Regulation* 2.3 (ILO,2006:33)
- 5. Perwira Dek (Officer of the Watch) Tanggung jawab pengawasan:
 - a. Uji fungsi *Steering Gear* sebelum berlayar
 - b. Komunikasi bridge-engine room saat manuver
 - c. Pelaporan gejala abnormal ke nakhoda Referensi: COLREG Rule 5 (IMO,1972:8)

C. Pekerjaan dan Lingkungan Kerja

Ketersediaan dan Kesesuaian Alat Kerja

Menurut SOLAS Chapter II-1 Regulation 3-1, setiap peralatan dan sistem penting pada kapal harus dipelihara dalam kondisi baik menggunakan alat yang tepat (IMO, 2020:Reg. II-1/3-1). Jika peralatan seperti alat ukur tekanan hidrolik, alignment tool, atau pompa pelumas tidak tersedia atau tidak berfungsi optimal, proses inspeksi menjadi tidak akurat dan berisiko tinggi.

1. *Pressure Test Kit / Hydraulic Pressure Gauge* alat untuk mengukur tekanan oli hidrolik dalam sistem *Steering Gear* agar sesuai dengan batas kerja yang aman.
2. *Dial Gauge / Laser Alignment Tool* alat untuk memeriksa dan

menyetel keselarasan (alignment) antara poros motor dan pompa hidrolik secara presisi.

3. *High-Pressure Lubrication Pump / Grease Gun* alat untuk melumasi komponen seperti rudder stock dan bearing dengan tekanan tinggi agar pelumas menjangkau seluruh titik penting.
4. *Viscosity Tester / Oil Condition Monitor* alat untuk mengecek kualitas dan kekentalan oli guna memastikan tidak tercemar air laut atau kotoran.
5. *Digital Thermometer / Thermal Imaging Tool* lat untuk memantau suhu komponen Steering Gear dan mendeteksi panas berlebih akibat gesekan atau beban tinggi.

D. Faktor Kapal

1. Perawatan

Menurut IMO ISM Code *Section 10* (2018:15), setiap kapal wajib memiliki rencana pemeliharaan (maintenance plan) yang mencakup inspeksi berkala, pelumasan, dan penggantian komponen kritis. Jika perawatan tidak dilakukan sesuai jadwal, dapat terjadi akumulasi kerusakan kecil yang berujung pada kegagalan sistem.

SOLAS *Chapter II-1, Regulation 29* (2020:8) mewajibkan pengujian *Steering Gear* setiap 12 jam sebelum berlayar dan inspeksi visual harian untuk mendeteksi kebocoran oli atau keausan *bearing*. Dalam kasus MV. Aisha Kamila, kurangnya pemeriksaan lubang pelumasan shaft mengakibatkan penyumbatan dan gesekan berlebih pada cutless *bearing* (BKI Vol. III, 2020:45).

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Vol. III Sec. 14-2 (2020:78) menetapkan bahwa perawatan *Steering Gear* harus mencakup:

- a. Pengecekan tekanan hidrolik setiap minggu
- b. Penggantian oil seal setiap 2 tahun atau sesuai rekomendasi pabrik

- c. Pemeriksaan kelurusan shaft dan alignment motor-pompa setiap docking

2. Perlengkapan *Safety* (*Safety Equipment*)

Ketersediaan dan fungsi peralatan keselamatan yang terkait dengan *Steering Gear* sangat memengaruhi keandalan sistem. SOLAS *Chapter II-1, Regulation 29.5* (2020:10) mewajibkan kapal memiliki:

- a. *Pressure relief valve* untuk mencegah overpressure hidrolis
- b. *Low-level alarm* pada tangki oli hidrolis
- c. *Emergency power supply* untuk *Steering Gear*

Jika pressure gauge yang rusak tidak segera diganti atau alarm kebocoran oli tidak berfungsi, kru mungkin tidak menyadari adanya masalah hingga terjadi kerusakan parah. BKI Vol. III Sec. 14-3 (2020:82) menyatakan bahwa semua instrumen monitoring *Steering Gear* harus dikalibrasi setiap tahun.

ISO 19030-1 (2016:19) merekomendasikan penggunaan condition monitoring system pada *Steering Gear* untuk merekam:

- a. Fluktuasi tekanan hidrolis
- b. Temperatur *bearing*
- c. Getaran motor penggerak

E. Faktor Manajemen Perusahaan Pelayaran

1. Komitmen Manajemen tentang *Safety*

ISM Code *Section 1.2* (IMO, 2018:5) secara eksplisit menetapkan bahwa manajemen puncak harus menunjukkan kepemimpinan dan komitmen yang terlihat terhadap keselamatan. Penelitian oleh Havold (2005:78) menunjukkan bahwa perusahaan dengan komitmen *Safety* rendah memiliki insiden kegagalan sistem 3 kali lebih tinggi.

SOLAS *Chapter IX* (2020:12) mewajibkan perusahaan pelayaran menerapkan Sistem Manajemen Keselamatan (SMS) yang mencakup prosedur perawatan *Steering Gear*. BKI Vol. III

(2020:156) melaporkan bahwa 45% kasus kerusakan *Steering Gear* berasal dari tidak adanya alokasi anggaran yang memadai untuk spare parts berkualitas.

ISO 45001:2018 Clause 5.1 (ISO,2018:9) menekankan perlunya kepemimpinan dan komitmen pekerja. Dalam konteks *Steering Gear*, ini berarti manajemen harus:

- a. Menyediakan manual perawatan terkini
- b. Melakukan audit internal berkala
- c. Menyediakan pelatihan khusus

2. Komunikasi

ISM Code *Section 6* (IMO,2018:23) mewajibkan perusahaan menetapkan prosedur komunikasi yang jelas untuk melaporkan kondisi tidak aman. Penelitian Lützhöft & Nyce (2012:56) menunjukkan bahwa 70% kesalahan perawatan berasal dari miskomunikasi.

SOLAS *Chapter XI-1, Regulation 5* (2020:18) tentang pelaporan kondisi kapal mengharuskan laporan teknis *Steering Gear* dikirim secara berkala. BKI Vol. I (2020:203) menemukan bahwa perusahaan tanpa sistem pelaporan terstruktur memiliki waktu respon 50% lebih lambat terhadap masalah *Steering Gear*.

ISO 39001:2012 Clause 4.4.3 (ISO,2012:12) tentang komunikasi internal menekankan pentingnya:

- a. Saluran komunikasi 24/7
- b. Prosedur eskalasi yang jelas
- c. Dokumentasi yang terstandarisasi

F. Faktor Eksternal

Kondisi Cuaca

SOLAS *Chapter V Regulation 30* (IMO, 2020:15) secara khusus mengatur persyaratan operasional *Steering Gear* dalam kondisi cuaca buruk, dimana sistem harus mampu menggerakkan rudder dari 35°

port ke 35° *starboard* dalam waktu 28 detik pada kecepatan maksimum kapal. Penelitian Faltinsen (2005:78) menunjukkan bahwa gelombang tinggi (>4m) meningkatkan beban dinamis pada rudder stock hingga 300% dibanding kondisi normal.

MARPOL *Annex VI Regulation 14* (IMO, 2021:9) tentang pengurangan kecepatan di area tertentu (Slow Steaming Zones) secara tidak langsung mempengaruhi sistem *Steering Gear*. Operasi pada kecepatan rendah di laut berombak menyebabkan frekuensi pergerakan kemudi yang lebih tinggi, mempercepat keausan komponen. Data ClassNK (2020:45) menunjukkan 32% kasus kerusakan rubber *Coupling* terjadi selama slow steaming di kondisi laut buruk.

ISO 19901-7:2013 (ISO,2013:12) tentang persyaratan struktur lepas pantai menetapkan faktor lingkungan yang harus dipertimbangkan dalam desain sistem kemudi:

1. Beban siklon tropis
2. Arus bawah (undercurrent)
3. Pembekuan spray laut

Studi Ochi (2003:112) menemukan bahwa operasi di suhu laut dibawah -15°C meningkatkan viskositas oli hidrolik hingga 40%, menyebabkan tekanan sistem melebihi batas aman. *Polar Code Part I-A* (IMO,2017:6) secara khusus mengatur persyaratan tambahan untuk *Steering Gear* di daerah kutub.

IACS UR M67 (2019:23) menetapkan faktor pengali beban lingkungan untuk komponen *Steering Gear*:

1. 1.5 untuk operasi Atlantik Utara
2. 1.3 untuk operasi Pasifik
3. 1.1 untuk operasi daerah tropis